Wydanie elektroniczne dostępne na www.ulubionykiosk.pl

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

EP.com.pl

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● Czerwiec ● 6/2022 ●

Tylko Prenumeratorzy

- mają dostęp do artykułów przed ich publikacją w EP na www.ep.com.pl – **EP W TOKU**
- mają dostęp do materiałów dodatkowych, takich jak pliki źródłowe projektów na naszym serwerze **FTP** www.ulubionykiosk.pl/media



inspirujące, użyteczne projekty

Zdalnie sterowany potencjometr • Simple Access System 2 • Manstation – stacja robocza do stylizacji paznokci • Idealny prostownik dwupołówkowy • Ekspander 16×PWM • Aktywny dibox • Automatyczny wyłącznik zestawu audio • Moduł BLE4.1 dla RPi Pico • Moduł LoRa dla Raspberry Pi Zero • Magiczna kostka LED RGB na bazie RP2040 • Raspberry Pi 4 jako smart TV

podzespoły, sprzęt, aplikacje

Niezawodna komunikacja bezprzewodowa. Anteny marki Ethertronics (AVX) do modułów komunikacyjnych • Moduły radiowe do aplikacji IoT • Najnowsze zestawy i moduły dla IoT • Wdrażanie mikrokontrolerów przeznaczonych do konkretnych zadań upraszcza złożone projekty • Złącza do zadań specjalnych

tutoriale

Inteligentne rozwiązania IoT • Najważniejsze systemy łączności bezprzewodowej dla IoT • SmartMesh i inne sieci kratowe • Przetworniki typu sigma-delta

kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy. Skuteczne sposoby zasilania awaryjnego urządzeń Internetu Rzeczy z zastosowaniem superkondensatorów

18,90 zł (w tym 8% VAT) • PRICE: 8 EUR

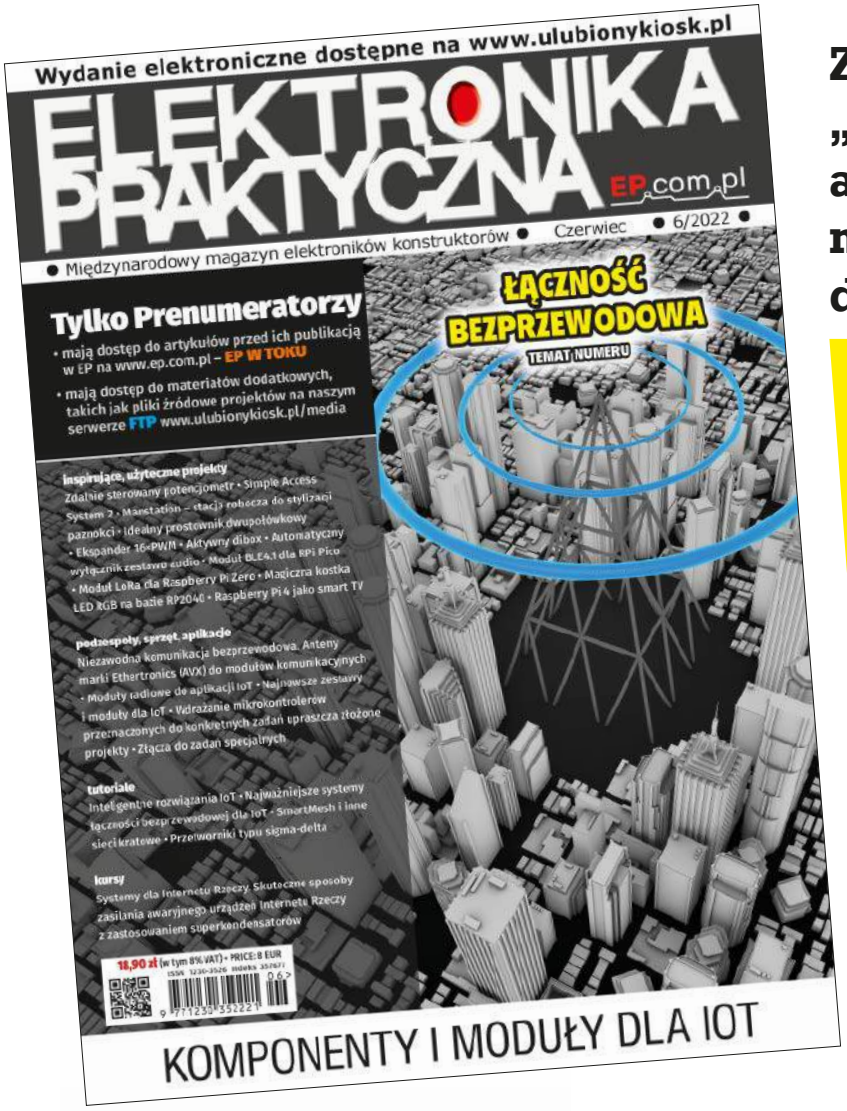
ISSN 1230-3526 Indeks 357677

06 >

9 771230 352221

KOMPONENTY I MODUŁY DLA IOT

eprasa.pl a53a1e2c07



Zaprenumeruj „Elektronikę Praktyczną”, a zawsze dostaniesz najnowszy numer wprost do Twojej skrzynki!

na start
do 6* wydań gratis

po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty
do 12* wydań gratis

* Cena prenumeraty rocznej **na start** wynosi 207,90 zł. Przy zamówieniu prenumeraty dwuletniej za 340,20 zł oszczędność wynosi równowartość sześciu wydań „Elektroniki Praktycznej”.
Przedłużasz prenumeratę? Aby otrzymać zniżkę lojalnościową, przedłuż prenumeratę po zalogowaniu się do swojego panelu na **www.ulubionykiosk.pl**, gdzie znajdziesz atrakcyjną ofertę prenumeraty, która uwzględnia przysługujące Ci zniżki za lojalność. Po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty otrzymasz **rabat 50%** na prenumeratę dwuletnią.
Oferta dotyczy prenumeraty drukowanej.

Wszystkie opcje prenumeraty i e-prenumeraty znajdziesz na stronie
www.UlubionyKiosk.pl

prenumerata@avt.pl
AVT-Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, konto 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013

eprasa.pl a53a1e2c07

Pokonać drona

Łączność bezprzewodowa to w przeważającej mierze łączność z użyciem fal radiowych. Taki sposób pozwala na przesyłanie informacji zarówno na dużych dystansach, jak również ze znaczną przepustowością. Wszystko zależy od pasma, w którym odbywa się transmisja i zastosowanej technologii. Zasadniczą cechą komunikacji tego typu jest przestrzenna propagacja fal radiowych. W wielu aplikacjach jest to zaletą, bo umożliwia objęcie zasięgiem znacznego obszaru, ale jest też wadą, ponieważ sygnał jest podatny na przechwycenie i zakłócanie.

Niewielkie statki latające – drony, są przykładem urządzeń, które intensywnie korzystają z zalet łączności radiowej. Znalazły wiele ciekawych zastosowań w czasach pandemii, a teraz udowadniają, jak niezbędnym wyposażeniem są w czasie wojny. Nic dziwnego, że powstają systemy przeznaczone do walki z dronami. Nie chodzi o rozwiązania typowo militarne, które w różny sposób powodują zestrzelenie tych niewielkich statków powietrznych, dużo bardziej interesujące są rozwiązania, które zakłócają działanie drona i doprowadzają do jego awaryjnego lądowania.



Fotografia 1. Urządzenie EDM4S do zakłócania działania dronów

Najczęściej, bezzałogowy statek powietrzny jest sterowany przez operatora znajdującego się na ziemi, w obrębie zasięgu sterującej aparatury radiowej. To operator decyduje o działaniach wykonywanych przez statek, zwykle na podstawie obrazu z kamery umieszczonej w tym statku. Zagłuszenie komunikacji radiowej, wywoła procedurę awaryjną, uruchamianą w razie utraty zasięgu i braku sygnału sterującego – dron zacznie powoli obniżać wysokość, aż usiądzie na ziemi.

Innym sposobem sterowania dronem jest wcześniejsze zaprogramowanie jego trajektorii lotu. W takim przypadku statek korzysta z jednego z systemów nawigacji satelitarnej GNSS i autonomicznie porusza się po zadanej trasie. Nie jest wymagane ciągłe sterowanie przez operatora, ale zagłuszanie odpowiednich pasm radiowych wywoła podobny efekt jak w pierwszym rozwiązaniu. Systemy nawigacji, do poprawnego działania muszą odbierać sygnały radiowe nadawane z konstelacji satelitów nawigacyjnych umieszczonych na orbicie Ziemi.

Do zakłócania działania dronów może służyć urządzenie o nazwie EDM4S opracowane przez Litewską firmę TN Service. Jego działanie można zobaczyć na filmie: https://youtu.be/JsAkkjScKsY. Wygląda jak futurystyczny karabin, ale w rzeczywistości jest to zespół nadajników radiowych z antenami na różne pasma częstotliwości. Według niepotwierdzonych informacji specyfikacja urządzenia jest następująca:

- 4 anteny kierunkowe z możliwością rozbudowy do 6 anten,
- antena na pasmo 2,4 GHz o mocy 10 W,
- antena na pasmo 5,8 GHz o mocy 10 W,
- antena zakłóceniowa GPS 10 GHz o mocy 10 W,
- antena zakłóceniowa systemu GLONASS na pasmo 1,5 GHz o mocy 10 W,
- zakłócanie sygnału w pasmach 433/900 MHz z możliwością rozszerzenia na inne częstotliwości,
- wymienny moduł bateryjny 24 V DC,
- czas ciągłej pracy baterii 35 min.,
- wskaźnik stanu baterii.

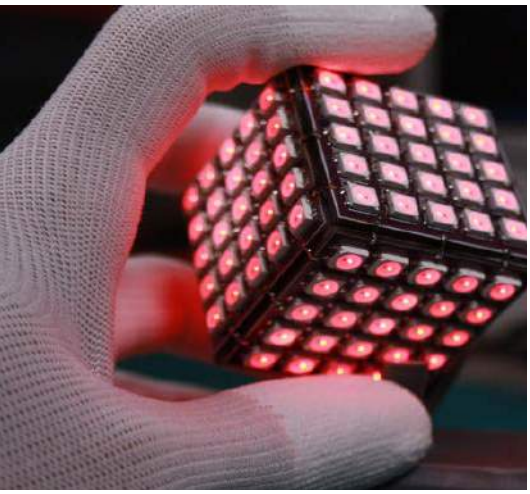
Problem dronów będzie się nasilał, a dla takich miejsc, jak lotniska, będą wymagane rozwiązania systemowe. Zakłócanie łączności radiowej to całkiem skuteczna metoda walki z dronami, ale będzie bezradna w stosunku do urządzeń wyposażonych w nawigację inercyjną. Warto zastanowić się nad innymi rozwiązaniami tego zbliżającego się problemu.

Damian Sosnowski

eprasa.pl a53a1e2c07

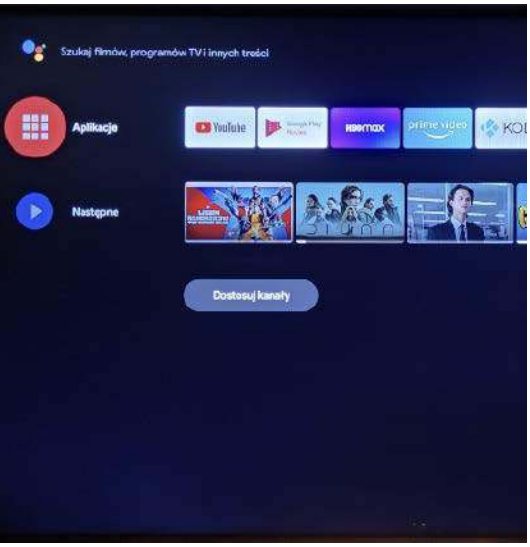
ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 6 (353) • Czerwiec 2022



Magiczna kostka LED RGB na bazie RP2040

Urządzenia z efektami świetlnymi zawsze są ciekawymi projektami – z łatwością przyciągają uwagę oglądających, nawet, jeśli poza aspektem estetycznym dany system oferuje niewiele lub nic. Tak też jest w przypadku zaprezentowanej kostki LED RGB, która skonstruowana została na konkurs Make it Glow, organizowany przez portal Instructables.com. Ta niezwykle urzekająca konstrukcja może być ciekawym elementem wystroju wnętrza, a jednocześnie projektem edukacyjnym, który pozwoli poznać mikrokontroler RP2040.



Raspberry Pi 4 jako smart TV

O tym, że Internet wygrywa walkę o dostęp do informacji z klasycznymi mediami (prasa, radio, telewizja) wiadomo od jakiegoś czasu. Kanały radiowe czy telewizyjne, nawet te nastawione tylko na przekazywanie informacji są mniej atrakcyjne niż portale internetowe, w których dostęp do informacji jest stały i natychmiastowy.

Nie przeocz

Nowe podzespoły ... 6
Dodaj do obserwowanych ... 10
Koktajl niusów ... 102

Projekty

Zdalnie sterowany potencjometr ... 17
Simple Access System 2 (2) ... 21
Manstation (2) – stacja robocza do stylizacji paznokci ... 28

Miniprojekty

Idealny prostownik dwupołówkowy ... 32
Ekspander 16×PWM ... 34
Aktywny dibox ... 38
Automatyczny wyłącznik zestawu audio ... 40
Moduł BLE4.1 dla RPi Pico ... 43
Moduł LoRa dla Raspberry Pi Zero ... 45

Projekty soft

Magiczna kostka LED RGB na bazie RP2040 ... 70
Raspberry Pi 4 jako smart TV ... 76

Prezentacje

Niezawodna komunikacja bezprzewodowa.
Anteny marki Ethertronics (AVX) do modułów komunikacyjnych ... 48
Moduły radiowe do aplikacji IoT ... 57
Inteligentne rozwiązania IoT ... 82

Temat numeru: Łączność bezprzewodowa

Najważniejsze systemy łączności bezprzewodowej dla IoT ... 50
SmartMesh i inne sieci kratowe ... 60

Elektronika w praktyce

Najnowsze zestawy i moduły dla IoT ... 84

Notatnik konstruktora

Przetworniki typu sigma-delta ... 91
Złącza do zadań specjalnych (1) ... 96

Podzespoły

Wdrażanie mikrokontrolerów przeznaczonych do konkretnych zadań upraszcza złożone projekty ... 66

Kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy (61). Skuteczne sposoby zasilania awaryjnego urządzeń Internetu Rzeczy z zastosowaniem superkondensatorów ... 105

Prenumerata ... 2
Od wydawcy ... 3
Hity następnego numeru ... 111

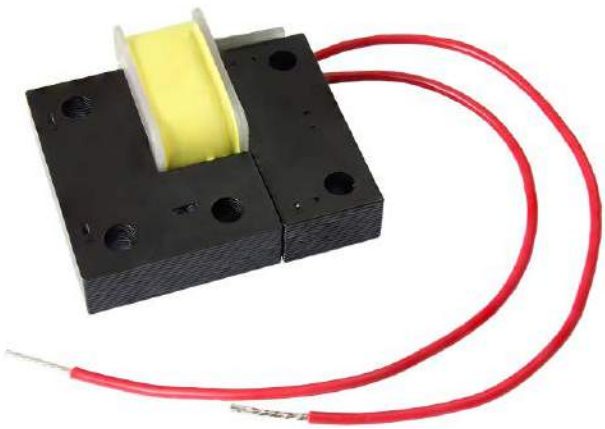
Dodatkowe materiały do artykułów znajdziesz na https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl a53a1e2c07

Szczegóły na stronie 37

nowe podzespoły

Z kilkuset nowości wybraliśmy te, których nie wolno przeoczyć. Bieżące nowości można śledzić na www.elektronikaB2B.pl



Miniaturowy siłownik haptyczny do elektroniki samochodowej

IHPT-1411AF-ABA to kolejny siłownik haptyczny z oferty Vishay, tym razem dostarczany z kwalifikacją AEC-Q200. Jest on sterowany napięciem do 16 V. Może znaleźć zastosowanie w modułach ekranów dotykowych i przełączników, jak również może generować impulsy sprzężenia zwrotnego w drążkach zmiany biegów, kierownicy itp. Charakteryzuje się dwuczęściową konstrukcją z otworami montażowymi, ułatwiającymi instalację. Jego wymiary wynoszą 36×35×16 mm. IHPT-1411AF-ABA jest urządzeniem elektromagnetycznym, przekształcającym energię elektryczną w impuls mechaniczny lub wibracje do interakcji z użytkownikiem. Wytwarzane impulsy mogą być regulowane poprzez zmianę amplitudy i współczynnika wypełnienia sygnału pobudzającego. Wewnętrzna cewka wytwarza pole magnetyczne, które powoduje przyciąganie ruchomego elementu rdzenia. Po wyłączeniu zasilania, element ten powraca z powrotem do swojego pierwotnego położenia wskutek działania sprężyny.

IHPT-1411AF-ABA charakteryzuje się krótkim czasem odpowiedzi, poniżej 5 ms i zakresem dopuszczalnej temperatury pracy do +105°C. Może nadać obciążeniu o masie 0,5 kg przyspieszenie do 6 g przy impulsie sterującym 12 V/5 ms; dla porównania, podobne moduły innych firm generują podobne przyspieszenie jedynie obiektom o masie 0,1...0,2 kg. Wewnętrzna cewka charakteryzuje się rezystancją 0,95 Ω, indukcyjnością 1,8 mH i wytrzymałością dielektryczną 150 V_{DC}.

www.vishay.com



Sterownik 3-fazowych silników BLDC o dużej prędkości obrotowej niewymagający czujnika Halla

Nowy sterownik 3-fazowych silników BLDC, TC78B011FTG firmy Toshiba Electronics, został zaprojektowany do zastosowań w aplikacjach wymagających pracy z dużą prędkością obrotową. Jest to sterownik z wyjściem sinusoidalnym, pozwalający uzyskać mały poziom szumów i wibracji, współpracujący z 6 zewnętrznymi tranzystorami MOSFET. Nie wymaga współpracy z czujnikiem Halla, co zapewnia oszczędność kosztów i przestrzeni instalacyjnej. Wbudowana kontrola prędkości w zamkniętej pętli sprzężenia, zapewnia regulację

REKLAMA

HAMMOND

nowy!

Obudowy z wytłaczanym kołnierzem 1455F

Dowiedz się więcej: https://hammfg.com/1455f

Skontaktuj się z nami, aby otrzymać bezpłatną próbkę ewaluacyjną.

eusales@hammfg.com • + 44 1256 812812



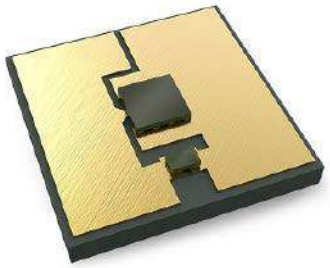
eprasa.pl a53a1e2c07

i utrzymanie prędkości obrotowej silnika podczas dynamicznych wahań napięcia zasilającego i zmian obciążenia, bez konieczności stosowania zewnętrznego mikrokontrolera. Precyzyjne ustawienie profilu prędkości można zaprogramować we wbudowanej pamięci nieulotnej.

TC78B011FTG akceptuje napięcie zasilania z zakresu od 5,5 do 27 V. Może pracować w trybie z otwartą lub z zamkniętą pętlą sprzężenia. Prędkość może być regulowana sygnałem PWM, napięciem analogowym lub przez interfejs I²C. Interfejs I²C jest też wykorzystywany do programowania parametrów pracy układu. Tryb standby umożliwia ograniczenie całkowitego poboru mocy. Układ jest zamykany w obudowie P-WQFN36-0505-0.50-001 o wymiarach 5×5×0,8 mm. W ofercie firmy Toshiba dostępna jest też wersja TC78B009FTG ze sterowaniem trapezowym.

www.toshiba.semicon-storage.com

Pierwsza bakteriobójcza dioda LED UVC o mocy 100 mW i żywotności 10 tys. godzin



Crystal IS, oddział firmy Asahi Kasei, powiększa ofertę bakteriobójczych diod UVC LED o nowy wariant Klaran LA o dużej mocy wyjściowej i dużej żywotności. Jest to dioda produkowana na podłożu z azotku aluminium, pracująca na dominującej długości fali 265 nm. Charakteryzuje się mocą znamionową 100 mW i żywotnością na poziomie 10 tys. godzin. Ponadto, uzyskano w niej mniejsze napięcie przewodzenia od wcześniejszych wersji. Podobnie, jak pozostałe diody UVC LED z oferty Crystal IS, nowa dioda Klaran LA jest produkowana na linii technologicznej spełniającej wymogi normy jakości ISO 9001. Występuje w wersjach o mocy znamionowej 100, 80 i 60 mW (ozn. KL265-50Z-SM-LA, KL265-50W-SM-LA, KL265-50U-SM-LA).

Pozostałe parametry:

- kąt emisji: typ. 130°,
- napięcie przewodzenia: 5...8 V @ 500 mA,
- ciągły prąd przewodzenia: maks. 700 mA,
- dopuszczalne napięcie wsteczne: od -5 V,
- $R_{th(j-c)}$: typ. 7,0°C/W,
- zakres dopuszczalnej temperatury obudowy: -40...+85°C @ 500 mA,
- dopuszczalna temperatura złącza: +115°C,
- wymiary: 3,5×3,5×0,5 mm.

www.cisuvc.com



Cewki niemagnetyczne 1,2...18 µH do medycznych skanerów MRI i aplikacji nawigacyjnych

Do oferty cewek niemagnetycznych firmy Gowanda Electronics wchodzi kolejna seria 28MG obejmująca 60 modeli o indukcyjności od 1,2 do 18 µH i rezystancji uzwojenia od 0,079 do 4,15 Ω. Są to cewki projektowane specjalnie do zastosowań w medycznych systemach obrazowania (m.in. skanerach MRI) oraz wszędzie tam, gdzie obecność materiałów magnetycznych mogłaby pogarszać parametry systemu. Poza skanerami MRI mogą to być aplikacje m.in. lotnicze, nawigacyjne, pomiarowe i alarmowe.

Cewki serii 28MG są produkowane na zakres prądów znamionowych od 315 do 2400 mA. Podobnie, jak wszystkie pozostałe cewki niemagnetyczne z oferty firmy Gowanda, charakteryzują się względną przenikalnością magnetyczną poniżej 1,00003. Do ich zalet należy szeroki zakres dopuszczalnej temperatury pracy od –55 do +125°C oraz epoksydowa powłoka zabezpieczająca, pozwalająca na pracę w ciężkich warunkach środowiskowych.

www.gowanda.com

6-woltowe superkondensatory o bardzo dużej gęstości energii do montażu na płytkach drukowanych



6-woltowe superkondensatory rodziny PTV firmy Eaton wyróżniają się bardzo dużą gęstością energii, stanowiąc idealne źródło zasilania awaryjnego w wielu aplikacjach przemysłowych. Są produkowane w czterech wersjach: do montażu pionowego i poziomego, charakteryzujących się pojemnością 3 F lub 5 F. Mogą pracować w zakresie temperatury otoczenia od –40 do +65°C (lub do +85°C z liniowym ograniczeniem napięcia wyjściowego do 5 V @ +85°C).

Pojemność	3 F	5 F
Oznaczenie (wersja pionowa)	PTV-6R0V305-R	PTV-6R0V505-R
Oznaczenie (wersja pozioma)	PTV-6R0H305-R	PTV-6R0H505-R
Maks. ESR	100 mΩ	72 mΩ
Dopuszczalny prąd ciągły	2,4 A	3,7 A
Dopuszczalny prąd szczytowy	7,3 A	11,8 A
Moc szczytowa	120 W	160 W
Zgromadzona energia	15 mWh	25 mWh
Prąd zwarciowy	80 A	109 A

Charakteryzują się żywotnością wynoszącą 1000 godzin (maksymalne napięcie + maksymalna temperatura pracy) lub 500 tys. cykli ładowania/rozładowania. Żywotność elementu jest tu definiowana jako spadek pojemności do <30% wartości początkowej lub wzrost ESD do 200% wartości początkowej. W praktyce elementy te mogą pracować bezawaryjnie nawet przez 20 lat. Superkondensatory PTV są produkowane w obudowach o wymiarach 23×21,3×11 mm (wersje 3 F) i 32,5×21,3×11 mm (wersje 5 F).

www.eaton.com



Najmniejszy na rynku dwukierunkowy translator poziomów zgodny z SD 3.0

Nexperia wprowadza do oferty najmniejszy na rynku, dwukierunkowy translator poziomów do kart Secure Digital (SD), oznaczony symbolem NXS0506UP. Układ ten realizuje translację napięć pomiędzy kartą pamięci (1,7...3,6 V) i kontrolerem host (1,1...1,95 V). Obsługuje tryby pracy SD 3.0: SDR104, SDR50, DDR50, SDR25 i SDR12 oraz SD 2.0: High-Speed (50 MHz) i Default-Speed (25 MHz). Jest zamykany w 16-wyjściowej obudowie WLCSP o wymiarach zaledwie

eprasa.pl a53a1e2c07

1,45×1,45×0,45 mm i rozstawie wyprowadzeń co 0,35 mm, mniejszej pod względem powierzchni o 40% od wcześniejszej wersji 20-wyprowadzeniowej.

NXS0506UP oferuje wbudowaną funkcję automatycznej kontroli kierunku transmisji, filtr EMI i zabezpieczenie przed wyładowaniami ESD, spełniające wymogi normy IEC 61000-4-2. Pracuje z częstotliwością taktowania szyny do 204 MHz i szybkością transmisji do 104 Mbps. Zawiera rezystory pull-up i pull-down, co pozwala zredukować całkowity koszt implementacji. Jest łatwy w implementacji ze względu na możliwość zamiany kanałów DATA i CMD, bez wpływu na funkcjonalność.

www.nexperia.com/pip/NXS0506UP

Wzmacniacz audio klasy D o dużej gęstości mocy, pracujący bez radiatorów



Wzmacniacze mocy audio klasy D charakteryzują się małymi gabarytami, małą emisją ciepła i dużym stopniem integracji. Do oferty firmy Infineon trafił właśnie kolejny tego typu układ, oznaczony symbolem MA5332MS, zrealizowany na tranzystorach MOSFET. Jest to wzmacniacz 2-kanałowy z wejściem analogowym, oferujący sprawność sięgającą 95%. W porównaniu ze swoim poprzednikiem charakteryzuje się większą mocą wyjściową i zajmuje dwukrotnie mniejszą powierzchnię, nie wymagając przy tym montażu radiatora. Pracuje z mocą wyjściową do 200 W/kanał, co pozwala na zastosowania w systemach kina domowego, soundbarach, subwooferach, aktywnych głośnikach wzmacniaczach gitarowych, aktywnych monitorach studyjnych, a także w motoryzacji i wzmacniaczach audio stosowanych na statkach.

MA5332MS jest zamykany w obudowie QFN-42 o powierzchni 7×7 mm. Zawiera 2-kanałowy kontroler PWM, wysokonapięciowy sterownik bramek tranzystorów MOSFET i 4 tranzystory MOSFET o małej rezystancji $R_{DS(on)}$, wynoszącej typowo 24,4 mΩ. Może dostarczyć 2×100 W mocy do obciążenia 4 Ω bez stosowania radiatorów lub 2×200 W przy chłodzeniu za pomocą niewielkiego radiatora o rezystancji termicznej 8°C/W. Pracuje z wejściowym sygnałem różnicowym lub asymetrycznym oraz z różnymi konfiguracjami wyjścia: single-ended (2×SE), bridge-tied load (BTL) lub parallel single-ended (PSE), korzystając z pojedynczego lub podwójnego źródła zasilania. W przypadku topologii SE wymagane są mniejsze zewnętrzne kondensatory i filtry dolnoprzepustowe. Zestaw wbudowanych funkcji obejmuje zabezpieczenie nadprądowe, podnapięciowe i termiczne oraz układ miękkiego startu, eliminujący trzaski przy włączaniu/wyłączaniu zasilania.

www.infineon.com

Precyzyjne, przemysłowe zegary RTC w obudowach SMD

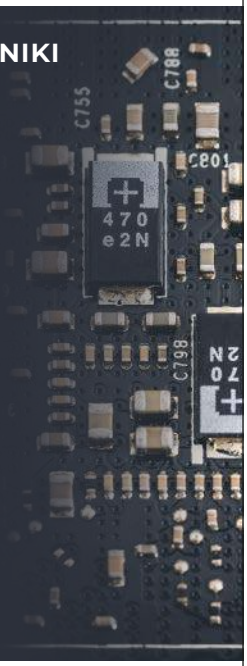


Seiko Epson rozpoczyna wysyłkę wersji próbnych dwóch nowych zegarów RTC do zastosowań przemysłowych z wbudowanym cyfrowym oscylatorem kwarcowym z kompensacją temperatury (DTCXO). Zegary RX8901CE i RX4901CE, zamykane w obudowach 3,2×2,5×1,0 mm, są jednymi z najmniejszych tego typu komponentów dostępnych obecnie w sprzedaży. Różnią się rodzajem interfejsu (odpowiednio I²C i SPI). Obydwa zapewniają dokładny pomiar czasu w systemach elektronicznych, równocześnie charakteryzując się

REKLAMA

COMPUTER CONTROLS

TWÓJ WIODĄCY PARTNER W DYSTRYBUCJI ROZWIĄZAŃ DLA ELEKTRONIKI



SoC
KOMPONENTY
OPROGRAMOWANIE
APAPRATURA POMIAROWA
WSPARCIE TECHNICZNE

Altium arm KEIL SILICON LABS e-peas epishine miromico SKYWORKS SILERGY DISPLAY LOGIC

Computer Controls Sp. z o.o.
Bielsko-Biała, ul. Budowlanych 1 +48 (33) 485 94 90 info@ccontrols.pl
Warszawa, ul. Pańska 98/4 +48 (22) 718 31 90 www.ccontrols.pl

eprasa.pl a53a1e2c07

		RX8901CE	RX4901CE
Interfejs		I²C	SPI
Napięcie zasilania		1,6...5,5 V	
Napięcie backup		1,1...5,5 V	
Pobór prądu		typ. 240 nA @ 3 V	
Zakres temp. pracy		–40...+105°C	
Stabilność częstotliwości	wersja XS	±3×10⁻⁶/–40...+85°C (błąd ≤ ±8 s/miesiąc) ±5×10⁻⁶/–40°C to +105°C (błąd ≤ ±13,2 s/miesiąc)	
	wersja XB	±5×10⁻⁶/–40...+85°C (błąd ≤ ±13,2 s/miesiąc) ±8×10⁻⁶/–40...+105°C (błąd ≤ ±21 s/miesiąc)	
Funkcje		• automatyczne przełączanie na źródło backup • zapis do 32 znaczników czasowych • timer wake-up o zakresie od 976 µs do 32 lat	
Wymiary obudowy		3,2×2,5×1,0 mm	

energooszczędną pracą i małymi gabarytami. Po zaniku napięcia zasilania z głównego źródła, automatycznie przełączają się na źródło awaryjne (backup).

RX8901CE i RX4901CE pobierają typowo 0,24 µA prądu – mniej o 30% od wcześniejszej wersji RX8804CE. Ponadto, umożliwiają zapis do 32 znaczników czasowych, rejestrowanych po wystąpieniu określonego zdarzenia wewnętrznego lub zewnętrznego. W poprzedniej wersji mógł być zarejestrowany tylko jeden znacznik. Firma Epson wykonuje fabryczną kalibrację i gwarantuje dokładność pomiaru czasu podawaną w danych katalogowych. Oba układy nadają się idealnie do zastosowań w inteligentnych miernikach, instalacjach alarmowych oraz w automatyce.

www.epson-electronics.de

Miniaturowy zielony laser pozycjonujący o wymiarach Ø3,3×7,8 mm



Lasery pozycjonujące są stosowane w maszynach do dokładnego pozycjonowania obrabianego przedmiotu, a także do zaznaczania punktów wiercenia i przecięć. Ponieważ pełnią tylko funkcję pomocniczą, ważne jest, aby można je było zintegrować z maszyną w sposób zapewniający maksymalną oszczędność miejsca. Firma Laser Components powiększa rodzinę laserów pozycjonujących LC-LMx o trzy nowe warianty. LC-LMD-515-07-01-TM-01 to najmniejszy na rynku punktowy laser zielony, zamykany w obudowie o wymiarach Ø3,3×7,8 mm. Pracuje z mocą wyjściową 1 mW. Został zaprojektowany do zastosowań wymagających precyzyjnego pozycjonowania, w których krytycznym parametrem są gabaryty podzespołów. Do oferty firmy wchodzą też dwa tanie lasery liniowe. LC-LML-515-09-03-60-TM-C to model o wymiarach Ø9×11,5 mm, charakteryzujący się mocą wyjściową 3 mW i kątem emisji 60°, natomiast LC-LML-515-01-03-TM-C to jego odpowiednik o kącie emisji 120°.

www.lasercomponents.com

Półmostkowy sterownik tranzystorów MOSFET i IGBT o napięciu pracy do 600 V

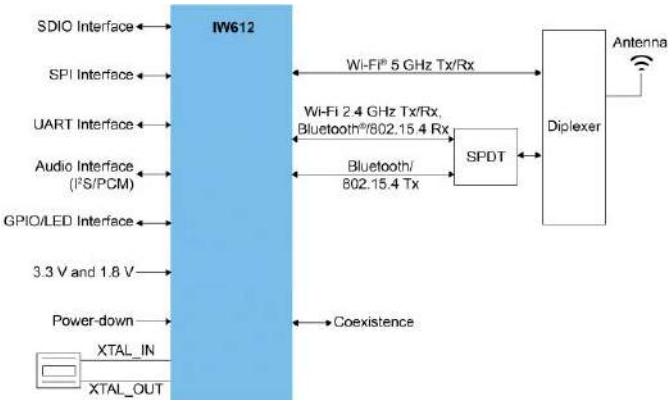
Mitsubishi Electric rozszerza ofertę sterowników bramek tranzystorów MOSFET i IGBT o nowy model, oznaczony symbolem M81777FP. Jest to sterownik półmostkowy, mogący współpracować z tranzystorami zasilanymi napięciem do 600 V. Zapewnia wydajność prądową +0,2 A/–0,35 A. Zawiera wewnętrzną diodę bootstrap, co pozwala



zmniejszyć liczbę komponentów współpracujących. Nadaje się do zastosowań w falownikach układów napędowych m.in. w urządzeniach AGD, e-bikach i elektronarzędziach.

Układ jest zamykany w obudowie SO-8, kompatybilnej z wcześniejszą wersją M81776FP bez diody bootstrap. Jest przystosowany do pracy w temperaturze otoczenia od –40 do +125°C.

www.mitsubishielectric.com



Pierwszy na rynku moduł radiowy z obsługą standardów Wi-Fi 6, Bluetooth 5.2 i 802.15.4

IW612 to pierwszy na rynku moduł komunikacji bezprzewodowej z obsługą 3 standardów: Wi-Fi 6 (802.11ax), Bluetooth 5.2 i 802.15.4, zapewniający bezpieczną łączność w zastosowaniach domowych, motoryzacyjnych i przemysłowych. Obsługuje on nowy protokół Matter, zapewniający interoperacyjność różnych systemów i technologii sieciowych do transmisji danych w ramach tzw. inteligentnego domu.

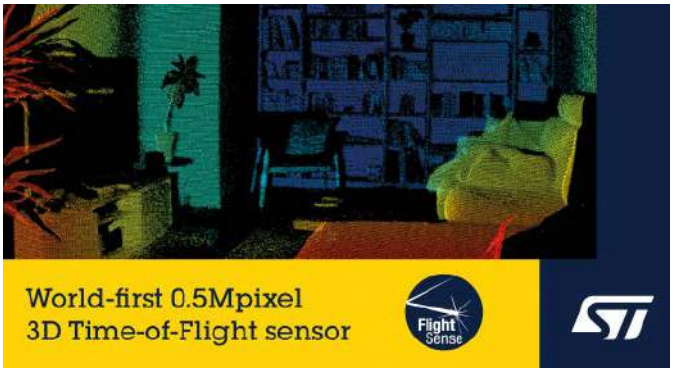
Jednym z najważniejszych wyzwań stojących przed aplikacjami IoT jest ograniczona interoperacyjność, uniemożliwiająca łączenie inteligentnych urządzeń domowych, pochodzących z oferty różnych producentów. Problem ten rozwiązuje nowy protokół łączności IoT o nazwie Matter, zaprojektowany przez konsorcjum liderów branżowych, w tym NXP, zapewniający ujednolicenie sposobu komunikowania się urządzeń, niezależnie od producenta i technologii bezprzewodowej. Protokół ten pozwala zrealizować więcej połączeń pomiędzy większą liczbą obiektów, ułatwiając producentom tworzenie oprogramowania oraz zapewniając większą kompatybilność urządzeń konsumenckich.

Połączenie trzech technologii transmisji bezprzewodowej w jednym układzie zapewnia prawdziwą interoperacyjność w ramach tzw. inteligentnego domu, znacznie skracając czas projektowania i redukując koszty. IW612 rozwiązuje problemy związane ze współistnieniem urządzeń komunikacyjnych, przed którymi stoją obecnie programiści, a jednocześnie umożliwia korzystanie z zaawansowanych technologii bezpieczeństwa: secure boot i WPA3 oraz aktualizacji oprogramowania w trybie over-the-air.

IW612 nadaje się idealnie do zastosowań w routerach, mostach i bramkach dostępowych w inteligentnym domu, które wymagają komunikacji urządzeń Thread lub Bluetooth z chmurą obliczeniową za pomocą zintegrowanego radia Wi-Fi 6. Dodatkowo, układ umożliwia komunikację między urządzeniami Matter niezależnie od tego, czy korzystają one z Wi-Fi, czy z Thread. Dzięki temu urządzenia Matter-over-Wi-Fi mogą kontrolować i monitorować urządzenia Matter-over-Thread i odwrotnie, zapewniając wzajemną interoperacyjność.

www.nxp.com

eprasa.pl a53a1e2c07



Pierwszy na rynku czujnik Time-of-Flight z funkcją pomiaru głębi obrazu

STMicroelectronics prezentuje pierwszy na rynku czujnik optyczny z funkcją pomiaru głębi obrazu, oznaczony symbolem VD55H1, mogący znaleźć zastosowanie w smartfonach, urządzeniach AR/VR i robotach. Wykorzystuje on technikę pomiaru indirect Time-of-Flight (iToF) BSI, zapewniającą zaawansowane obrazowanie głębi 3D. VD55H1 odwzorowuje trójwymiarowe powierzchnie, mierząc odległość do ponad pół miliona punktów. Obiekty mogą być wykrywane w odległości do 5 m, a nawet dalej przy zastosowaniu odpowiedniego układu oświetlającego. Zakres zastosowań czujnika obejmuje mapowanie pomieszczeń, gry 3D oraz obsługę funkcji w smartfonach (efekt bokeh, wybór kamery, segmentacja wideo, uwierzytelnianie twarzą).

Czujniki z pośrednim pomiarem czasu przelotu (iToF), takie jak VD55H1, obliczają odległość do obiektów, mierząc przesunięcie fazowe między sygnałem emitowanym i odbitym. Jest to metoda alternatywna w stosunku do pomiaru bezpośredniego czasu przelotu (dToF), gdzie mierzony jest czas pomiędzy wyemitowaniem sygnału i powrotem do czujnika sygnału odbitego. VD55H1 jest produkowany w 40-nanometrowej technologii stacked wafer, zapewniającej mały pobór mocy, małe szumy i małe gabaryty (4,9×4,5 mm). Zawiera więcej o 75% pikseli (804×672) od czujników o rozdzielczości VGA przy mniejszej powierzchni chipa. Jego pobór mocy można w niektórych trybach pracy zredukować do zaledwie 80 mW, co ma znaczenie w urządzeniach bateryjnych.

VD55H1 zapewnia dokładność pomiaru głębokości lepszą niż 1%, Oferuje tryb pracy z rejestracją krótkich sekwencji (short capture sequence), w którym osiągana jest szybkość rejestracji obrazu nawet do 120 fps. Dzięki modulacji spread spectrum, zapewnia małą emisję elektromagnetyczną.

www.st.com

Pierwsze na rynku pamięci Flash UFS z interfejsem MIPI M-PHY v 5.0



Kioxia Europe GmbH jako pierwsza wprowadza na rynek nową generację pamięci Flash UFS z obsługą interfejsu MIPI M-PHY v 5.0. Pamięci te są produkowane w technologii BiCS FLASH 3D i występują obecnie w wersjach o pojemności 128, 256 i 512 GB. Zapewniają teoretyczną prędkość pracy interfejsu równą 23,2 Gbps (46,4 Gpbs dla linii ×2) w trybie HS-Gear5. W trybie sekwencyjnego odczytu i zapisu wersja 256-gigabajtowa jest szybsza odpowiednio o 90% i 70% od wcześniejszego odpowiednika THGJFGT1E45BAIP, a w trybie random o odpowiednio 35% i 60%. Zakres zastosowań pamięci z obsługą interfejsu MIPI M-PHY v 5.0 obejmuje głównie aplikacje mobilne, w tym smartfony najnowszej generacji.

www.kioxia.com



Niewielki, wydajny OLED od Winstar

Wyświetlacz produkcji Winstar o rozdzielczości 64×128, z ekranem o przekątnej 0,96" typu WEO064128AWPP3N0Y000 jest dostępny w ofercie Unisystemu. Znajdzie on zastosowanie w tych aplikacjach, w których to ekran jest modułem skupiającym na sobie większość uwagi użytkownika. Mowa tu nie tylko o interfejsach przenośnych urządzeń multimedialnych, ale również o panelach sterowniczych oraz różnych przyrządów pomiarowych.

Technologia OLED powoduje, że każdy z pikseli tworzących daną matrycę jest równocześnie źródłem światła. Nie ma zatem konieczności stosowania dodatkowego podświetlenia w urządzeniach zawierających te moduły, co korzystnie wpływa na ich wagę, rozmiary oraz zużycie energii. Te cechy mają szczególne znaczenie w przypadku wszystkich urządzeń zasilanych bateryjnie. Zalety technologii OLED, to także praktycznie nieskończony kontrast i szerokie kąty obserwacji, co gwarantuje dobrą czytelność informacji na ekranach urządzeń. Takie wyświetlacze poradzą sobie również w niemal każdych warunkach, także na zewnątrz. Omawiany model będzie pracował bez zarzutów w temperaturach pracy w zakresie od –30 do 70°C.

www.unisystem.pl

Najważniejsze parametry modelu WEO064128AWPP3N0Y000 to:

Parametr	WEO064128AWPP3N0Y000
rozmiar	0,96"
rozdzielczość	64×128
obszar aktywny	10,86(H)×21,74(V) mm
jasność	150 cd/m²
kontrast	10 000:1
kierunek obserwacji	160° /160°
typ modułu	COG – kontroler na szkle
interfejs	SPI, I²C
kontroler	SH1107
wymiary zewnętrzne	14,0(H)×28,0(V)×1,26(D) mm
zakres temperatur pracy	–30...70°C
żywotność	20 000 godz.
kolor	biały

REKLAMA

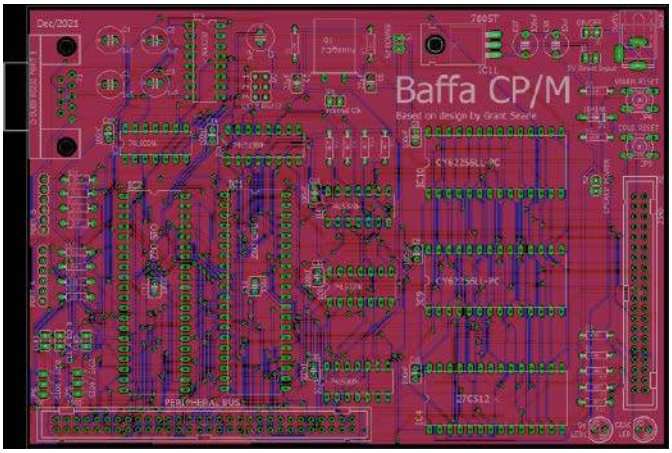
BORNICO Teraz większe MOŻLIWOŚCI
bornico.com.pl
montaż kontraktowy elektroniki
projektowanie urządzeń i systemów
Zakład Elektroniczny BORNICO
ul. Małęczyńska 25
26-600 Radom
tel. +48 48 365 58 22
bornico@bornico.com.pl



eprasa.pl a53a1e2c07

dodaj do obserwowanych

Przedstawiamy redakcyjny wybór najciekawszych projektów spośród ostatnio anonsowanych w internecie. Są to projekty na różnych etapach realizacji. Warto się zapoznać z projektami zakończonymi i śledzić realizację projektów niegotowych, by czerpać z nich inspirację do własnych prac.



Komputer jednopłytkowy Baffa – kopia Z80 CP/M

W poprzednim numerze zaprezentowaliśmy konstrukcję Augusto Baffa – klon ZX81. Nie jest to jednak jedyna konstrukcja tego autora. Rozwija on również komputer jednopłytkowy, bazujacy na Z80 CP/M. Został zaprojektowany tak, aby był kompatybilny z portem peryferyjnym „Baffa-2". Ma dwa porty A i B do połączenia szeregowego USB oraz złącze RS232 podłączone do portu B. Można go również rozszerzyć, podłączając do tzw. Baffa Backplane, aby używać modułów kompatybilnych z mikrokomputerem Baffa-2 Homebrew.

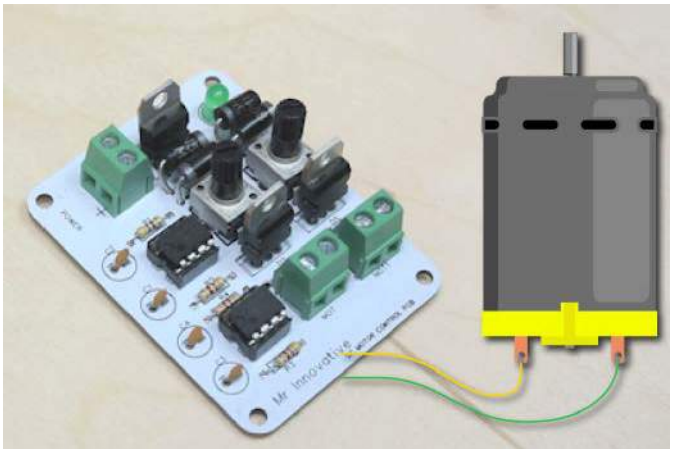
Projekt bazuje na projekcie „CP/M na płytce stykowej" wykonanym przez Granta Searle, podobnie jak wiele innych projektów retro komputerów, korzystających z tej platformy. Możliwe jest użycie złącza RS232 poprzez szeregowe interfejsy USB, układy MAX232 lub CH340 podłączone do RX/TX portów SIO/2 A lub B. W projekcie zmieniono również układ 628128 na, dwa 62256, ponieważ są one łatwiejsze do zdobycia w dzisiejszych czasach. Kolejna, planowana wersja ma zastąpić komponenty DIP elementami w obudowach SMD, co pozwoli zmniejszyć rozmiar płytki.

Układ ma wewnętrzny zegar, zintegrowany stabilizator 5 V, 64 kb pamięci RAM, ROM oraz interfejs szeregowy. Komputer może korzystać z wewnętrznego lub zewnętrznego zegara oraz wewnętrznego lub zewnętrznego źródła zasilania. Również magistrala peryferyjna może pozwolić rozszerzyć system za pomocą innych płytek za pośrednictwem wspomnianego interfejsu Baffa Backplane.

https://hackaday.io/project/184357-baffa-cpm-sbc

Kontroler prędkości obrotowej silnika prądu stałego

Ten prosty, ale praktyczny układ do sterowania prędkością silnika prądu stałego może zainteresować zwłaszcza bardziej początkujących elektroników. Dzięki dokładnemu opisowy projektu, można nie tylko z łatwością skonstruować takie urządzenie samodzielnie, ale także w pełni zrozumieć zasadę działania tego systemu. Mimo użycia klasycznego układu – mającego już 50 lat NE555,



zasada działania – modulacja PWM, jest niezwykle aktualna i nadal szeroko stosowana do sterowania. Jest ona niezwykle dokładna, a także energooszczędna.

Kontroler PWM korzysta z modulacji szerokości impulsów. PWM to technika, w której ilość prądu płynącego w obwodzie jest kontrolowana przez „cięcie" prądu stałego za pomocą bramki lub tranzystora – klucza, który zmienia swój stan – może przewodzić lub nie (bez stanów pośrednich). Jest wiele sposobów na zrealizowanie tego rodzaju układu. Zastosowanie mikrokontrolera, jakkolwiek może wydawać się najprostsze jest dosyć drogą metodą, która nie jest przystępna cenowo i odpowiednia dla małych silników. Dlatego warto skorzystać ze scalonego timera 555. Moduł, oprócz tego układu scalonego, korzysta zaledwie z kilku elementów dyskretnych, z których kluczowym jest tranzystor kluczujący prąd – w tym systemie jest to TIP122 (ewentualnie IRFZ44N). Pracą układu steruje się za pomocą potencjometru 100 kΩ.

https://hackaday.io/project/184700-dc-motor-speed-controller

Elektroniczny monitor sprzętu w komputerze PC do montażu, jako panel w obudowie



Przedmiotem tego projektu jest monitor sprzętu PC inspirowany stylistyką filmów science-fiction. Projekt jest realizowany w kilku fazach. Pierwszym etapem będzie prosty, działający prototyp, zawierający ostateczny projekt sprzętu. Wyświetlacz na monitorze sprzętowym pokaże różne statystyki komputera, używając niestandardowej aplikacji systemu Windows do przesyłania danych do wbudowanego mikrokontrolera.

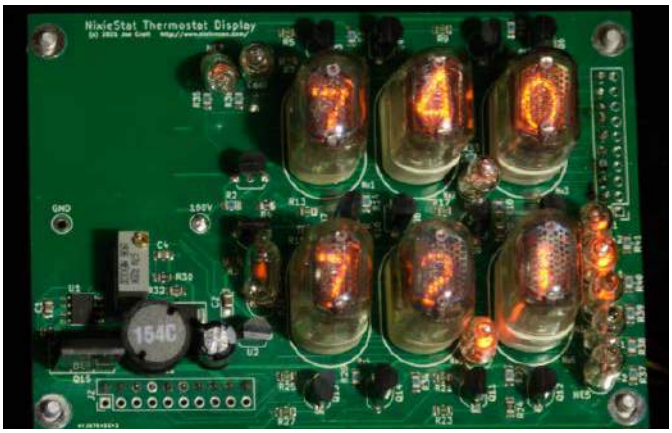
Druga faza obejmie ulepszenia oprogramowania. System zawiera

eprasa.pl a53a1e2c07

mikrokontroler, który przejmie rolę sterownika ARGB dla oświetlenia komputera. Dodatkowo, oprogramowanie PC ma zostać zaktualizowane, aby ustawić barwę oświetlenia, a nawet ustawiać krzywe wentylatorów chłodzących komponenty, a także zapewnić większą kontrolę rozmieszczenia widżetów na ekranie monitora.

Trzecia, ostatnia faza to bardziej lista życzeń, dodająca możliwość tworzenia i przesyłania skórek i projektów widżetów do układu, aby z poziomu komputera móc modyfikować wygląd monitora. Autor obecnie rozwija widżety dla systemu i prezentuje po kolei skończone elementy. Na stronie projektu można zobaczyć widżety odpowiedzialne za CPU oraz GPUI – wyświetlające w czasie rzeczywistym ich kluczowe parametry w czasie rzeczywistym.

https://bit.ly/3GEGjaQ



Termostat domowy na ESP32 z wyświetlaczem na lampach Nixie

Lampy Nixie mają w sobie niepowtarzalny czar, dzięki czemu nadal chętnie stosowane są w różnego rodzaju urządzeniach. Estetyczny i nietypowy wygląd tego rodzaju wyświetlacza sprawia, że często montowane są w zegarach itp. W przypadku tego projektu, znalazły one swoje zastosowanie w termostacie, sterującym ogrzewaniem w domu autora projektu, Joe Crofta.

Termostat ten zawiera moduł z mikrokontrolerem ESP32. Obsługuje zdalne czujniki i stosuje algorytm PID do kontroli temperatury. Kod i inne pliki schematów i układów PCB można znaleźć w repozytorium autora na GitHubie. Oprócz małej klawiatury dotykowej i wyświetlacza Nixie, termostat można konfigurować i monitorować przez magistralę komunikatów Mosquitto MQTT za pomocą instrukcji JSON. Pokazane urządzenie jest podłączone do domowej sieci autora i cały czas poprawnie działa, sterując ogrzewaniem w jego domu.

Motywacją do opracowania tego systemu były problemy z starą instalacją grzewczą w niewielkim wiktoriańskim domu. Dom zmieniał temperaturę w zakresie do ±10°C, gdy kocioł włączał i wyłączał się. Na wakacjach w Polsce zauważył w domu swojej żony, że ustawia ona kocioł grzewczy na stałą temperaturę – nie zdawałem sobie wtedy sprawy, że każdy z grzejników ma zawory termostatyczne. Wtedy zauważył, że sterowanie temperaturą grzejnika, a nie kotła CO jest dużo efektywniejsze.

Dzięki najnowszemu projektowi można mieć dowolną liczbę czujników w dowolnym pomieszczeniu, komunikujących się przez Wi-Fi. Dodany został również pojedynczy czujnik na samym termostacie, na wypadek, gdyby nie mógł odbierać temperatur ze zdalnych czujników. „Obecnie mam czujnik w salonie, a termostat w jadalni. Oprócz tego mam czujnik na jednej z rur grzejnika i czujnik na zewnątrz domu" pisze Croft.

Termostat można monitorować poprzez magistralę wiadomości, gdyż, co 30 sekund wysyła wiadomość z podstawowymi parametrami. Dzięki temu można monitorować nie tylko działanie termostatu i szeregu innych parametrów, jakie zbiera.

https://bit.ly/3zeBqnu, https://bit.ly/3GOlvOs



Wzmocniony komputer polowy DIY

„Do projektu w pracy kupiliśmy 7 czujników CT-Mini firmy Valeport, które przyszły w ładnych, czarnych, wodoodpornych twardych obudowach. Ponieważ wszystkie czujniki były używane w stałej instalacji, zostało mi 7 obudów. Były to walizki Nanuk 910, które mają naprawdę ładną kompaktową obudowę, dzięki czemu idealnie nadają się do budowy wytrzymałego komputera przenośnego. A ponieważ właśnie zebrałem 14-calowy ekran ze starego laptopa, wydaje się to bardzo możliwe, przy rozsądnych kosztach" wyjaśnia autor projektu Cees Meijer.

Projekt zaczął się od twardej obudowy Nanuk 910 i ekranu LP141WX ze starego laptopa Toshiby, bo taki autor miał do dyspozycji. Celem projektu jest zbudowanie przenośnego komputera, który będzie wystarczająco wytrzymały do pracy w terenie, co może obejmować pracę na mrozie lub podczas deszczu. Musi, więc być wodoszczelny, nie tylko wtedy, gdy obudowa jest zamknięta (to proste, bo do tego jest ona przeznaczona), ale także wtedy, gdy jest otwarta, a komputer uruchomiony. Aby komputer był użyteczny musi obsługiwać Wi-Fi i Bluetooth. Połączenia muszą zawierać wtyczkę do ładowania i ewentualnie 2 porty USB. Ponieważ system będzie służył tylko do podstawowych zadań (konfiguracja i sprawdzanie przyrządów w terenie, robienie notatek), sam komputer nie musi być ekstremalnie wydajny. Powinien za to działać na akumulatorze, przez co najmniej 6 godzin.

W dzienniku projektu autor publikuje informacje o procesie doboru poszczególnych elementów i integracji ich z resztą systemu. W pierwszej kolejności dobrał on kontroler wyświetlacza, który jest kompatybilny z posiadanym przez niego ekranem. Pasuje on idealnie z wyjątkiem złącza podświetlenia, które ma inny kształt i wymaga drobnej przeróbki. Zakupił także wodoodporną, silikonową klawiaturę, która idealnie nadaje się do tego rodzaju systemu. Jest to lepsze rozwiązanie niż rozważana początkowo silikonowa nakładka na klawiaturę. Żadna z tych klawiatur nie ma podświetlenia, więc

REKLAMA

ZAJRZYJ NA TE STRONY

GAMMA
info@gamma.pl
www.gamma.pl
PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE

RACK i Eurocarta 19" Wyposażenie szaf 19"
www.obudowa.pl
Producent obudów dla elektroniki tel. 032-230-2301

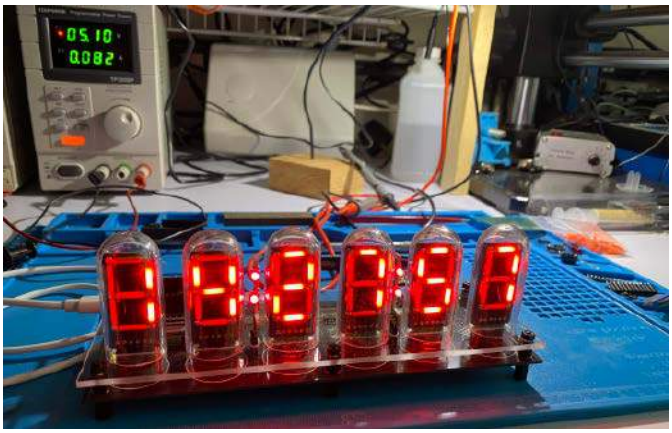
www.piekarz.pl
części elektroniczne
sprzedaz@piekarz.pl tel. 22 599 49 70

eprasa.pl a53a1e2c07

jeśli system ma być używany w ciemności, będzie musiał mieć dodane jakieś zewnętrzne źródło światła.

Jeśli chodzi o CPU wybrany został komputer jednopłytkowy Raspberry Pi 4. Spełnia on wszystkie wymagania, co do systemu, a dodatkowo zapewnia dostatecznie dużą wydajność obliczeniową, aby komfortowo używać komputera. Dodatkowo, autor miał już taki komputer w swoich zasobach. Wyświetlacz wymaga 12 V DC. Raspberry Pi będzie potrzebowało 5 V. Zatem wybór padł na użycie powerbanku USB 5 V i przetwornicy boost do generowania 12 V lub baterii 12 V i obniżeniu jej do 5 V dla PI. Trzecią rozważaną koncepcją jest użycie dwóch baterii, jednak jest to o tyle problematyczne, że trochę utrudni ładowanie komputera.

https://hackaday.io/project/184717-field-computer



Cyfrowy zegar z LED-owymi lampami Nixie

Tak jak wskazywaliśmy wcześniej, lampy nixie mają swój ogromny czar. Do tego stopnia, że w wielu projektach, takich jak właśnie ten, autorzy próbują emulować wygląd tych wyświetlaczy innymi metodami. Inspiracją do tego projektu był jeden z filmów na YouTube, w którym zaprezentowano niskonapięciowe żarniki LED. Autor projektu zakupił takie elementy na AliExpress i polutował je razem, jako wyświetlacze 7-segmentowe na płytce prototypowej tylko po to, żeby zobaczyć, jak będą wyglądały. Wyglądały dobrze, ale nie miał on wtedy pomysłu, do czego je zastosować… później spróbował wykonać podobny wyświetlacz z mniejszych, czerwonych żarówek… wtedy nadeszło olśnienie – doskonale sprawdzą się one, jako zamiennik lamp nixie.

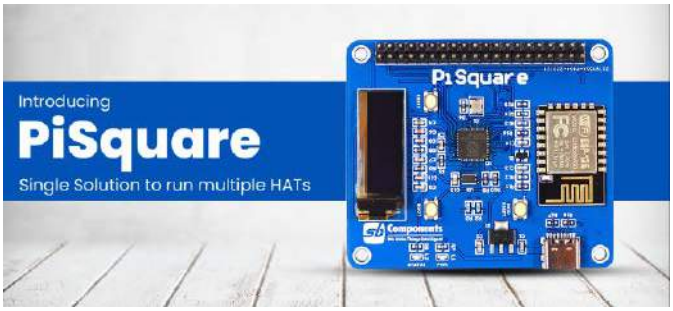
Najczęstszym projektem, wykonywanym z użyciem lamp nixie, są zegarki cyfrowe. Dlatego też zastosowanie tych LED-owych żarników w tej aplikacji było dosyć oczywistym pomysłem. Diody w układzie są multipleksowane i podłączone przeciwsobnie, dzięki czemu do obsłużenia tak dużej ilości diod wymagana jest relatywnie mała ilość wyjść. Pierwszym podejściem było zlutowanie 7 segmentów razem na pająka, korzystając z grubych drutów, jako podpór na dolnych segmentach i najcieńszego drutu, jaki udało mi się znaleźć (średnica 10 µm) tak, aby wyglądało to najbardziej jak lampa nixie. Wyglądało to dobrze, ale drut 10 µm był bardzo trudny w kształtowaniu, a ręczne lutowanie segmentów zajęło wieczność. Konstrukcja taka była następnie umieszczana w małym, szklanym pojemniku, aby upodobnić ją do lampy elektronowej.

Drugie podejście zawierało czarną płytkę drukowaną do podtrzymywania segmentów, w ten sposób każda cyfra wygląda tak samo, a montaż był znacznie łatwiejszy. Rozmiar płytki dopasowany został do próbówki, udającej szkło bańki lampy nixie. Zastosowane filamenty 20 mm mają aktywną (emitującą światło) długość tylko 11 mm. Płytka wykonana została z polami lutowniczymi oddalonymi od siebie o 14 mm i z otworem na diodę LED o długości 11,5 mm i szerokości 2,0 mm. Ten rozmiar działa naprawdę dobrze, chociaż trzeba przyciąć trochę dodatkowego metalu z końców włókien.

Zegar sterowany jest przez moduł Feather z ESP32, ponieważ ma Wi-Fi i można go oprogramować w Circuit Pythonie. Jednak autor wybrał Arduino – miał już kod napisany na ESP32 z sześcioma rejestrami przesuwnymi 74LV595. Przepisanie programu w nowym języku jest jednak nadal w planach, gdyż to doskonała okazja do nauki Python.

Płyta główna ma przełącznik trybu i 4 przyciski, ale oprogramowanie jeszcze nic z nimi nie robi. Jednym z pomysłów jest przełączanie trybu prezentacji czasu – 12/24, a przyciski mogą służyć do ustawienia czasu, ale usługa czasu NTP działa tak dobrze, że nigdy nie było potrzeby ręcznego wprowadzenie czasu. Zegar można zobaczyć na YouTube, a wszystkie pliki projektowe znajdują się w repozytorium na GitHubie.

https://youtu.be/gkYBQIplHyQ
https://bit.ly/3N4XvsB, https://bit.ly/3x6GIjm



PiSquare – bezprzewodowy interfejs do podłączania modułów Raspberry

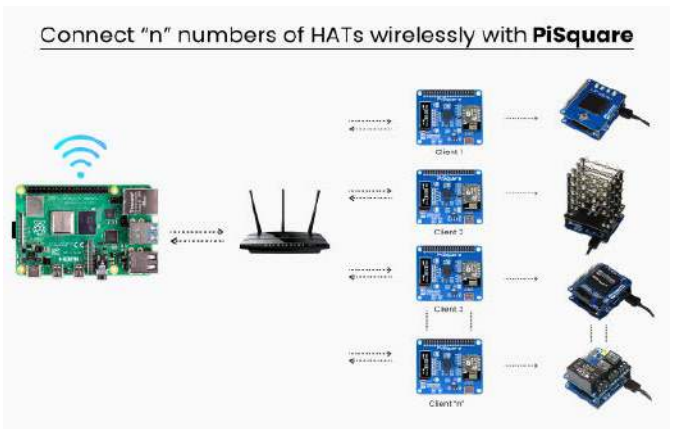
Firma SB Components, brytyjski partner projektowy Raspberry Pi, zaprezentowała PiSquare, który jest niesamowitym rozwiązaniem do bezprzewodowego łączenia modułów Raspberry Pi HAT – co wydaje się bardzo przydatne. PiSquare został wprowadzony na Kickstarter 1 kwietnia 2022 r. (na dzień pisania artykułu zebrano niemal 20 000 GBP) z 55% zniżką na zakup modułów. Zaprezentowany moduł pozwala na łączenie bezprzewodowe modułów Raspberry Pi HAT do komputera jednopłytkowego TPi. PiSquare używa mikrokontroler RP2040 i moduł Wi-Fi ESP-12E. Umożliwia komunikację z wieloma modułami HAT, multiplikując możliwości pojedynczego komputera jednopłytkowego Raspberry Pi.

Istnieje kilka sposobów, dzięki którym PiSquare może być bardzo przydatny. PiSquare umożliwia podłączenie dowolnej liczby nakładek HAT do Raspberry Pi bez łączenia ich fizycznie z Raspberry Pi, niezależnie od tego, czy jest to nakładka zawierająca SPI, I²C i inne. Można obsługiwać wszystkie nakładki Raspberry Pi bezprzewodowo.

Dzięki PiSquare można utworzyć serwer z Raspberry Pi i uruchamiać z jego poziomu dowolną liczbę modułów HAT, jako klient. Można także uczynić PiSquare klientem i uruchamiać go, jako master dla większej ilości PiSquare i kontrolować moduł HAT na jednym PiSquare przez telefon i inne urządzenia.

Najważniejsze cechy PiSquare, jakimi chwalą się autorzy systemu:

- łatwe sterowanie wszystkimi pinami PiSquare, ponieważ piny są takie same jak w Raspberry Pi;



eprasa.pl a53a1e2c07

- możliwość dołączania dowolnej liczby modułów HAT do jednego komputera Raspberry Pi;
- PiSquare może pracować, jako Master i Server;
- brak ograniczeń w komunikacji i ilości interfejsów SPI, UART czy I²C;
- można kontrolować system ze smartfona;
- łatwe programowanie (PiSquare używa socketów w sieci).

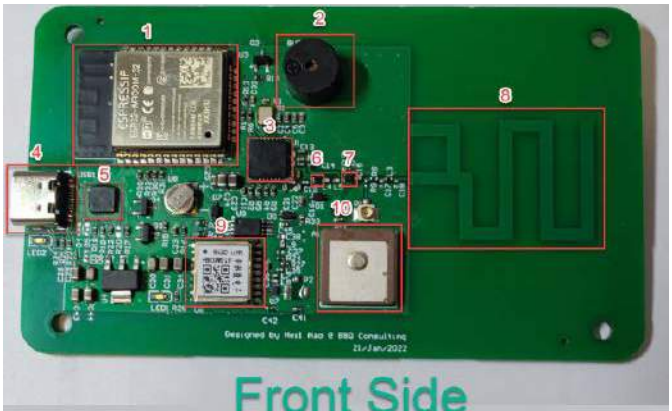
https://bit.ly/3GF1wS9

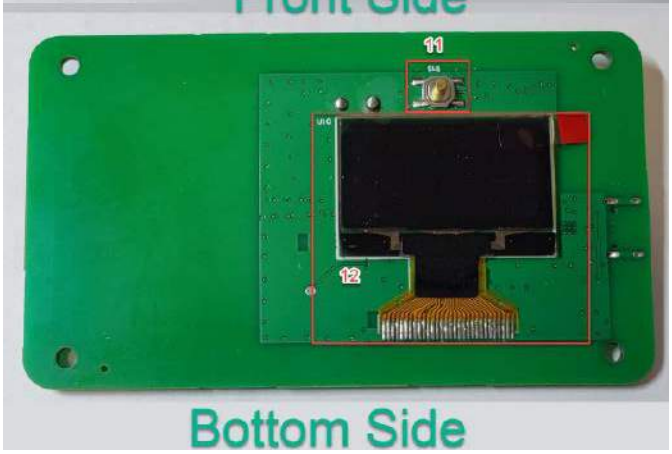


Meshtastic – kompaktowy moduł LoRa

Projekt ten jest przeznaczony do turystyki pieszej, narciarstwa itp. Do działania tego transceivera nie są wymagane zewnętrzne anteny. Moduł ma rozmiar karty kredytowej i integruje w sobie wszystkie potrzebne elementy. Mierzy dokładnie 100×58×16 mm i waży ok. 80 g. Ma wbudowaną wysokowydajną wewnętrzną antenę LoRa na PCB (VSWR <= 1,5 przy 915 MHz), która zapewnia doskonały zasięg. Dodatkowy wewnętrzny wzmacniacz o bardzo niskim poziomie szumów poprawia czułość odbioru sygnałów LoRa. W system wbudowany jest także moduł GPS, LNA i antena ceramiczna typu patch. Obsługiwane są GPS, BDS i GLONASS.

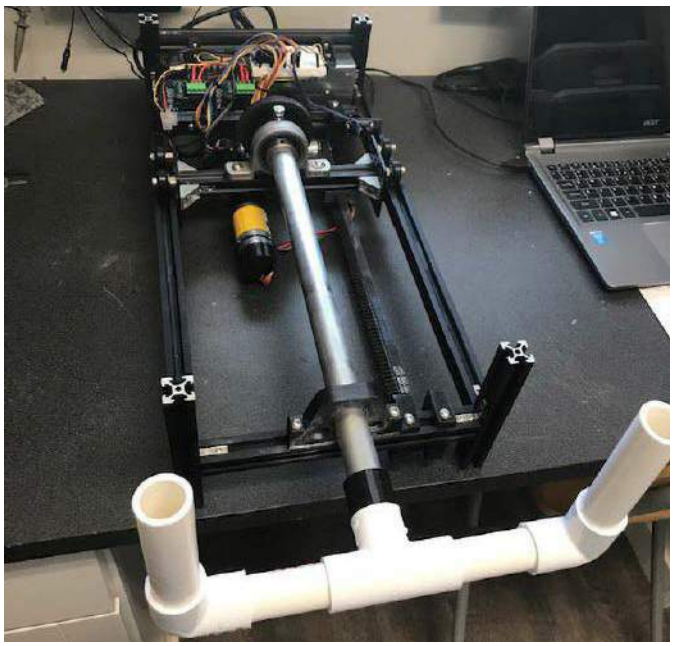
W systemie preinstalowane jest oprogramowanie układowe Meshtastic — aktualna wersja oprogramowania układowego to 1.2.59. Autor cały czas rozwija to firmware, dodając do niego nowe funkcje.





Meshtastic to projekt typu open source, który może wysyłać wiadomości poza siecią za pomocą niedrogiego sprzętu do tworzenia osobiste sieci LoRa. Zasięg tego kompaktowego urządzenia LoRa został przetestowany na obszarze miejskim, który jest pełen ponad 150-metrowych wieżowców. W eksperymencie (TX: 20 dBm, F: 915 MHz, transmisja z średnią lub niską prędkością), uzyskano odległość komunikacji równą do 773 m i nie nastąpiło żadne przekroczenie limitu czasu ani retransmisja. Zgodnie z budżetem łącza, system ten mógłby sięgać znacznie dalej niż 773 m. Więcej szczegółów zilustrowano dalszej części projektu, dostępnej po linkiem.

https://meshtastic.org/docs/about
https://bit.ly/3PVdHOX



Cyfrowy wolant ze zwrotnym sprzężeniem haptycznym do symulatorów lotu

Przedmiotem zaprezentowanego przez Tima Trolingera na portalu Hackaday.io projekty jest cyfrowy wolant do symulatora lotów. Jest to samodzielne, zintegrowane urządzenie, przeznaczone do współpracy

REKLAMA



eprasa.pl a53a1e2c07

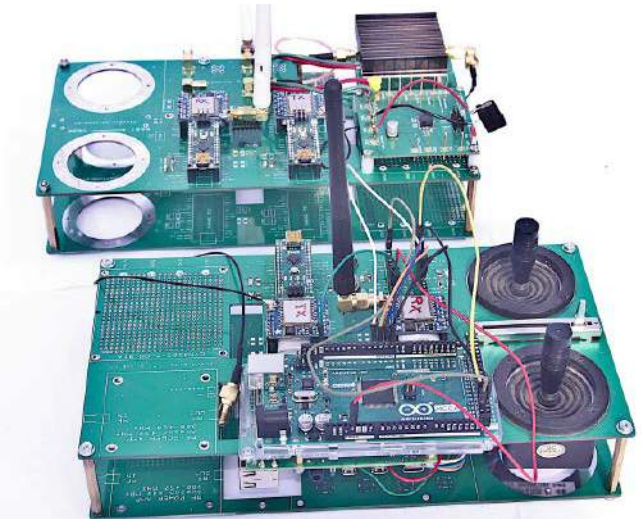
z aplikacją X-Plane a w dalszych planach również z symulatorem lotu Microsoft.

Wolant ten wyposażony jest w siłowe sprzężenie zwrotne, dzięki czemu możliwe było zwiększenie realizmu podczas korzystania z tego systemu. Jednym z założeń przy jego budowie była prosta konstrukcja łatwa do powielenia. Jednocześnie urządzenie miało zapewnić wysoki poziom realizmu podczas używania. System używa kontrolera Teensy (kompatybilnego z Arduino) i oprogramowania układowego stworzonego przez autora, które planuje on opublikować wraz z postępem projektu. Elementem systemu jest również aplikacja w VB. Net, która musi działać na komputerze z symulatorem lotu (tylko Windows), która będzie interfejsem między symulatorem lotu a wolantem (USB). Zostanie ona również zamieszczona na stronie projektu.

Wolant może obracać się w zakresie 180° i może symulować maksymalny opór o sile 4 funtów (około 17,8 N). Skok wolantu to 10 cali (25,4 cm) a symulowana siła oporu wynosi do 8 funtów (35,7 N).

Prototyp jest już zbudowany i współpracuje z X-Plane, chociaż wciąż trwają udoskonalenia. Trwają prace nad instrukcją budowy i dokumentacją. Autor ma nadzieję, że niebawem je ukończy.

https://bit.ly/3m8InOW



System do zdalnej kontroli robotów do pracy w trudnych warunkach

Ponieważ globalne ocieplenie coraz bardziej daje się we znaki, nasza planeta coraz bardziej może przypominać Marsa. W związku z tym może zaistnieć zapotrzebowanie na ziemskie łaziki do wyszukiwania zasobów wody lub pomocy w zaganianiu zwierząt do zagród na coraz większych obszarach półpustynnych. Jeśli chodzi o sterowanie tego rodzaju łazikiem, to wiele wiejskich części świata nie ma dostępu do komórkowych połączeń danych 3G/4G, a systemy typu Starlink są obecnie zaporowo drogie. Rozwiązaniem jest zastosowanie fal radiowych do przesyłania danych tam i z powrotem do łazików i innych stacjonarnych maszyn i urządzeń.

Pokazany system do sterowania maszynami w środowiskach postapokaliptycznych integruje 4 lub więcej radiotelefonów LoRa kontrolowanych przez MCU ATmega2560 z Raspberry Pi za pośrednictwem ROS (*Robotic Operating System*), dzięki czemu można wysyłać wiadomości lub dane na duże odległości w taki sposób, aby wiadomości wychodzące nie blokowały wiadomości przychodzących – to prawdziwy dupleks. Większość modułów LoRa działa tylko w trybie half-dupleksowym, co oznacza, że jednoczesne odbieranie i nadawanie nie jest możliwe.

„Zawsze istnieje kompromis między zasięgiem a szybkością transmisji danych, a ten system nie jest zaprojektowany tak, aby działał szybko lub „w czasie rzeczywistym". Między wysyłaniem i odbieraniem wiadomości występuje znaczne opóźnienie. Wyobraź sobie, że sterujemy łazikiem na Marsie, ale zamiast 15 minut opóźnienia mamy około 10 sekund. W obszarze klęski żywiołowej, takim jak huragan, gdzie kluczowa infrastruktura została zniszczona, system ten może być używany do przekazywania zaszyfrowanych wiadomości tam i z powrotem do innych odległych lokalizacji bez konieczności tworzenia jakiejkolwiek sieci (…). Nie oznacza to jednak, że proste sieci nie mogłyby istnieć w miarę upływu czasu" opisuje swój projekt jego autor, ukrywający się na portalu Hackaday.io pod nickiem Ugly Pirate.

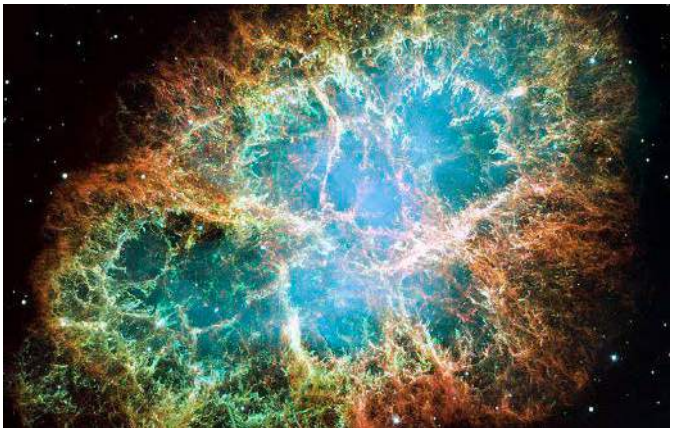
Każdy z zaprojektowanych przez niego modułów ma joysticki i suwak, dzięki czemu może sterować zdalnie pojazdami. Oczywiście, potrzebne jest to jedynie po stronie kontrolera – moduł w pojeździe nie używa na ogół tych elementów, ale przydaje się to do diagnostyki i lokalnego sterowania, jeśli chcemy sterować pojazdem będąc obok niego. Sprzęt ten może być używany do przesyłania i odbierania danych oraz weryfikacji integralności danych. Może także realizować działania na podstawie przesłanych danych. Na przykład, jeśli stwierdzi się, że poziom wody w rzece osiąga krytyczny poziom, za pomocą ROS można utworzyć różne alarmy i komunikaty, a śluzy mogą zostać otwarte, aby skierować wodę z dala od osiedli.

ROS jest zainstalowany w ATmega2560 jako biblioteka Rosserial, a na Raspberry Pi, jako ROS Melodic. Komunikacja między 3 modułami odbywa się przez USB i Ethernet za pośrednictwem routera. Inne funkcje gadżetów obejmują wybór dwóch zasilaczy klasy medycznej, wzmacniacz RF dla LoRa Tx i wybór dwóch montowanych na powierzchni filtrów pasmowoprzepustowych RF.

System ten został zaprojektowany tak, aby był jak najbardziej samowystarczalny, więc komunikacja GSM nie była rozważana, jako realna opcja. Wi-Fi testowane było na samym początku, ale okazało się, że silny sygnał w tym pasmie zakłóca działanie komputerów itp. Drugi problem polegał na tym, że zasięg Wi-Fi był bardzo słaby bez użycia wzmacniaczy RF o dużej mocy. Jeśli chodzi o np. Starlinka, to obecnie umieszczenie odbiornika Starlink w każdym łaziku jest raczej niemożliwe i nieopłacalne. Dlatego wybór padł na redundantne moduły LoRa.

W systemie umieszczono dodatkowo odbiornik GPS. Dane z satelitów pozycjonujących są całkowicie bezpłatne i są dość proste do przetworzenia. Ten projekt przeniósł pozycjonowanie naziemne na wyższy poziom, wprowadzając system jego korekcji, który przesyła dane do łazika ze stacjonarnego punktu odniesienia. Pozwoliło to podnieść dokładność pozycjonowania, aż do poziomu około ±10 mm!

https://bit.ly/3O6THaz



System wczesnego ostrzegania przed wybuchem supernowej

Celem tego małego projektu jest opracowanie niedrogiego, energooszczędnego urządzenia o niewielkich rozmiarach, które można umieścić w stylowych obudowach pasujących do wystroju wnętrza, dzięki czemu będzie tolerowane w przestrzeni życiowej nawet przez mieszkających tam nie-nerdów, jak opisuje na wstępie autor konstrukcji, Heinz-Bernd Eggenstein.

eprasa.pl a53a1e2c07

System ma za zadanie informować o zapadnięciu się jądra galaktyki i wybuchu znajdującej się tam supernowej. Pierwsze, co zauważone może zostać na Ziemi, to fala neutrin, pochodząca z wybuchu. Wtedy właśnie uruchomić ma się system wczesnego ostrzegania. Urządzenie uruchomi alarm dźwiękowy, który należy zresetować ręcznie. Ponieważ optyczny sygnał supernowej będzie widoczny dopiero z pewnym opóźnieniu po rozbłysku neutrinowym, alarm da trochę czasu na przygotowanie się do obserwacji tego wybuchu. Jest to wydarzenie astronomiczne zdarzające się raz na pokolenie lub rzadziej.

Zasada działania urządzenia jest bardzo prosta. Korzysta ono z serwisu internetowego prowadzonego przez NASA, z którego można otrzymać wcześniejsze ostrzeżenie przed następną supernową z zapadnięciem, kiedy gwiazda w naszej galaktyce wybuchnie i utworzy czarną dziurę lub gwiazdę neutronową. Dlaczego jednak mielibyśmy chcieć mieć o tym wcześniejsze ostrzeżenie? Taki wybuch nie jest aż tak niebezpieczny – system nie ma za zadanie ostrzec nas przed zbliżającą się globalną zagładą – teoretycznie supernowa mogłaby zabić całą ludzkość, ale tylko gdyby była naprawdę bardzo, bardzo blisko. Żadna z gwiazd, które są wystarczająco blisko na nie powinna w najbliższym czasie wybuchnąć, więc na razie jesteśmy całkiem bezpieczni.

Typowa supernowa może przyćmić swoją galaktykę macierzystą i jest rzeczywiście bardzo jasnym wydarzeniem na niebie. Problem polega na tym, że siedzimy pośrodku dysku galaktycznego, a następna galaktyczna supernowa prawdopodobnie również będzie w dysku galaktycznym (ale w pewnej odległości), więc najprawdopodobniej nie będziemy mieć niezakłóconej linii widzenia na to wydarzenie. Prawdopodobnie będziemy musieli obserwować ją przez niektóre ramiona spiralne, chmury pyłu itp. pomiędzy nimi, co bardzo skutecznie przyciemni światło supernowej, przynajmniej w widzianej przez człowieka części widma. Jeśli chcemy od samego początku śledzić następną galaktyczną supernową, prawdopodobnie będziemy musieli trochę się rozejrzeć – to może nie być wydarzenie widoczne gołym okiem. Ludzkość przeoczyła, co najmniej kilka supernowych w naszej galaktyce w ciągu ostatnich kilkuset lat, dopiero później znaleźliśmy pozostałości po nich.

W przypadku wyzwalania neutrinowego ogłaszającego wybuch supernowej, będziemy w sytuacji, w której każdy dostępny teleskop będzie gotowy do polowania na optyczny odpowiednik tego impulsu. Profesjonaliści i amatorzy mogą przyczynić się do tego zadania. I tu mogą się przydać takie narzędzia, jak prezentowane w tym projekcie. Chcemy czegoś, co obudzi każdego w nocy, gdy podniesie się alarm. Zadaniem tego projektu jest stworzenie ładnie wyglądającego gadżetu, który będzie informował użytkownika o wybuchu neutrin docierających do Ziemi, informując, że gwiazda w Drodze Mlecznej zapadła się pod własnym ciężarem po wyczerpaniu paliwo termojądrowe. Następnym krokiem w tym kataklizmicznym wydarzeniu będzie przekształcenie poprzedniego jądra w czarną dziurę lub gwiazdę neutronową, podczas gdy pozostała materia gwiazdy „eksploduje" i utworzy supernową.

Nie ma tutaj jednak mowy o tworzeniu domowego systemu do wykrywania neutrin. Jedynymi instrumentami, które mogą wykryć taki rozbłysk, są naukowe detektory neutrin, które wymagają ogromnych zbiorników wodnych. Na szczęście te detektory niemal natychmiast podzielą się wykryciem takiego wybuchu ze światem, m.in. poprzez projekt SNEWS (system wczesnego ostrzegania SuperNova). Istnieje kilka sposobów otrzymywania alertów od SNEWS, w przypadku tego projektu autor planuję skorzystać z usługi GCN dostarczanej przez NASA).

Plan rozwoju projektu jest bardzo prosty. Rozpoczyna się od ustalenia pewnych wymagań, co do urządzenia:

- niski pobór mocy,
- niezawodność (nie chcemy przegapić wydarzenia, które zdarza się raz na pokolenie),
- przenośność.

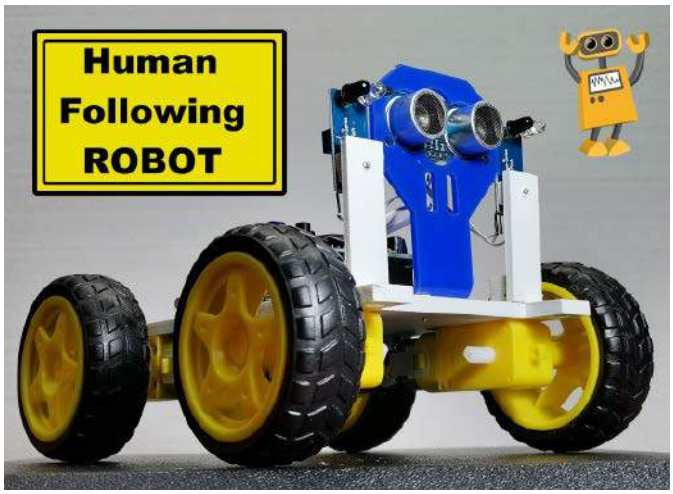
Oprogramowanie będzie zawierało bibliotekę PyGCN napisaną w Pythonie przez Leo Singera, która jednak musi zostać przeniesiona do CircuitPythona i być może zminimalizowana poprzez zostawienie w niej niezbędnego minimum.

Od strony sprzętu autor korzystać chce z Raspberry Pi Pico z modułem HAT Wiznet5k Ethernet. Do układu podłączony jest buzzer i klawisze, a także duży wyświetlacz OLED. Autor rozważa uzupełnienie układu o alternatywne wyjście audio, które używa nagranie MP3 np. z klaksonu. Autor chce zastosować do projektu kompaktowe radio FM i spróbować zintegrować z nim to, co potrzebuje do działania układ, jednocześnie zawierając ponownie takie elementy radia, jak:

- głośnik,
- pokrętło regulacji głośności,
- przyciski, aby zresetować alarm lub go przetestować,
- wycięcia lub okna na wyświetlacz,

Zasilacz, jeśli możliwe jest jego zaadoptowanie do omawianego systemu.

https://bit.ly/3MejYlE



Śledzący człowieka robot z Arduino

Pokazany w artykule robot bazuje na Arduino. Używa on kombinacji czujników ultradźwiękowych i podczerwieni do śledzenia obiektu, a dokładniej mówiąc człowieka, aby za nim podążać. Istnieje kilka technologii, które mogą wykryć i utrzymać pewną odległość między robotem a człowiekiem. Najczęściej stosowane są czujniki ultradźwiękowe, czujniki podczerwieni, czujnik laserowe, czujniki dźwiękowe, czy systemy do rozpoznawania twarzy itp. Arduino Robot używa kombinacji czujników ultradźwiękowych i podczerwieni do śledzenia obiektu. Urządzenie jest naprawdę bardzo proste w budowie i bardzo efektowne.

Robot składa się z kilku elementów:

- mikrokontrolera Arduino Uno,
- modułu sterownika silnika L293D (Shield),
- 4×silniki DC Weels z wbudowanym motoreduktorem,
- moduł czujnika ultradźwiękowego HC-SR04,
- 2×czujniki pracujące w podczerwieni,
- akumulator litowo-jonowy 7,4 V.

Do budowy robota wystarczy jedna prostokątna płytka, na której dolną stronę należy przykleić silniki, a na górnej powierzchni zamontować inne elementy. Można zastosować shield sterownika silnika L293D jak w tym przypadku, lub shield dla silników Adafruit tak jak na schemacie ideowym, pokazanym na stronie projektu, bez żadnych zmian.

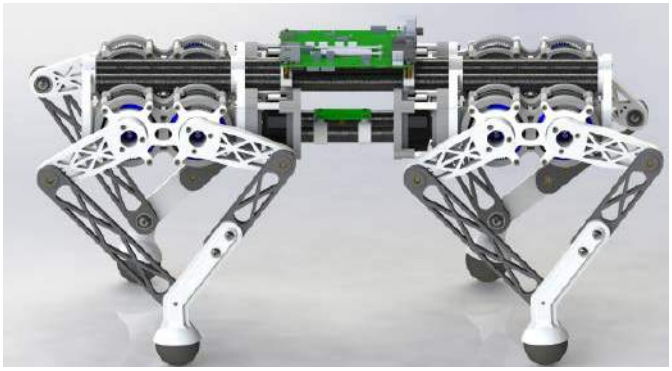
Zasada wykrywania i monitorowania obiektów bazuje na na danych zbieranych przez oba sensory. Czujnik ultradźwiękowy wykrywa obecność obiektu przed nim w określonych granicach, w tym przypadku w odległości od 10 do 30 centymetrów. Jeśli w tej przestrzeni nie ma żadnego przedmiotu (na przykład naszej ręki), wszystkie cztery

eprasa.pl a53a1e2c07

silniki są bezczynne. W momencie pojawienia się obiektu w tej przestrzeni odczytywane są dane z czujników podczerwieni i na podstawie uzyskanych danych wydawane są polecenia do silników, dzięki którym robot porusza się w żądanym kierunku. Odległość, na jaką reagują czujniki podczerwieni, jest regulowana małym potencjometrem. Odległość tę należy wyregulować tak, aby była nieco większa niż minimalna odległość, na którą ustawiony jest czujnik ultradźwiękowy, w tym przypadku jest to lekko ponad 10 centymetrów.

Na filmie umieszczonym na stronie przez autora można zobaczyć, jak to wygląda w rzeczywistości. Płynny ruch robota zajmuje trochę czasu, gdyż trzeba jeszcze dostosować odległości i opóźnienia w kodzie, a także dostosować sposób, w jaki porusza się ręką.

https://bit.ly/3Nax0lB



Robot kroczący Felin

„Felin" to mały czteronożny robot z nogami o 12 stopniach swobody, zawierający bezszczotkowe silniki prądu stałego z napędem quasi-bezpośrednim. Większość jego części, w tym przekładnie epicykloidalne, są drukowane za pomocą drukarki 3D FDM z PLA. Robot ten ma wystartować w wyścigu robotów w Tuluzie w 2022 roku.

Ten czworonóg ma cztery lekkie nogi, bazujące na 5-belkowym mechanizmie. Na każdą nogę są dwie kości udowe i dwie piszczelowe. Dwa



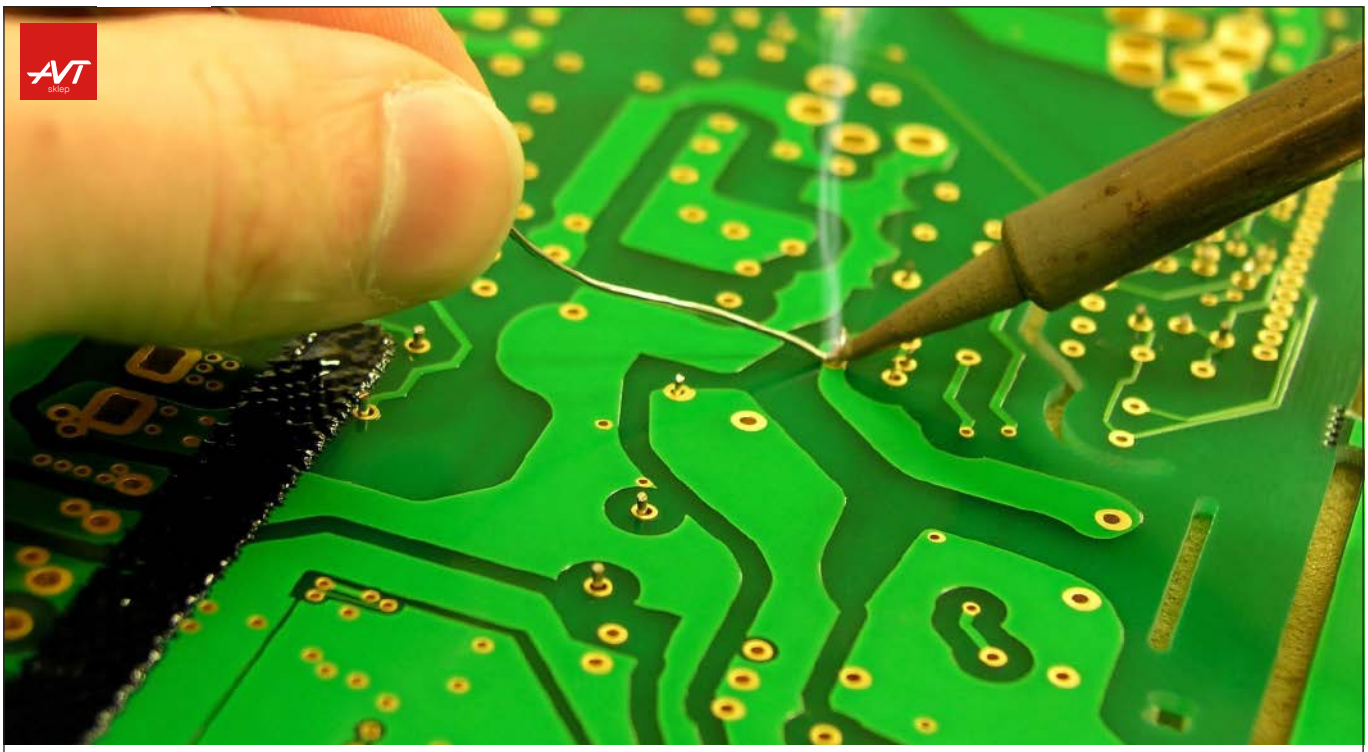
siłowniki w biodrze kontrolują kąty kości udowej, a kolana są po prostu stawami swobodnymi. Robot używa kontrolera serwomechanizmu B-G431B-ESC, który jest projektem open source, oferującym „bardzo tani kontroler do bezszczotkowego serwomechanizmu na bazie zestawu B-G431B-ESC1 Discovery firmy ST". Zaimplementowany algorytm FOC działa z częstotliwością 40 kHz z programowalną kontrolą położenia/prędkości PD i prądu PI. Zmodyfikowane oprogramowanie układowe dla ESC dostępne jest w repozytorium na Gurhubie.

Opracowany został również system operacyjny dla robota. Jest to specjalna wersja systemu ROS (*Robot Operating System*), realizujący prosty chód kłusowy o trzech stopniach swobody oraz system do kontroli położenia w sześciu stopniach swobody. Robot jest zdalnie sterowany za pomocą bezprzewodowego gamepada z interfejsem Bluetooth podobnego do pada od PS3. Algorytm chodu wciąż jest rozwijany, więc spodziewać się można, że zaprezentowana zostanie niebawem ulepszona jego wersja.

https://bit.ly/3zeB0xg

Nikodem Czechowski, EP

REKLAMA



eprasa.pl a53a1e2c07

Podstawowe parametry:

- jednostronne, bezprzewodowe łącze radiowe o zasięgu kilkudziesięciu metrów,
- wejście układu: mechaniczny potencjometr poruszany ręcznie,
- wyjście układu: podwójny potencjometr cyfrowy typu AD5207,
- możliwość ustawienia reakcji układu na poziom minimalny potencjometru w nadajniku,
- diody LED sygnalizujące stan pracy układu,
- liniowa charakterystyka regulacji, z możliwością zmodyfikowania do logarytmicznej,
- zasilanie napięciem stałym 7...20 V lub stabilizowanym 3,3 V.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

AVT3222	Sterowany dowolnym pilotem potencjometr audio z przekaźnikiem (EdW 5/2018)
AVT5460	Zdalnie sterowany potencjometr – sterowany pilotem potencjometr audio z przekaźnikiem (EP 7/2014)
AVT5237	Cyfrowy potencjometr audio z impulsatorem (EP 6/2010)
AVT594	Zdalnie sterowany potencjometr do aplikacji audio

W ofercie AVT*

AVT5935

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

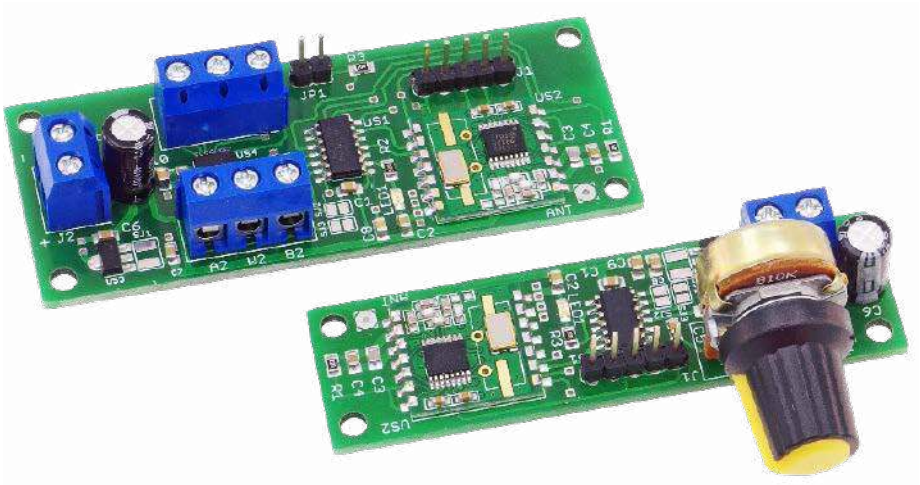
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

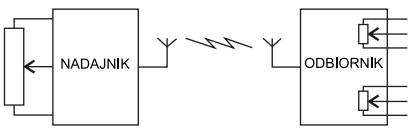
W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.

Zdalnie sterowany potencjometr

Potencjometr to element elektroniczny, w którym zmieniamy stosunek dwóch rezystancji przy użyciu mechanicznie poruszanego ślizgacza. Rozwiązanie proste i intuicyjne w obsłudze, spotykane często w układach regulacji głośności i nie tylko. Niestety, zmiana ustawienia wymaga obecności człowieka, który fizycznie poruszy osią elementu. W XXI wieku informację o położeniu można przesyłać drogą radiową, a potem odtwarzać ją z wysoką wiernością.



Pomimo dążeń cyfrowego świata do oswajania nas z wirtualnymi przyciskami, paskami lub innymi zero-jedynkowymi manipulatorami, ludzie nadal chętnie używają zwykłych, ręcznie obracanych regulatorów. Ta płynność ruchu i charakterystyczny, lekki opór przy obracaniu dają swego rodzaju poczucie sprawczości, co niekoniecznie ma miejsce przy użyciu nawet najwymyślniejszych, wygenerowanych na wyświetlaczu ikonek. Jednocześnie potencjometry bardzo trudno sterować w sposób zdalny, a możliwość manipulowania potencjometrem bez potrzeby bycia bezpośrednio przy nim, daje wiele interesujących możliwości. Pewnym rozwiązaniem w takiej sytuacji może być zaprezentowany układ, który pobiera z mechanicznego potencjometru informację o położeniu, przesyła ją do urządzenia odbiorczego, a tam jest ona zamieniana na jedną z 256 pozycji podwójnego potencjometru cyfrowego. Użytkownik ma do dyspozycji lubiane przez siebie mechaniczne pokrętło, które może znajdować się z dala od sterowanego urządzenia. Tę ideę obrazuje **rysunek 1**.



Rysunek 1. Zasada działania układu zdalnie sterowanego potencjometru

Budowa

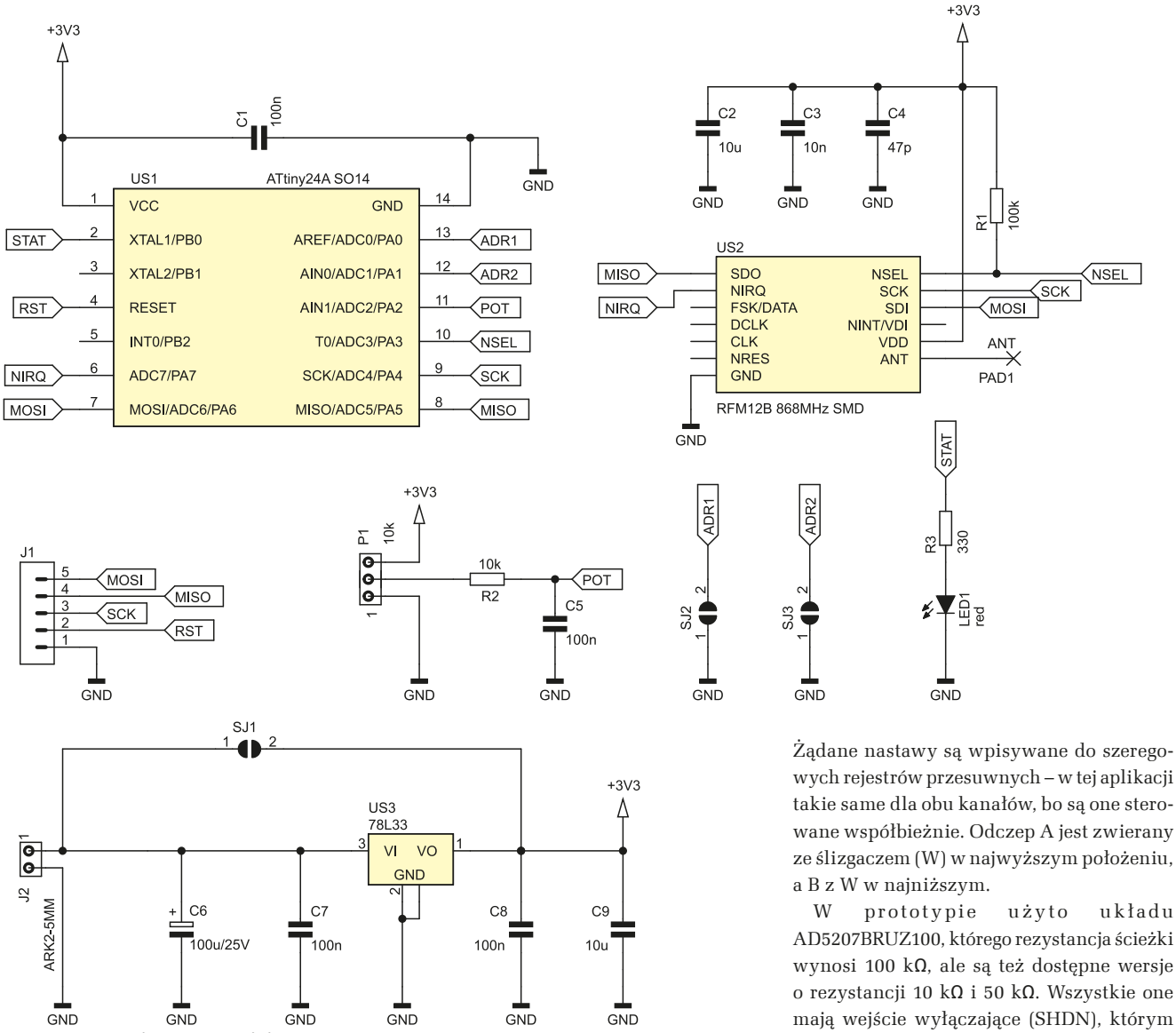
Schemat ideowy modułu nadajnika został pokazany na **rysunku 2**. Znajduje się tam mały i popularny mikrokontroler ATtiny24A, którego głównym zadaniem w tym układzie jest cykliczne odczytywanie położenia ślizgacza potencjometru P1, odpowiednie kodowanie tej informacji i wysłanie jej drogą radiową.

Do transmisji służy gotowy moduł transceivera radiowego typu RFM12B firmy HopeRF. Pracuje on na częstotliwości nośnej 868 MHz, która leży w tak zwanym paśmie ISM, w którym nadawanie z określoną mocą nie wymaga odpowiedniego zezwolenia. Jego zasilanie powinno odbywać się napięciem stałym, dobrze stabilizowanym, o wartości 3,3 V. Dla uproszczenia komunikacji między mikrokontrolerem a tym modułem, oba komponenty są zasilane napięciem o takiej samej wartości.

Komunikacja z modułem RFM12B odbywa się poprzez magistralę SPI. Ale te same linie mikrokontrolera są używane do jego programowania w systemie (ISP), co może rodzić konflikty sygnałów podczas programowania. Dlatego rezystor R1 podciąga linię odpowiedzialną za uaktywnienie interfejsu ISP w RFM12B do dodatniego potencjału zasilania, co dezaktywuje go w momencie, kiedy ATtiny24 jest w stanie zerowania. Mikrokontroler obniża ten potencjał do zera w momencie wymiany danych z modułem radiowym. Złącze J1 służy do zaprogramowania bitów zabezpieczających oraz pamięci Flash mikrokontrolera wlutowanego w płytkę.

Kąt obrotu osi potencjometru P1 jest odczytywany przez przetwornik analogowo-cyfrowy, wbudowany w mikrokontroler. P1 jest włączony jako dzielnik napięcia zasilającego,

eprasa.pl a53a1e2c07



Rysunek 2. Schemat ideowy nadajnika

ADC ma to samo napięcie jako swoją wartość referencyjną, zatem na wyjściu przetwornika pojawia się liczba proporcjonalna do pozycji ślizgacza P1, niezależnie od dokładnej wartości napięcia zasilania. Prosty filtr RC zmniejsza skuteczne napięcie szumów na wejściu przetwornika, choć program w mikrokontrolerze i tak wykonuje uśrednienie czterech pomiarów z rzędu.

Zasilanie dla układu należy podłączyć do złącza J2, wbudowany stabilizator obniży je do odpowiedniej wartości. Jeżeli do dyspozycji jest stabilizowane napięcie 3,3 V można użyć go bezpośrednio, z pominięciem stabilizatora liniowego US3.

Schemat ideowy odbiornika (**rysunek 3**) jest w znacznej mierze zgodny ze schematem nadajnika, lecz nie zawiera potencjometru P1. Zamiast niego, na płytce znalazł się układ typu AD5207, którego schemat blokowy można zobaczyć na **rysunku 4**. To dwukanałowy, 256-pozycyjny potencjometr cyfrowy. Żądane nastawy są wpisywane do szeregowych rejestrów przesuwnych – w tej aplikacji takie same dla obu kanałów, bo są one sterowane współbieżnie. Odczep A jest zwierany ze ślizgaczem (W) w najwyższym położeniu, a B z W w najniższym.

W prototypie użyto układu AD5207BRUZ100, którego rezystancja ścieżki wynosi 100 kΩ, ale są też dostępne wersje o rezystancji 10 kΩ i 50 kΩ. Wszystkie one mają wejście wyłączające (SHDN), którym można zrealizować całkowite odłączenie źródła sygnału (co zostanie opisane w dalszej części). Układ ten również komunikuje się poprzez SPI, więc jeden mikrokontroler ma do obsłużenia trzy różne peryferia na tym samym interfejsie – moduł radiowy, potencjometr półprzewodnikowy oraz programator ISP. Dlatego linia CS układu US4 również jest podciągnięcia do dodatniego potencjału zasilania – z tego samego powodu, co w module radiowym.

Odbiornik aktualizuje stan potencjometru cyfrowego po każdym poprawnym odbiorze,

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Nadajnik
Rezystory:
R1: 100 kΩ SMD0805
R2: 10 kΩ SMD0805
R3: 330 Ω SMD0805
P1: 10 kΩ liniowy, jednoobrotowy, do obudowy (opis w tekście)

Kondensatory:
C1, C5, C7, C8: 100 nF SMD0805
C2, C9: 10 µF 16 V SMD0805
C3: 10 nF SMD0805
C4: 47 pF SMD0805
C6: 100 µF 25 V raster 2,5 mm

Półprzewodniki:
LED1: czerwona (SMD0805)
US1: ATtiny24A (SO14)
US2: RFM12B 868MHz SMD
US3: 78L33 (SOT89)

Pozostałe:
J1: goldpin 5 pin męski 2,54 mm THT
J2: ARK2/500
Antena (opis w tekście)

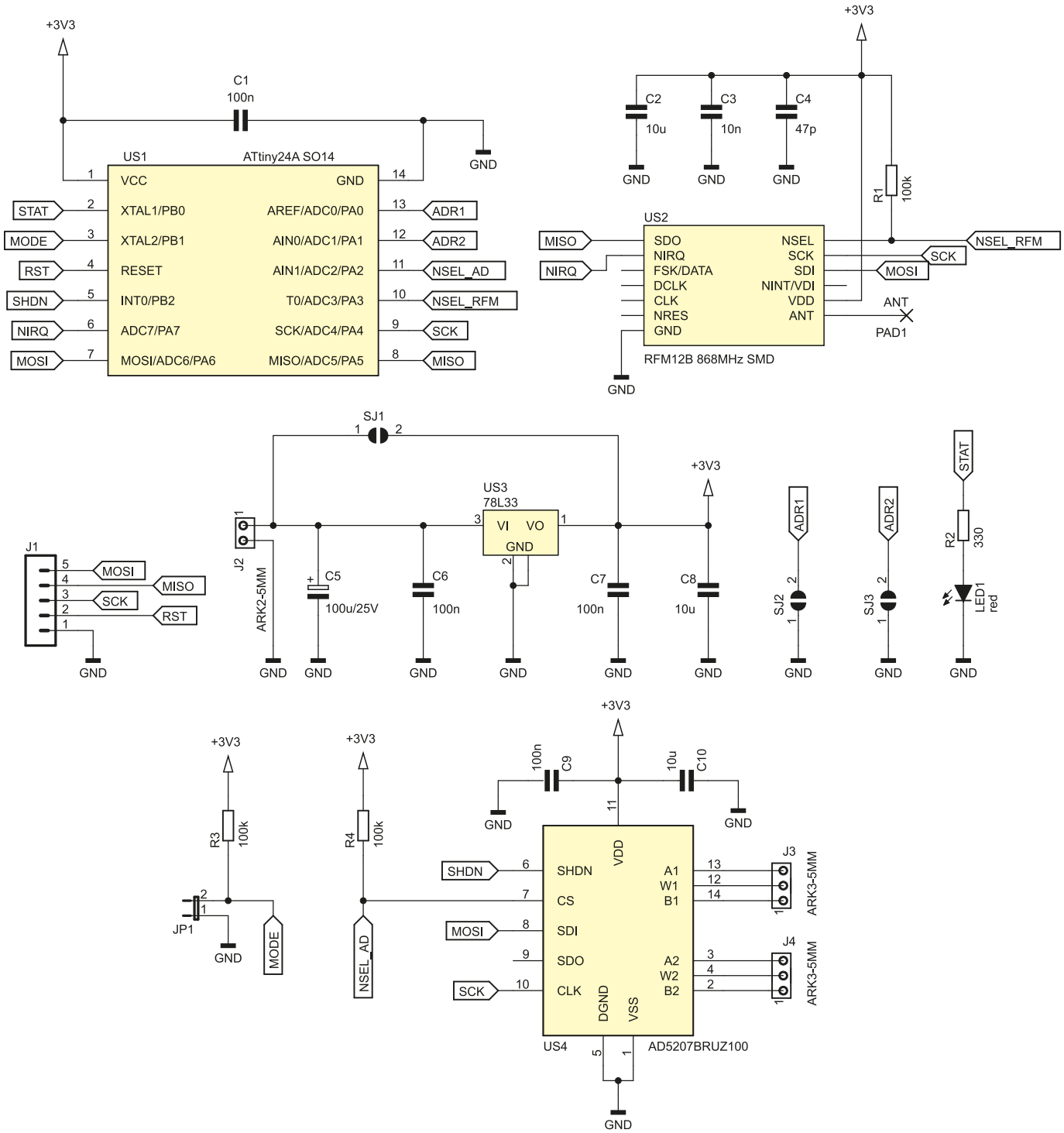
Odbiornik
Rezystory:
R1, R3, R4: 100 kΩ SMD0805
R2: 330 Ω SMD0805

Kondensatory:
C1, C6, C7, C9: 100 nF SMD0805
C2, C8, C10: 10 µF 16 V SMD0805
C3: 10 nF SMD0805
C4: 47 pF SMD0805
C5: 100 µF 25 V raster 2,5 mm

Półprzewodniki:
LED1: czerwona SMD0805
US1: ATtiny24A (SO14)
US2: RFM12B 868MHz SMD
US3: 78L33 (SOT89)
US4: AD5207BRUZ100 (TSSOP14) (opis w tekście)

Pozostałe:
J1: goldpin 5 pin męski 2,54 mm THT
J2: ARK2/500
J3, J4: ARK3/500
Antena (opis w tekście)

eprasa.pl a53a1e2c07



Rysunek 3. Schemat ideowy odbiornika

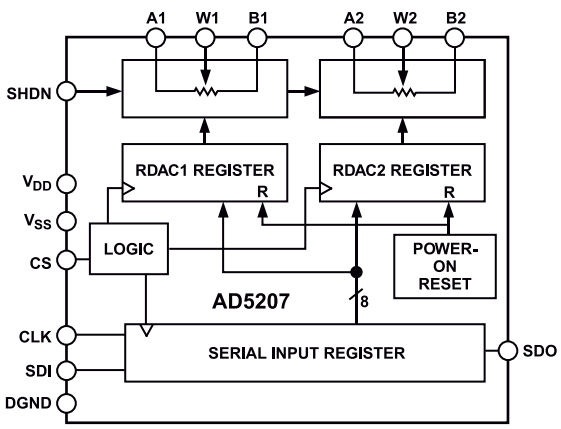
a pomiędzy nimi lub przy braku poprawnego odbioru – utrzymuje ostatnio zaktualizowany stan. Zworką JP1 na płytce odbiornika można wybrać sposób reakcji układu na obrócenie osi potencjometru na minimum:

- JP1 nałożona: zacisk A jest odłączany, między zaciskami W i B jest najniższa możliwa rezystancja;
- JP1 zdjęta: zacisk A jest stale podłączony, między zaciskami W i B jest najniższa możliwa rezystancja.

Pierwszy wariant pozwala na zrealizowanie opcji pełnego wyciszenia źródła sygnału, ponieważ potencjometry cyfrowe posiadają relatywnie wysoką rezystancję przy maksymalnym tłumieniu – w przypadku AD5207 jest to około 45 Ω. Odłączenie źródła sygnału pozwoli całkowicie stłumić sygnał przechodzący przez potencjometr.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwóch dwustronnych płytkach drukowanych o wymiarach 70×20 mm (nadajnik) i 75×30 mm (odbiornik). Ich schematy zostały pokazane na **rysunkach 5** i **6.** W odległości



Rysunek 4. Schemat blokowy układu AD5207

eprasa.pl a53a1e2c07

3 mm od krawędzi płytek znalazły się otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm.

Montaż obu płytek proponuje rozpocząć od elementów lutowanych powierzchniowo, a dopiero na końcu przejść do złącz i kondensatorów elektrolitycznych. Zmontowane płytki zostały pokazane na **fotografii 1**. W ramach czynności uruchomieniowych należy ustawić bity zabezpieczające mikrokontrolera ATtiny24A, takie same wartości dla obu płytek:

Low Fuse = 0xE2

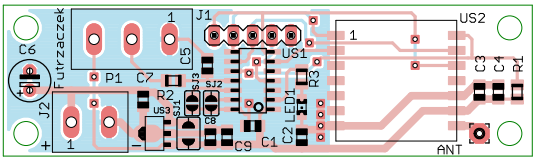
High Fuse = 0xDE

Spowoduje to wyłączenie wbudowanego dzielnika częstotliwości sygnału zegarowego przez 8 oraz uruchomienie obwodu Brown-Out Detector, który będzie monitorował napięcie zasilające mikrokontroler i wyłączy go, jeżeli napięcie zasilania spadnie poniżej 1,8 V. Szczegóły znajdują się na **rysunku 7**. Trzeba również zaprogramować pamięć Flash dostarczonymi wsadami w postaci plików heksadecymalnych. Można to zrobić przy użyciu 5-pinowych złącz goldpin na płytkach, na które są wyprowadzone sygnały AVR ISP.

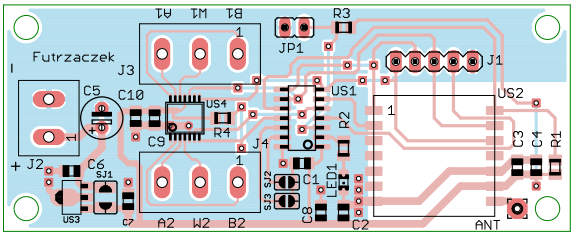
Zasilanie układu powinno odbywać się napięciem stałym. Są tutaj możliwe dwa warianty. Pierwszy zakłada użycie napięcia niestabilizowanego 7…20 V (dolna granica wynika z dropoutu stabilizatora US1, górna z wydzielanej na nim mocy), które podłącza się do zacisków złącza J1. Druga opcja polega na wylutowaniu stabilizatora US1, zwarciu pól lutowniczych SJ1 przy użyciu dużej kropli spoiwa lutowniczego i zasilenie płytki napięciem stabilizowanym 3,3 V. Pobór prądu przez nadajnik wynosi około 30 mA, a przez odbiornik około 10 mA.

Moduły do pracy wymagają anten radiowych. Można użyć specjalistycznych rozwiązań przeznaczonych do pracy w paśmie 868 MHz, a może to być odcinek izolowanego przewodu. Jego długość powinna być dobrana do pożądanej długości fali, na przykład dla dopasowania na połowę długości fali powinien mieć około 17 cm.

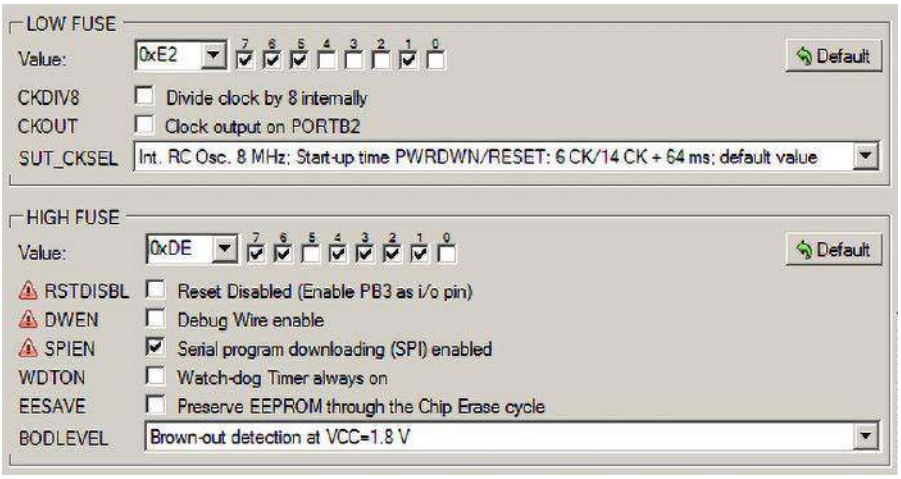
Potencjometr P1 nie musi być jednoobrotowy, można z równie dobrym skutkiem użyć suwakowego albo wieloobrotowego. Pola lutownicze pod potencjometr (na płytce nadajnika) zostały tak dobrane, że pasują pod listwę zaciskową ARK3/500, do której można potem wygodnie przykręcić przewody łączące płytkę z potencjometrem, jeżeli ma się on znajdować poza jej obrysem.



Rysunek 5. Schemat płytki PCB nadajnika



Rysunek 6. Schemat płytki PCB odbiornika



Rysunek 7. Widok okna konfiguracji bitów zabezpieczających programu BitBurner

Prawidłowo zmontowane i zaprogramowane układy są od razu gotowe do działania. Jeżeli na danym obszarze miałyby pracować dwa, trzy lub cztery takie komplety, można nadać im adresy poprzez zwarcie kroplą spoiwa lutowniczego pól lutowniczych SJ2 i/lub SJ3. Ważne, aby nadajnik i współpracujący z nim odbiornik miały te same adresy. Możliwości są cztery: obie zworki rozwarte, zwarta jedna z nich lub zwarte obie.

Podłączony do zasilania nadajnik zaczyna cyklicznie wysyłać do odbiornika informację o położeniu ślizgacza potencjometru. Sygnalizuje swoją pracę szybkimi mignięciami diody LED. Poprawny odbiór pakietu danych jest sygnalizowany przez odbiornik dłuższym mignięciem diody (250 ms), a brak komunikacji lub odbiór nieprawidłowy krótszym (20 ms). W ten sposób można zdiagnozować miejsce potencjalnego wystąpienia trudności w komunikacji między modułami.

Układ umożliwia liniową regulację tłumienia przez potencjometr cyfrowy, lecz w niektórych zastosowaniach wymagana jest inna charakterystyka, chociażby logarytmiczna. Można z dobrym przybliżeniem zrealizować taką charakterystykę poprzez włączenie między zaciski W i B w potencjometrze cyfrowym rezystora stałego. Jego wartość można ustalić doświadczalnie, ale moje testy wykazały, że jego rezystancja powinna wynosić 20…25% całkowitej rezystancji ścieżki potencjometru liniowego. Oznacza to, że układ AD5207BRUZ100 (100 kΩ) wymagałby rezystora o wartości z przedziału 20…25 kΩ.

Michał Kurzela, EP



Fotografia 1. Widok zmontowanego układu

eprasa.pl a53a1e2c07

Podstawowe parametry:

- maksymalna liczba użytkowników: 40 (+ administrator),
- maksymalna liczba zdarzeń: 1000,
- czas automatycznego wylogowania Administratora: 60 s,
- czas automatycznego wygaszenia podświetlenia: 40 s bezczynności użytkownika,
- czas automatycznego wyjścia do menu głównego: 30 s bezczynności użytkownika,
- maksymalny prąd styków przekaźnika wykonawczego: 1 A/220 VAC (szczegóły w dokumentacji elementu),
- napięcie zasilania: 9 VDC,
- maksymalny pobór prądu (przekaźnik wyłączony/załączony): 90/110 mA.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

----	NFC Lock (EP 4/2022)
AVT5186	Bezstykowy zamek RFID (EP 5/2009)
AVT969	Bezstykowy zamek RFID (EP 2/2007)
AVT3129	Zamek elektroniczny/immobilizer (EdW 7/2015)
AVT886	System bezstykowej kontroli dostępu (EP 10/2000)

W ofercie AVT*

AVT5934

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.

SAS2

Simple Access System 2 (2)

Zaprezentowany projekt to rozbudowany system kontroli dostępu z pełną rejestracją zdarzeń i użytkowników współpracujący ze znacznikami RFID oraz NFC. W pierwszej części artykułu (EP5/22) zostały opisane zagadnienia związane z budową i działaniem kart Mifare oraz została opisana konstrukcja elektryczna projektu. Były to informacje niezbędne do zrozumienia działania opisanego urządzenia oraz niezwykle przydatne w przypadku własnej implementacji podobnego rozwiązania. W drugiej i ostatniej części zawarty jest dokładny opis funkcjonalności oraz obsługi systemu SAS2.



Funkcjonowanie systemu

Przejdźmy zatem do ciekawych zagadnień dotyczących funkcjonowania systemu, zwłaszcza w zakresie autoryzacji kart i użytkowników. Po pierwsze w zakresie interfejsu użytkownika zdefiniowano szereg zasad:

- zmiana ustawień zegara czasu rzeczywistego RTC, edycja nazwy oraz usuwanie zdefiniowanego wcześniej użytkownika możliwe jest wyłącznie po zalogowaniu karty Administratora;
- usuwanie zdefiniowanych wcześniej użytkowników możliwe jest wyłącznie wtedy, gdy na liście zdarzeń nie zanotowano żadnego zdarzenia z identyfikatorem usuwanego użytkownika;
- nie jest możliwe usuwanie zdarzeń z listy zdarzeń, zaś sama lista ma charakter kołowy, tzn. gdy wyczerpana zostanie maksymalna liczba zarejestrowanych zdarzeń (1000), nowo rejestrowane zdarzenia zastępują zdarzenia najstarsze;
- rejestrowane są również zdarzenia zalogowania/wylogowania Administratora jak i zdarzenia prób logowania niezarejestrowanych użytkowników (używających niezarejestrowanych kart);
- wbudowano mechanizm samowylogowywania się Administratora po czasie 60 sekund, co zapobiega nieautoryzowanym zmianom, w przypadku niewylogowania się Administratora;
- wbudowano mechanizm automatycznego powrotu do ekranu głównego urządzenia po czasie 30 sekund bezczynności ze strony użytkownika;
- dodawanie nowego użytkownika poprzedzone jest każdorazowym sprawdzeniem obecności numeru seryjnego nowej karty na liście użytkowników;
- w procesie dodawania nowego użytkownika przyznawany jest automatycznie najniższy, wolny identyfikator ID z listy użytkowników zachowanej w pamięci EEPROM mikrokontrolera;
- obsługa logowania kart dostępna jest jedynie z Menu głównego urządzenia. Każda inna pozycja Menu automatycznie uniemożliwia sprawdzanie zbliżanych kart RFID;
- wbudowano mechanizm wygaszania podświetlenia wyświetlacza graficznego po czasie 30 sekund bezczynności klawiatury w celu ograniczenia poboru mocy.

W związku z powyższym aplikacja programu obsługi wyświetla dodatkowe komunikaty dotyczące następujących zdarzeń:

- braku uprawnień do zmiany nastaw przeznaczonych wyłącznie dla Administratora;
- istnieniu użytkownika na liście użytkowników o numerze karty, która ma zostać dodana jako nowa;
- osiągnięciu maksymalnej, dopuszczalnej liczby (40) użytkowników na liście zdefiniowanych użytkowników;

eprasa.pl a53a1e2c07

- braku możliwości usunięcia użytkownika z listy użytkowników w przypadku istnienia identyfikatora tegoż użytkownika na liście zdarzeń;
- zalogowaniu i wylogowaniu (w tym automatycznym wylogowaniu) klucza administratora;
- wyczyszczeniu listy zdarzeń lub zapamiętaniu klucza administratora (wyłącznie podczas włączania urządzenia);
- braku zdarzeń na liście zdarzeń;
- braku użytkowników na liście użytkowników.

Listing 9. Fragment kodu aplikacji, który odpowiedzialny za proces dodawania użytkownika

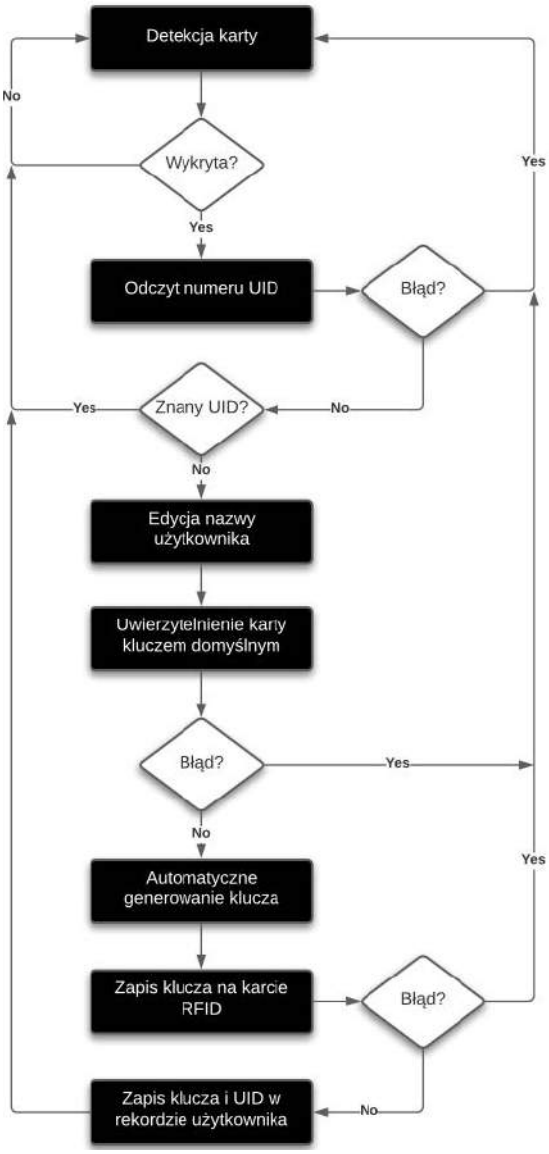
```
//Czekamy na przyłożenie karty
while(cardReadUID(UID) != NO_ERROR){

}
//Uwierzytelniamy kartę kluczem defaultowym i odczytanym wcześniej numerem UID
//Na tym etapie znamy już User.userID, User.userName i User.UID
if(cardAuthenticate(User.UID, defaultKey) == NO_ERROR){
    //Generujemy klucz
    cardGenerateKey(User.Key);
    //Zapisujemy nowy klucz na karcie
    if(cardWriteKey(User.Key) == NO_ERROR){
        //Zapisujemy nowego użytkownika (wraz z danymi klucza)
        eeprom_write_block(&User, &UserEE[User.userID], sizeof(User));
        usersNumber++;  //Zwiększenie liczby użytkowników
    }
}
```

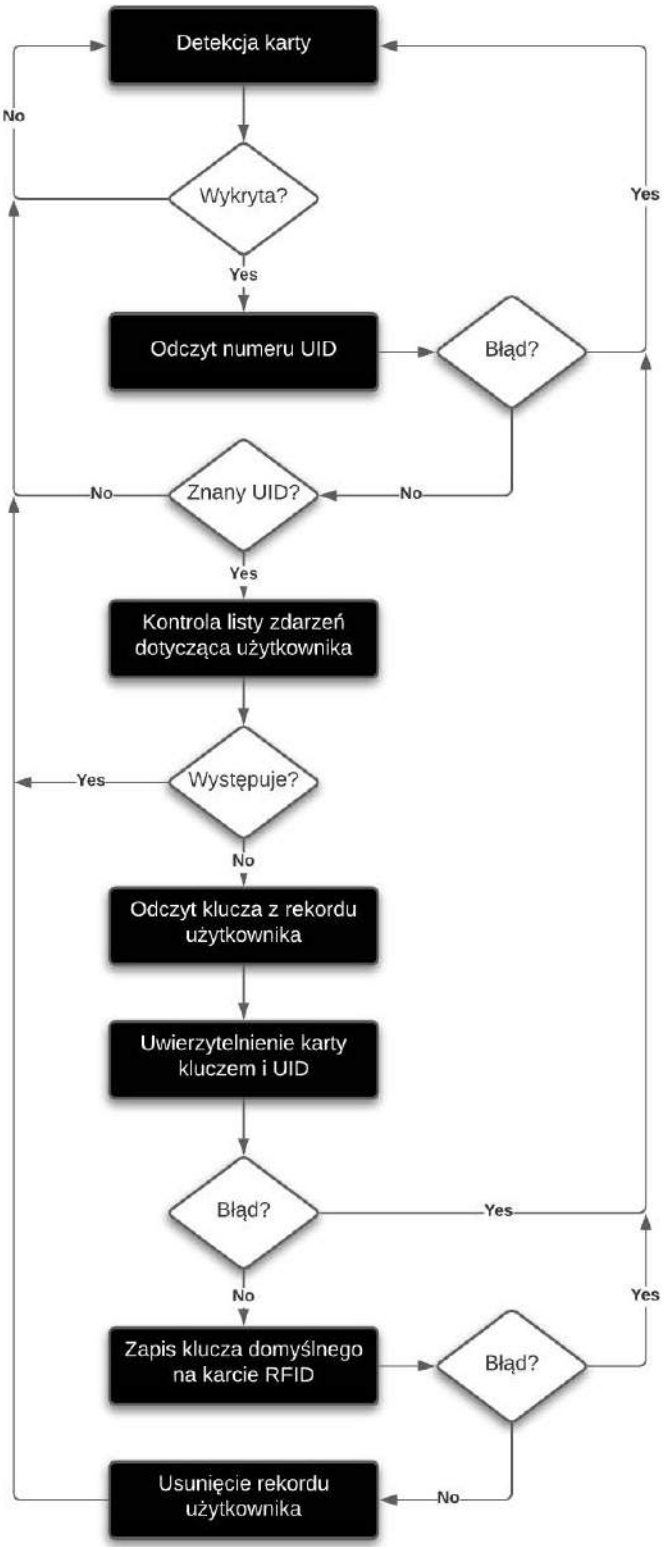
W tym miejscu przejdźmy zatem do szczegółów. Program obsługi aplikacji urządzenia SAS2 realizuje kilka głównych procesów, jeśli chodzi o obsługę kart RFID użytkowników. Są to następujące procesy:

- dodawanie nowej karty, czyli poniekąd dodawanie nowego użytkownika,
- usuwanie karty użytkownika,
- dodawanie karty Administratora,
- usuwanie karty Administratora,
- obsługa kart w procesie logowania.

Jako, że obsługa karty Administratora przebiega w bardzo zbliżony sposób, jak obsługa kart zwykłego użytkownika (poza brakiem konieczności nadawania nazwy użytkownika), tyle tylko że możliwa



Rysunek 4. Graf funkcjonalny procesu dodawania karty użytkownika



Rysunek 5. Graf funkcjonalny procesu usuwania karty użytkownika

eprasa.pl a53a1e2c07

Listing 10. Fragment kodu aplikacji, który odpowiedzialny jest za proces usuwania użytkownika

```
//Sprawdzamy czy użytkownik, którego chcemy właśnie usunąć nie znajduje się na liście Event,
//bo jeśli się znajduje (czyli się logował) to nie możemy go usunąć – takie przyjęliśmy założenia
commonPos = 0;  //Wskaźnik, że można usunąć użytkownika – zmienna tymczasowa

//Wczytujemy dane tego Usera kierując się numerem relatywnym i jednocześnie zapamiętujemy numer bezwzględny
//w tablicy Userów, którego dotyczy ten numer relatywny, by go później wykasować w odpowiednim miejscu
absoluteUserNumber = readRelativeUserNr(userListStartPos+userHighlightPos);

for(uint16_t idx=0; idx<eventsNumber; ++idx){
    FRAMreadBlock(idx, &Event);
    if(Event.userID == User.userID) {commonPos = 1; break;}  //Znaleziono go na liście
}

if(!commonPos){
    //Czekamy na przyłożenie karty lub przycisk DOWN, który usuwa użytkownika bez obecności karty
    while(cardReadUID(UID) != NO_ERROR){
        if(KeyPressed(&DOWN_PIN, DOWN_KEY, &keyDown, 1) == LONG) goto DELETE_USER;
    }
    //Sprawdzamy czy wczytana karta należy do użytkownika, którego chcemy usunąć
    if(memcmp(UID, User.UID, 8) == 0){
        //Uwierzytelniamy kartę kluczem i numerem UID
        if(cardAuthenticate(User.UID, User.Key) == NO_ERROR){
            //Zapisujemy na karcie defaultowy klucz uwalniając ją z obsługiwanych kart
            if(cardWriteKey(defaultKey) == NO_ERROR){
                DELETE_USER:
                //Użytkownika kasujemy pod jego bezwzględnym adresem w tabeli
                //User – zapamiętany powyżej
                User.userID = EMPTY_USER;
                eeprom_write_block(&User, &UserEE[absoluteUserNumber], sizeof(User));
                usersNumber--;  //Zmniejszamy liczbę użytkowników
            }
        }
    }
}
```

jest wyłącznie podczas włączania urządzenia (i przyciśnięcia przycisku „ADMIN"), nie będę jej opisywał oddzielnie, zaś skupię się na pozostałych procesach wskazując dla jasności odpowiednie grafy funkcjonalne.

Zacznijmy od procesu obejmującego dodawanie karty użytkownika, którego to graf pokazano na **rysunku 4**. Jak widać, możliwe jest wyłącznie dodanie nowej, jeszcze nieobsługiwanej karty RFID. Cały proces rozpoczyna się od przyłożenia karty RFID/urządzenia NFC do czytnika. Następnie urządzenie przechodzi do nadania nazwy użytkownika (za pomocą interfejsu GUI), po czym karta autoryzowana jest kluczem domyślnym. Następnie generowany jest przez system SAS2 unikalny klucz dostępowy karty RFID (klucz A), który zapisywany jest zarówno w pamięci EEPROM mikrokontrolera jak i pamięci EEPROM karty RFID. Dalej proces podlega finalizacji poprzez dodanie rekordu nowego użytkownika do listy obsługiwanych użytkowników. Warto podkreślić, i co nasuwa się z lektury grafu funkcjonalnego, iż obecność karty w przypadku tego procesu niezbędna jest dwukrotnie, a mianowicie podczas pierwszego odczytu numeru seryjnego karty (UID) oraz drugi raz po przeprowadzeniu edycji nazwy użytkownika i zapisu kluczy dostępu. Fragment kodu aplikacji, który odpowiedzialny za proces dodawania użytkownika pokazano na **listingu 9**.

Kolejny proces to proces usuwania użytkownika z listy użytkowników, którego graf pokazano na **rysunku 5**. Jak widać możliwe jest usunięcie wyłącznie tych kart użytkowników, dla których nie zarejestrowano zdarzeń w dzienniku zdarzeń, zaś do przeprowadzenia samego procesu, co oczywiste, niezbędna jest obecność karty, którą chcemy usunąć. Karta taka w pierwszej kolejności autoryzowana jest kluczem odczytanym z rekordu użytkownika o podanym numerze seryjnym (UID), następnie klucz dostępowy na karcie aktualizowany jest wartością domyślną (jak dla fabrycznie nowej karty) a rekord użytkownika usunięty z listy obsługiwanych użytkowników. Nasuwa się pytanie, czy nie wystarczyłoby usunięcie samego rekordu użytkownika bez operacji na karcie RFID? Dla samego systemu SAS2 taka operacja byłaby z pewnością wystarczająca, jednak w takim wypadku na karcie RFID pozostałby unikalny klucz, który zostałby usunięty z pamięci EEPROM mikrokontrolera. Jak mielibyśmy ponownie autoryzować (dodać) taką kartę bez znajomości klucza, którego z niej samej nie można odczytać? Stałaby się ona bezużyteczna dla naszego systemu kontroli dostępu (co nie znaczy, że dla innych urządzeń też), dlatego trzeba ją odpowiednio przygotować.

Uważny Czytelnik zada sobie z pewnością pytanie, co w przypadku zagubienia karty RFID znanego użytkownika? Czy już nigdy nie będziemy mogli usunąć go z listy użytkowników, skoro nie mamy karty? Przewidziałem taką możliwość i Menu systemu SAS2 udostępnia opcję usunięcia użytkownika (i danych jego karty) bez posiadania karty RFID, pod warunkiem, jak zawsze, iż usuwany użytkownik nie widnieje na liście zdarzeń systemu. Aby tego dokonać należy podczas oczekiwania na zbliżenie karty RFID nacisnąć i przytrzymać przycisk DOWN. Fragment kodu aplikacji, który odpowiedzialny jest za proces usuwania użytkownika pokazano na **listingu 10**.

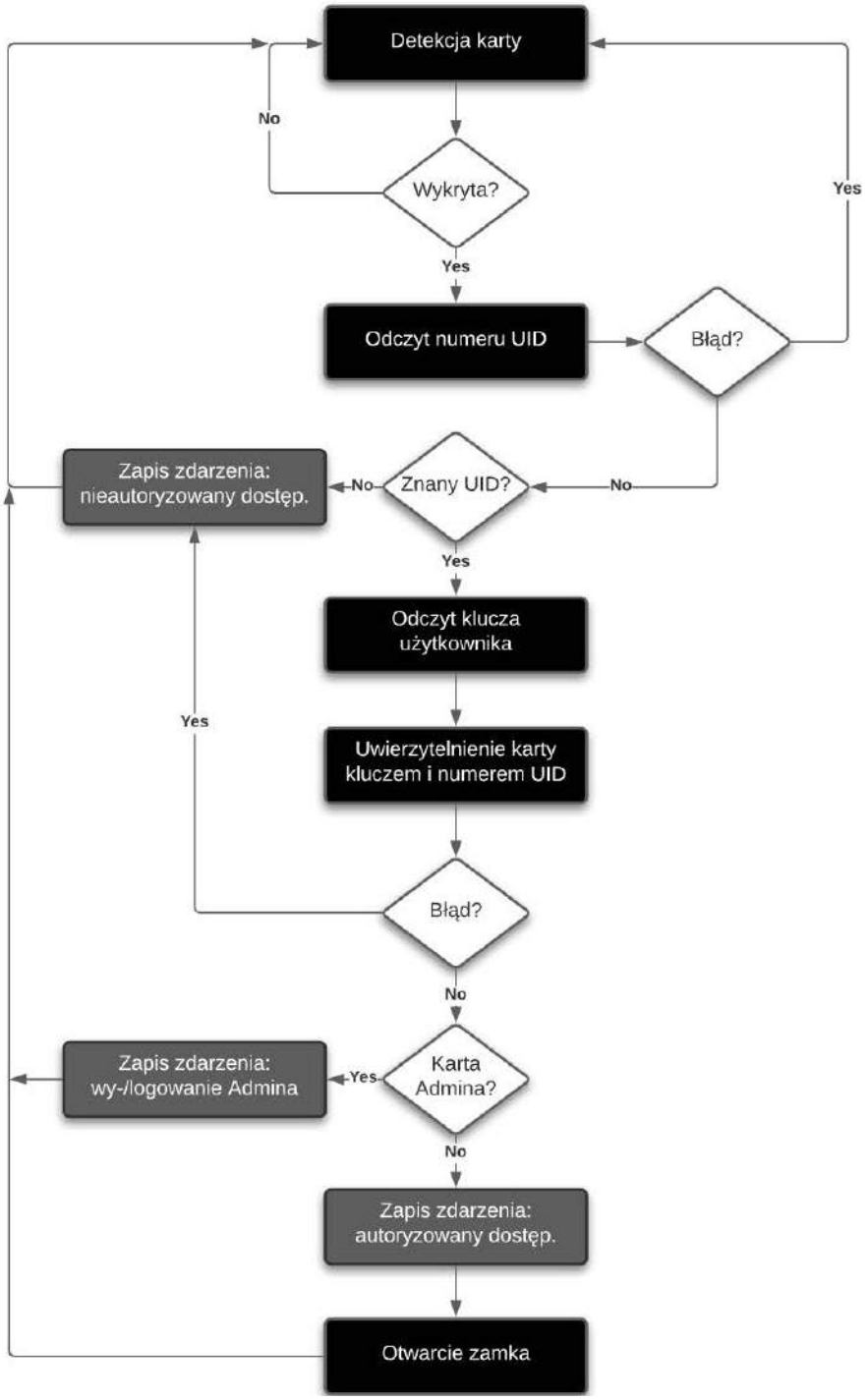
Funkcja powyższa korzysta z dość ciekawej funkcji narzędziowej o nazwie *readRelativeUserNr()*, której zadaniem jest odczyt danych użytkownika o relatywnym numerze w tablicy użytkowników czyli funkcja ta pomija wszystkich nieaktywnych użytkowników pomiędzy istniejącymi i zwraca bezwzględny numer elementu tablicy, w którym znajduje się względny numer użytkownika. Ciało wspomnianej funkcji pokazano na **listingu 11**.

Ostatni proces, o którym należy wspomnieć to proces „normalnej" obsługi karty realizowany na ekranie głównym urządzenia, który ma na celu rejestrację zdarzeń z użyciem kart RFID oraz otwieranie rygla zamka podłączonego do złącza LOCK urządzenia. Graf tego procesu pokazano na **rysunku 6**. Proces obsługi karty użytkownika rozpoczyna się z chwilą zbliżenia karty do czytnika i powoduje odczytanie jej numeru seryjnego UID. Jeśli numer UID jest dla naszego systemu nieznany to na liście zdarzeń urządzenia SAS2 zapisywane jest zdarzenie (ze znacznikiem czasowym) nieautoryzowanego dostępu do systemu. W innym przypadku proces przechodzi do autoryzacji bieżącej karty kluczem dostępu odczytanym z rekordu użytkownika (ze znanym numerem UID). Nieudanej autoryzacji

Listing 11. Kod funkcji readRelativeUserNr()

```
uint8_t readRelativeUserNr(uint8_t relativeUserNr){
    uint8_t idx, userCounter = 0;
    for(idx=0; idx<MAX_USERS; ++idx){
        eeprom_read_block(&User, &UserEE[idx], sizeof(User));
        if(User.userID != EMPTY_USER){
            userCounter++;
            if((userCounter-1) == relativeUserNr) break; else User.userID = EMPTY_USER;
        }
    }
    return idx;
}
```


eprasa.pl a53a1e2c07



Rysunek 6. Graf funkcjonalny procesu obsługi kart użytkowników

towarzyszy, jak poprzednio, dodanie zdarzenia nieautoryzowanego dostępu do systemu, w przeciwnym razie proces przechodzi do następnego kroku, w którym sprawdzane jest czy autoryzowana karta nie jest przypadkiem kartą Administratora systemu. Jeśli jest kartą Administratora to stosowne zdarzenie (wylogowania/zalogowania Administratora) zapisywane jest w dzienniku zdarzeń, zaś system przechodzi w tryb uprawnień Administratora (możliwe jest wykonanie dodatkowych operacji dostępnych wyłącznie dla Administratora). Jeśli autoryzowany użytkownik jest z kolei „zwykłym" użytkownikiem to fakt jego logowania zapisywany jest, jak poprzednio, w dzienniku zdarzeń po czym rygiel zamka podłączonego do złącza LOCK uruchamiany jest na czas 1,5 sekundy.

Kilka słów uwagi na temat dodawania/usuwania karty Administratora. Tak, jak wspomniano na wstępie, proces dodawania czy usuwania karty Administratora możemy zainicjować wyłącznie podczas włączania urządzenia przy naciśniętym przycisku ADMIN. Jeśli w urządzeniu nie zapisano jeszcze karty Administratora i zbliżona karta będzie nową kartą dla systemu SAS2 to zostanie ona zapamiętana, jako karta Administratora. Aby ją usunąć należy ponownie zbliżyć ją do czytnika podczas włączania urządzenia z wciśniętym, jak poprzednio, przyciskiem ADMIN, co spowoduje odpowiednie jest „sformatowanie" i możliwość ponownego użycia w systemie SAS2 (jako karty Administratora lub użytkownika). Fragment kodu aplikacji, który odpowiedzialny jest za proces obsługi karty pokazano na **listingu 12**.

Kilka słów uwagi należy się potencjalnej możliwości obsługi urządzeń NFC w rodzaju telefonu komórkowego. Jak wiadomo niektóre z tych urządzeń wyposażono w interfejs NFC umożliwiający wymianę danych lub obsługę płatności zbliżeniowych. Czy nasz system będzie w stanie odczytać numer seryjny takiego urządzenia? Oczywiście, że tak, bo musi ono spełniać standardy protokołu NFC. Problem jednak w tym, że systemy operacyjne telefonów komórkowych generują losowe numery seryjne (tzw. RID – *Random ID*), w związku z czym ich zapamiętywanie nie ma większego sensu, gdyż podczas kolejnego połączenia z takim urządzeniem wygeneruje ono zupełnie inny numer seryjny. Zachowanie to można zmienić, ale przynajmniej w Androidzie nie jest to takie proste i wymaga modyfikacji firmware lub użycia specjalnych aplikacji. Ponoć zdarzają się telefony z statycznym numerem UID (takie informacje odnalazłem na specjalistycznych forach), lecz ja na takie nie natrafiłem, więc należy założyć, iż standardowo generują one losowe numery RID.

Obsługa urządzenia

Tyle o procesach, przejdźmy zatem do Menu samego urządzenia i sposobu jego obsługi. Projektując Menu systemu SAS2 oraz sposób obsługi tego urządzenia przyjąłem, że ergonomia i prostota jego użytkowania jak i czytelność interfejsu użytkownika powinna być najważniejszym kryterium przy konstruowaniu stosownych procedur sterujących. Zgodnie z tymi podstawowymi założeniami, na płytce sterownika przewidziano aż 7 przycisków sterujących dających bezpośredni dostęp do podstawowej funkcjonalności. Jako że Menu obsługi urządzenia udostępnia wiele funkcji, stosowne przyciski mają różnoraką funkcjonalność zależną od miejsca w układzie Menu, przy czym ich podstawowe znaczenie przedstawia się następująco:

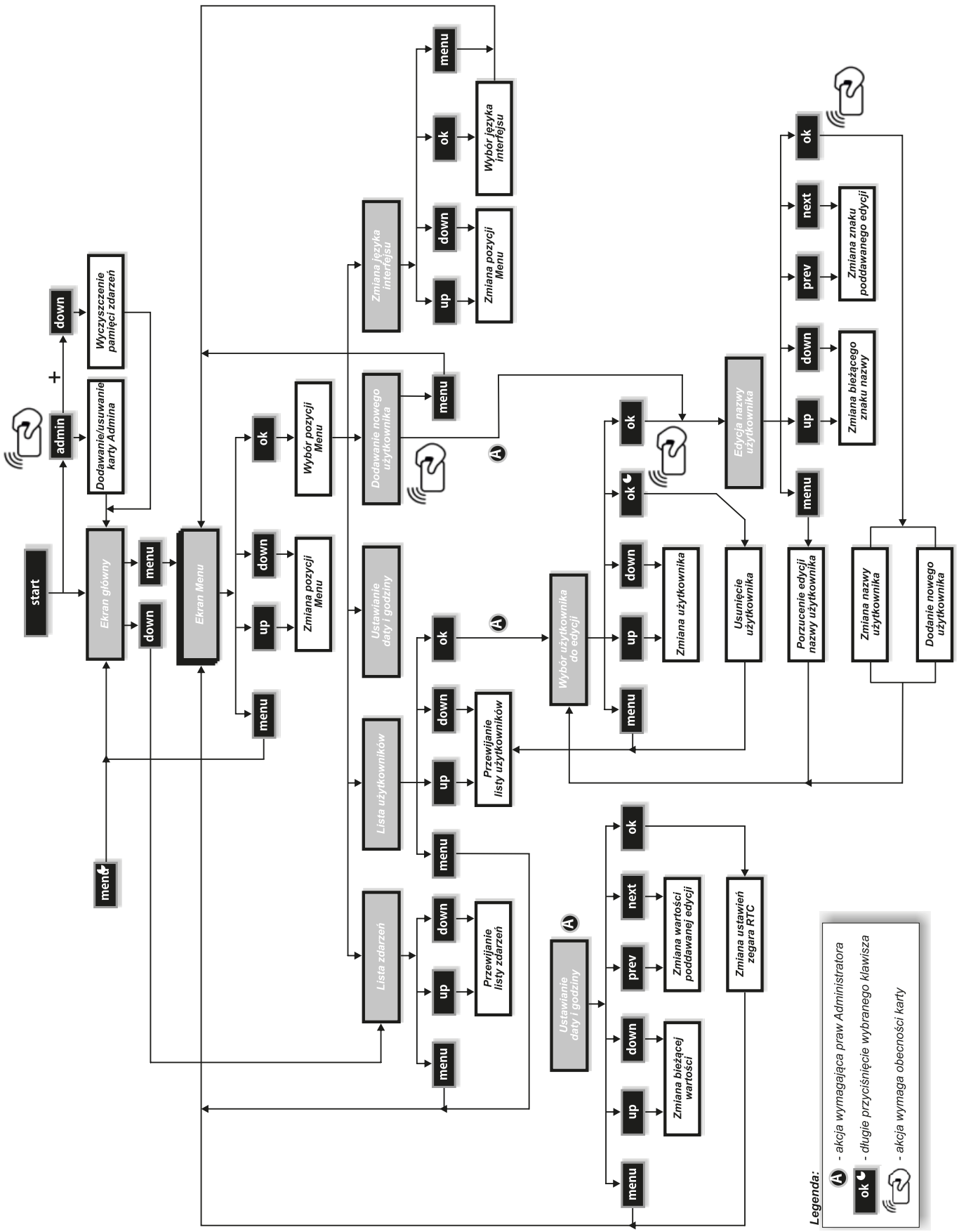
- przyciski oznaczone jako **NEXT**, **PREV** służą do zmiany pozycji edytowanego elementu;
- przyciski oznaczone jako **UP**, **DOWN** służą do zmiany wartości edytowanego elementu oraz poruszania się po kolejnych opcjach Menu urządzenia;
- przycisk oznaczony jako **OK** służy do zatwierdzania wyboru zarówno w zakresie opcji Menu jak i zmiany parametrów poddawanych edycji;
- przycisk oznaczony jako **MENU** służy do wejścia w system Menu jak i wyjścia do Menu nadrzędnego bez zmiany parametrów edytowanego elementu (w przypadku Menu umożliwiającego edycję).

eprasa.pl a53a1e2c07

Dodatkowo, długie przytrzymanie tego przycisku powoduje każdorazowo wyjście do ekranu głównego aplikacji;

- przycisk oznaczony jako **ADMIN** służy do realizacji funkcji administracyjnych: kasowania całej pamięci zdarzeń i wejścia w tryb zapamiętywania/usuwania klucza Administratora.

Wszystkie wymienione operacje możliwe są do wykonania wyłącznie podczas włączania urządzenia, zaś sam przycisk **ADMIN** z założenia nie powinien być dostępny na panelu obsługi urządzenia (stąd też zastosowano dla niego przełącznik microswitch z bardzo krótką ośką). Jako



Rysunek 7. Diagram prezentujący kompletny algorytm obsługi systemu Menu urządzenia SAS2

eprasa.pl a53a1e2c07

że lista dostępnych opcji systemu Menu urządzenia SAS2 jest dość obszerna, na **rysunku 7** pokazano diagram prezentujący kompletny algorytm obsługi, zaś na **rysunku 8** pokazano wygląd ekranu interfejsu użytkownika dla głównych trybów pracy systemu Menu. Warto zauważyć, iż w przypadku edycji nazwy użytkownika w ramach procesu dodawania nowego użytkownika długie przyciśnięcie przycisków UP/DOWN powoduje szybkie zmiany edytowanych liter, co ma ułatwić stosowną edycję.

Montaż i uruchomienie

Schemat płytki PCB systemu SAS2 pokazano na **rysunku 9**. Jak widać, zaprojektowano bardzo zwartą konstrukcję obwodu drukowanego z zastosowaniem elementów THT, po to, by całe urządzenie wymiarami nie przekraczało niezbędnego, minimalnego obszaru dla wykonania interfejsu użytkownika. W tym celu w wybranych miejscach zastosowano montaż „piętrowy", w związku z czym kolejność implementacji ma tutaj szczególne znaczenie.

Warto również podkreślić, iż dla zminimalizowania zakłóceń, na płytce urządzenia poprowadzono obszerne pola masy po obu stronach obwodu drukowanego oraz zastosowano szereg przelotek pomiędzy nimi w celu zmniejszenia pojemności pasożytniczych. Montaż urządzenia rozpoczynamy od przylutowania wszystkich układów scalonych, następnie lutujemy pozostałe półprzewodniki, dalej elementy bierne a na samym końcu peryferia

Listing 12. Fragment kodu aplikacji, który odpowiedzialny jest za proces obsługi karty

```
//Sprawdzamy obecność karty – tylko na ekranie głównym
if(workMode == MODE_NORMAL && cardReadUID(UID) == NO_ERROR){

    //Sprawdzamy rodzaj przyłożonej karty – w zmiennej globalnej User pojawią się
    //ewentualne dane użytkownika
    switch(findUserUID(UID)){
        case USER_NOT_FOUND:
            foundUserID = UNKNOWN_USER;
        break;

        case USER_FOUND:
            //Uwierzytelniamy kartę odczytanym kluczem i numerem UID
            if(cardAuthenticate(User.UID, User.Key) == NO_ERROR)
                foundUserID = User.userID;
            else foundUserID = UNKNOWN_USER;
        break;

        case USER_IS_ADMIN:
            //Uwierzytelniamy kartę odczytanym kluczem i numerem UID
            if(cardAuthenticate(User.UID, User.Key) == NO_ERROR){
                //Przyłożona karta to numer ADMINa,
                //więc zmieniamy wartość zmiennej logowania
                adminLoggedin ^= 0x01;
                if(adminLoggedin) foundUserID = ADMIN_LOGIN;
                else foundUserID = ADMIN_LOGOUT;
            }
        break;
    }

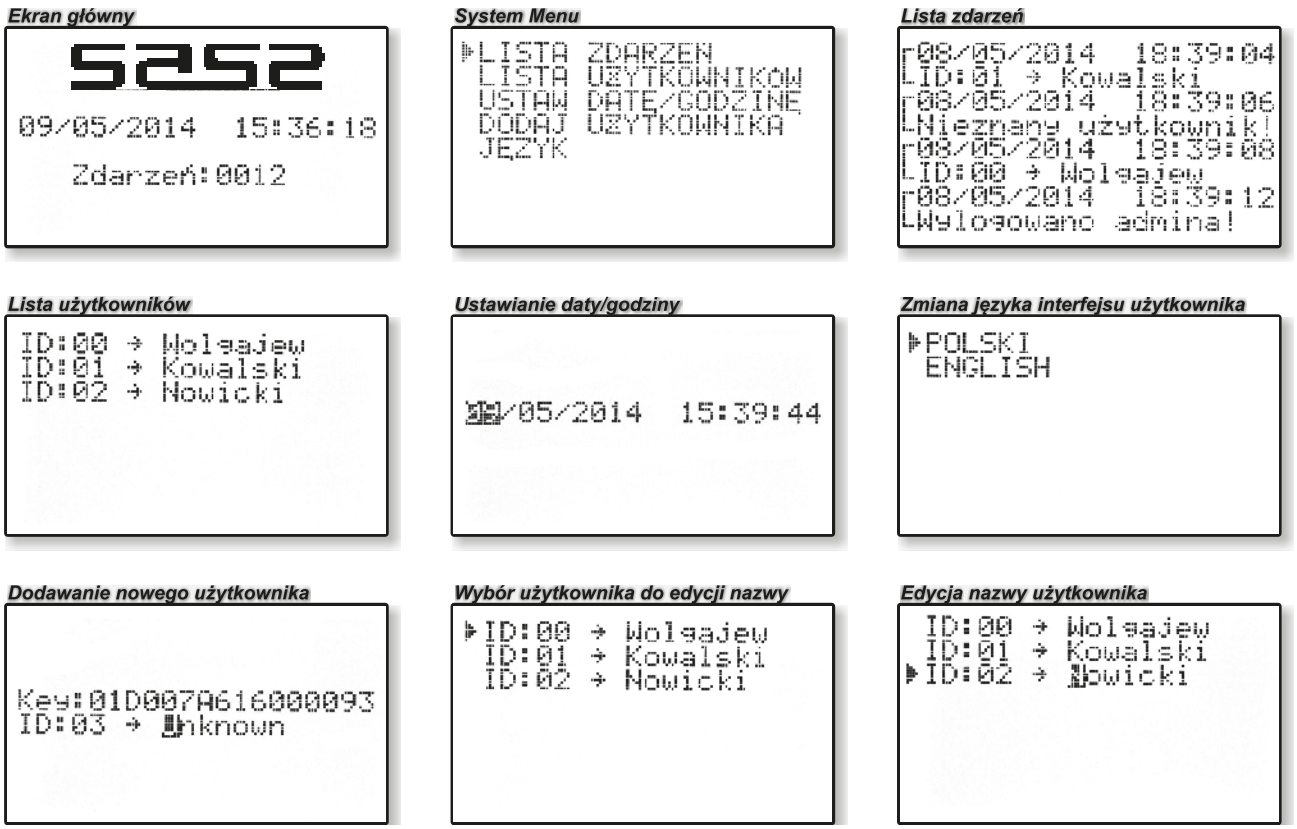
    //Przygotowyjemy dane struktury Event do zapisania zdarzenia w pamięci EEPROM
    Event.userID = foundUserID;  //ID znalezionego Usera, USER_UNKNOWN, ADMIN_LOGIN lub
    //ADMIN_LOGOUT
    RTCreadDateTime(&Event.dateTime);  //Bieżący znacznik czasu
    Event.Status = NEW_EVENT;  //Znacznik nowego zdarzenia, jeszcze nie przeglądanego

    //Zapis struktury pod bieżącym adresem zdarzenia
    EEPROMwriteBlock(newEventPointer, &Event);

    //Ustawienie nowego wskaźnika miejsca do kolejnego zapisu.
    //Zapętlenie rejestru zdarzeń, jeśli osiągnięto koniec rejestru
    if(++newEventPointer == MAX_EVENTS) newEventPointer = 0;
    //Zwiększenie liczby zdarzeń. Jeśli osiągnięto maksymalną liczbę zdarzeń to nie
    //przekraczamy jej,
    //bo lista zacznie się wypełniać od góry
    if(++eventsNumber > MAX_EVENTS) eventsNumber = MAX_EVENTS;

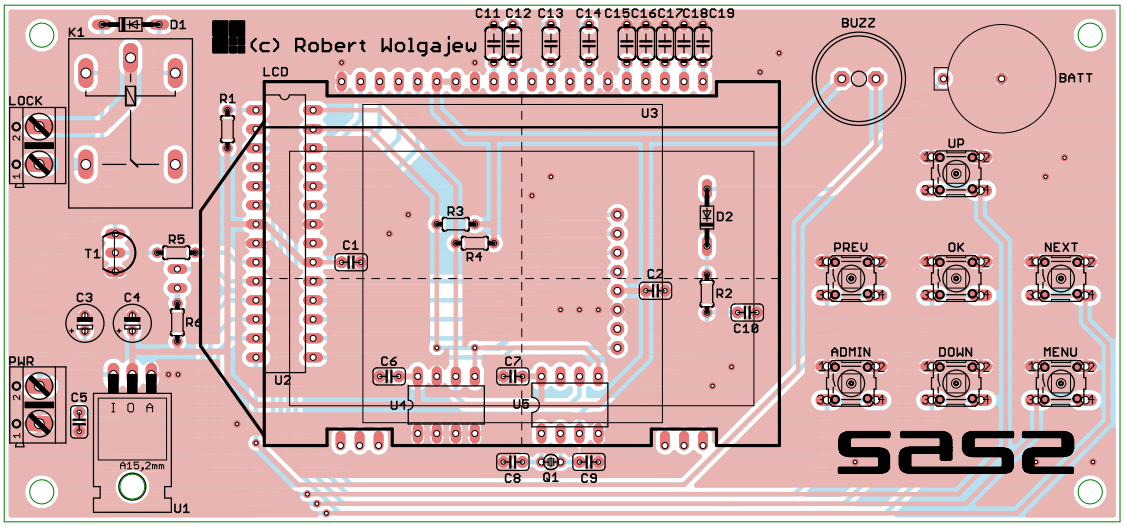
    //Zapisujemy wskaźnik do najbliższego wolnego miejsca i liczbę zdarzeń w EEPROM
    EEPROMwriteWord(EVENT_POINTER_ADDR, newEventPointer);
    EEPROMwriteWord(EVENT_NR_ADDR, eventsNumber);

    //W przypadku znanego użytkownika załączamy przekaźnik
    if(foundUserID != UNKNOWN_USER && foundUserID != ADMIN_LOGIN && foundUserID != ADMIN_
LOGOUT){
        Beep(BUZZER_SHORT); //Piknięcie buzzera
        RELAY_ON;
        _delay_ms(1500);
        RELAY_OFF;
    }
}
```

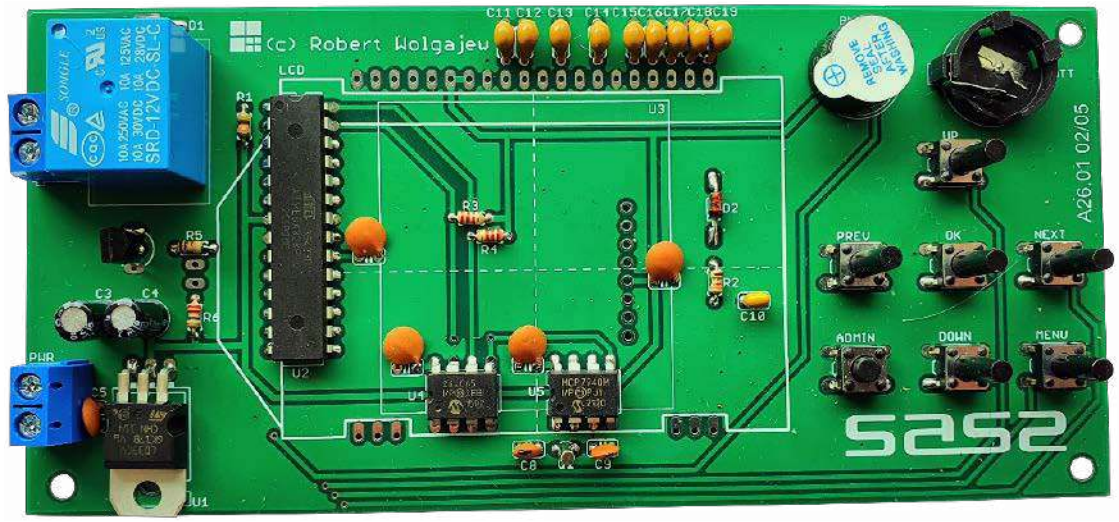


Rysunek 8. Wygląd ekranu interfejsu użytkownika dla głównych trybów pracy systemu Menu urządzenia SAS2

eprasa.pl a53a1e2c07



Rysunek 9. Schemat płytki PCB systemu SAS2



Fotografia 1. Wygląd obwodu drukowanego urządzenia SAS2 tuż przed przylutowaniem modułu RFID i wyświetlacza COG

mechaniczne. Kondensatory ceramiczne znajdujące się docelowo pod płytką modułu RFID (C1, C2, C6 i C7) montujemy poziomo by w ten sposób zmniejszyć wysokość tej „warstwy" elementów. Następnie przylutowujemy moduł czytnika RFID najbliżej jak to się da od obwodu drukowanego urządzenia. W tym momencie ustawiamy w odpowiednich pozycjach przełączniki SMD umieszczone na module RFID, dzięki którym wybieramy aktywny interfejs komunikacyjny (w naszym wypadku SPI). Aby przygotować moduł do pracy z interfejsem SPI przełączamy przełącznik oznaczony jako ON w pozycję On (blisko znacznika „1") zaś przełącznik oznaczony, jako KE w pozycję Off (blisko znacznika „KE").

W ostatnim kroku montujemy wyświetlacz graficzny COG łącznie z podświetleniem kierując się zasadą, iż powinien on znaleźć się jak najbliżej płaszczyzny modułu RFID, jak to tylko możliwe. Montując ten element możemy również posłużyć się gniazdem goldpin (żeńskim) co pozwoli na jego delikatne odsunięcie od płaszczyzny modułu RFID. Sam wyświetlacz przysłoni co prawda moduł RFID, lecz testy praktyczne wykazały, iż nie zawiera on elementów, które w sposób znaczący mogłyby zaburzyć funkcjonowanie anteny umieszczonej na tym peryferium.

Poprawnie zmontowany układ nie wymaga żadnych regulacji (poza koniecznością zamontowania baterii CR1220 podtrzymującej zegar RTC) i powinien działać tuż po włączeniu zasilania. Jedynym zabiegiem, jaki należy wykonać przed użytkowaniem urządzenia jest sformatowanie i wyczyszczenie pamięci zdarzeń EEPROM, do czego przewidziano odpowiednią opcję Menu (dostępną wyłącznie podczas włączania urządzenia).

Na **fotografii 1** pokazano wygląd obwodu drukowanego urządzenia SAS2 tuż przed przylutowaniem modułu RFID i wyświetlacza COG.

Robert Wołgajew
robert.wolgajew@ep.com.pl

REKLAMA

Kursy w Ulubionym Kiosku
IT i Hi-tech • Muzyka i Dźwięk
Pełna oferta na stronie www.ulubionykiosk.pl

eprasa.pl a53a1e2c07

Podstawowe parametry:

- moduł centralny wyposażony w duży 7-calowy kolorowy wyświetlacz,
- pozwala niezależnie sterować mocą oraz czasem świecenia dwóch lamp,
- pozwala sterować prędkością obrotową oraz zmieniać kierunek obrotów frezarki do paznokci,
- zawiera dwa osobne czasomierze, które generują sygnał dźwiękowy po odmierzeniu czasu do zera,
- zasilanie 12 V z zasilacza lub akumulatora.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

-----	CLEDUV – lampa UV do manicure (EP 11/2021)
AVT5838	Latarka UV na USB (EP 1/2021)
AVT5797	Czerwona latarka LED (EP 8/2020)
AVT791	Błyskacz – sygnalizator optyczny (EdW 11/2016)
AVT790	Mrygałka LED – energooszczędny sygnalizator optyczny (EdW 8/2016)
AVT1676	Latarka do namiotu (EP 5/2012)
AVT2682	Sterownik żarówki UV (EdW 10/2003)

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.



Manstation (2)

– stacja robocza do stylizacji paznokci

Zaprezentowany projekt jest wyjątkowy pod kilkoma względami. Po pierwsze – urządzenie tego typu nie było jeszcze publikowane w EP. Po drugie – zawiera interfejs użytkownika z dużym ekranem dotykowym, doskonale wpasowujący się w najnowsze trendy. Po trzecie – projekt zainteresuje przede wszystkim żeńskie, niestety nieliczne, grono pasjonatek elektroniki. W pierwszej części artykułu (EP5/22) został omówiony schemat oraz zastosowane rozwiązania układowe, w drugiej, ostatniej części opisujemy szczegóły dotyczące montażu i obsługi urządzenia.

Montaż i uruchomienie

Główna płytka PCB została zaprojektowana w taki sposób aby jej wymiar był zgodny z wymiarami wyświetlacza. Jej schemat został pokazany na **rysunku 4**. Otwory montażowe płytki zostały umieszczone zgodnie z otworami montażowymi wyświetlacza. Na płytce został wylany obszar masy i zostały rozmieszczone przelotki aby wyrównać potencjały po obu stronach. W pobliżu elementów, w których występować może wydzielanie się ciepła zostały umieszczone większe przelotki w celu polepszenia rozpraszania tego ciepła do otoczenia. Wszystkie elementy zostały umieszczone na stronie TOP płytki PCB natomiast na stronie BOTTOM w miejscu, w którym został przymocowany wentylator płytka nie została pokryta soldermaską.

Płytka PCB, na której znajduje się przetwornica w układzie boost ma cztery otwory montażowe, służące do przymocowania jej do radiatora. Wszystkie elementy zostały umieszczone na stronie TOP aby strona BOTTOM mogła jak najlepiej przylegać za pomocą podkładki izolacyjnej do radiatora. Na płytce umieszczono dużo przelotek w pobliżu elementów na, których następują duże straty mocy w postaci ciepła. Schemat płytki został pokazany na **rysunku 5**.

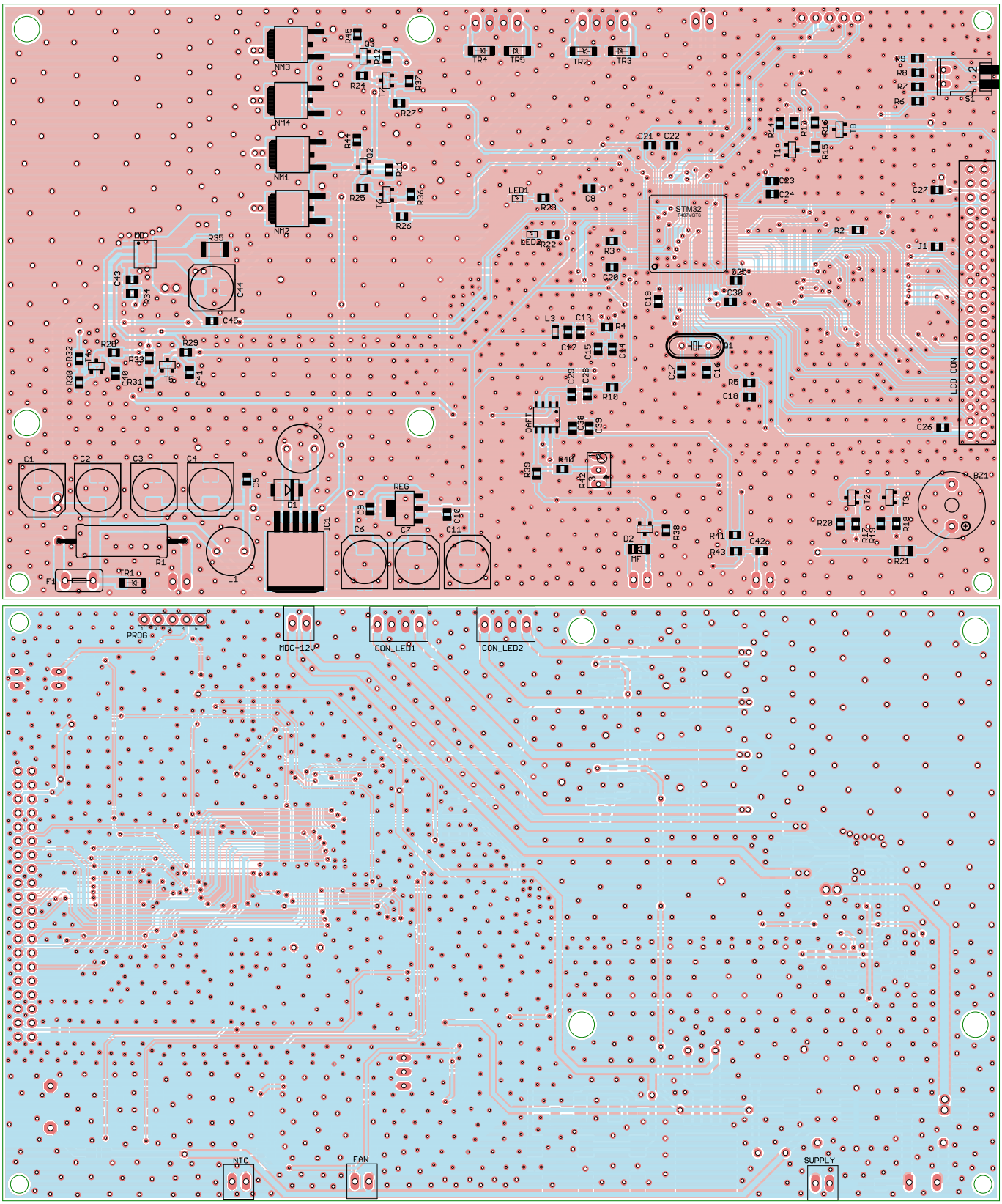
Montaż należy rozpocząć od przylutowania wszystkich elementów odpowiedzialnych za zasilanie mikrokontrolera oraz wyświetlacza. Po przylutowaniu elementów należy podłączyć zasilanie 12 V oraz sprawdzić czy na płytce głównej znajduje się napięcie 5 V na wyjściu przetwornicy

eprasa.pl a53a1e2c07

oraz 3,3 V na wyjściu stabilizatora LDO. Jeżeli napięcia są prawidłowe, to należy przylutować mikrokontroler a następnie pozostałe elementy SMD. Po przylutowaniu elementów SMD można przylutować wszystkie pozostałe elementy przewlekane.

Za pomocą złącza do programowania, z użyciem programatora np. ST-Link V2 oraz programu STM32 ST-LINK Utility, należy zaprogramować pamięć mikrokontrolera. Podczas tej operacji najlepiej mieć podłączony wyświetlacz ponieważ po zakończeniu procedury programowania do pamięci flash mikrokontrolera, automatycznie zostaje wyświetlona na wyświetlaczu procedura kalibracji panelu dotykowego. W tym czasie należy np. rysikiem dotknąć i trzymać pojawiające się trzy kropki na wyświetlaczu. Pierwsza kropka pojawi w lewym górnym rogu wyświetlacza, po tej kropce kolejna pojawi się u dołu wyświetlacza w środkowej jego części, natomiast ostatnia pojawi się w prawym górnym rogu wyświetlacza.

Po prawidłowo przeprowadzonej procedurze kalibracji można swobodnie poruszać się po menu użytkownika.



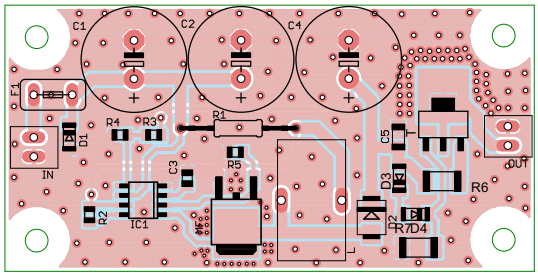
Rysunek 4. Schemat płytki PCB modułu sterującego

eprasa.pl a53a1e2c07

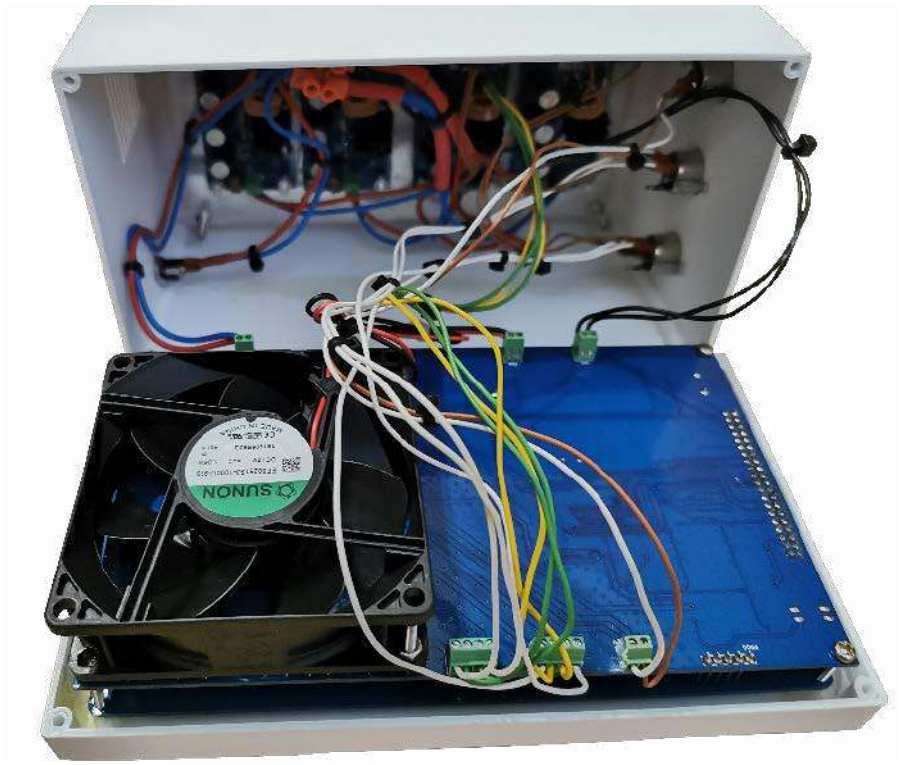
Kolejnym, zadaniem jest montaż 4 płytek z przetwornicami podwyższającymi. Montaż należy rozpocząć od przylutowania wszystkich elementów SMD, a następnie elementów THT. Po przylutowaniu wszystkiego należy płytki podłączyć do zasilacza 12 V i sprawdzić czy na wyjściu przetwornicy tzn. na kondensatorach C4, C5, występuje napięcie 24 V. Jeżeli przetwornica podwyższa napięcie prawidłowo należy do wyjścia podłączyć niewielkie obciążenie i sprawdzić amperomierzem czy wartość prądu płynącego ze źródła prądowego jest prawidłowa.

Jeżeli wszystko zostało przetestowane można przejść do złożenia całego układu i sprawdzenia czy wszystko działa prawidłowo. Anody łańcuchów LED (siedem połączonych szeregowo diod POWER LED UV) należy podłączyć do wyjść źródeł prądowych płytek z przetwornicami podwyższającymi, natomiast natody gałęzi Ledowych należy podłączyć do wejść CON_LED1 oraz CON_LED2 na głównej płytce PCB. Do wyjścia MDC-12V na głównej płytce PCB należy podłączyć silnik prądu stałego o napięciu znamionowym 12 V. W projekcie został zastosowany silnik o prądzie znamionowym 0,9 A (bez obciążenia) natomiast można zastosować silnik o mniejszym prądzie znamionowym, lecz wtedy należy dobrać odpowiednio rezystor R35.

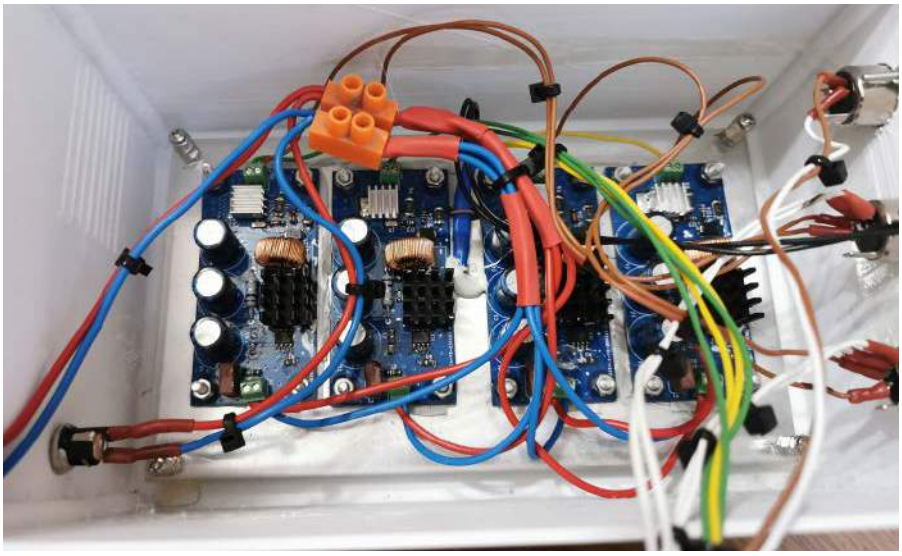
Do wyjścia FAN należy podłączyć wentylator 12 V. W projekcie został użyty wentylator o wymiarach 80×80 mm – na głównej płytce PCB są przygotowane odpowiednie otwory montażowe. Do wejścia NTC należy podłączyć termistor 10 kΩ a następnie wyregulować próg zadziałania wentylatora za pomocą potencjometru R42.



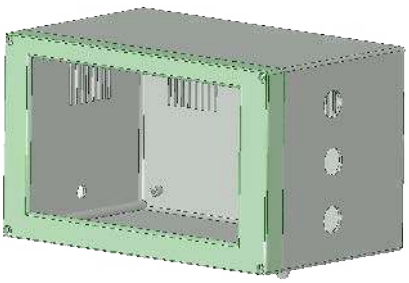
Rysunek 5. Schemat płytki PCB przetwornicy podwyższającej



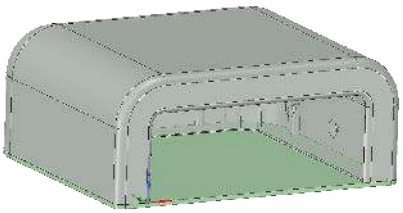
Fotografia 2. Zmontowany układ głównej płytki PCB oraz przetwornic



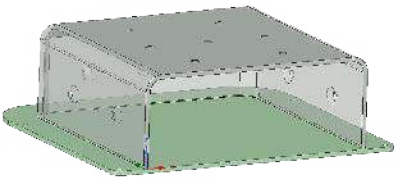
Fotografia 3. Przetwornice zamontowane na wspólnym radiatorze



Rysunek 6. Projekt obudowy jednostki sterującej



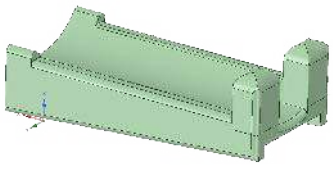
Rysunek 7. Projekt obudowy lampy – część zewnętrzna, wewnętrzna oraz podstawka



Rysunek 8. Projekt obudowy lampy – część wewnętrzna oraz podstawka



Rysunek 9. Projekt obudowy frezarki wraz z pokrywką



Rysunek 10. Projekt podstawki pod frezarkę

eprasa.pl a53a1e2c07



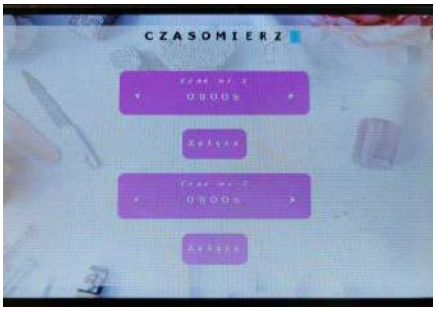
Rysunek 11. Menu główne



Rysunek 12. Podmenu FREZARKA



Rysunek 13. Podmenu LAMPA UV



Rysunek 14. Podmenu CZASOMIERZ



Rysunek 15. Podmenu USTAWIENIA

Gdy wszystko jest ze sobą podłączone należy sprawdzić po podłączeniu zasilania czy diody POWER LED UV są prawidłowo sterowane z jednostki sterującej, czy jest możliwość zmiany mocy ich świecenia oraz czy silnik prądu stałego jest prawidłowo sterowany z jednostki sterującej. Jeżeli wszystko zostanie sprawdzone i działa prawidłowo można przejść do montażu całego układu w obudowie. Ten etap został pokazany na **fotografii 2** i **fotografii 3**.

Obudowa

Dla urządzenia zostały zaprojektowane obudowy: dla jednostki sterującej, dla obu lamp oraz obudowa dla silnika prądu stałego wraz z podstawką. Wszystkie obudowy zostały wykonane za pomocą drukarki 3D. W pierwszej kolejności należy wydrukować obudowę jednostki sterującej, która została pokazana na **rysunku 6**. Składa się z dwóch części – ramki, do której należy przymocować główną płytkę PCB wraz z wyświetlaczem oraz tylnej części w której należy umieścić płytki z przetwornicami umieszczone na aluminiowym radiatorze. Po zmontowaniu obu części obudowy należy skręcić ją śrubkami 3 mm.

Drugą zaprojektowaną obudową jest obudowa lamp. Składa się ona z trzech części: zewnętrznej, wewnętrznej oraz podstawki. Część wewnętrzną należy po wydrukowaniu złożyć z podstawką a następnie skleić. Na części wewnętrznej należy przykleić dwa łańcuchy diod POWER LED UV. Po zmontowaniu wszystkiego, obie części należy skręcić śrubkami 3 mm z zewnętrzną częścią obudowy. Projekt wszystkich części obudowy został pokazany na **rysunku 7** i **rysunku 8**.

Obudowa silnika składa się z dwóch części. Do głównej części należy wsunąć silnik a następnie można założyć pokrywkę i ją przykleić. Na **rysunku 9** został pokazany projekt obudowy wraz z pokrywką, natomiast na **rysunku 10** znajduje się projekt podstawki dla silnika. Kompletne urządzenie w obudowach wykonanych z tych projektów zostało pokazane na **fotografii 4**.

Obsługa urządzenia

Po podłączeniu zasilania na środku wyświetlacza pojawia się pięć ikonek. Ostatnią ikonką jest symbol ENTER. Po dotknięciu pierwszej, drugiej, trzeciej lub czwartej ikonki zaznaczamy podmenu do którego chcemy wejść. Po zaznaczeniu podmenu należy dotknąć ikonkę ENTER, aby wejść do danego podmenu. Aby wyjść z danego podmenu w prawym górnym rogu należy dotknąć ikonkę krzyżyka.

Menu główne zostało pokazane na **rysunku 11**. Po zaznaczeniu danego podmenu w menu głównym nad ikonkami zostaje wyświetlona nazwa danego podmenu. Pierwsza ikonka odpowiada za podmenu sterowania frezarką. Druga ikonka odpowiada za podmenu sterowania lampami. Trzecia ikonka to podmenu czasomierzy, a przedostania ikonka to podmenu ustawień.

Podmenu FREZARKA zostało pokazane na **rysunku 12**. W tym podmenu zmieniając wypełnienie paska „Obroty frezarki" możemy zmieniać prędkość obrotową frezarki. Aby załączyć frezarkę należy dotknąć przycisk załącz. W celu zmiany kierunku obrotów frezarki należy dotknąć przycisk „Lewo" lub „Prawo".

Na **rysunku 13** zostało pokazane podmenu LAMPA UV. W tym podmenu zmieniając wypełnienie pasków mocy możemy zmieniać moc lamp UV. Pod paskami znajdują się czasy, które odmierza, czasomierz od momentu załączenia lampy do momentu jej wyłączenia. Czasy te można regulować ręcznie używając do tego celu strzałek lub wybrać dany czas z czasów szybkiego wyboru, które znajdują się pod czasomierzami. Aby załączyć daną lampę należy dotknąć przycisk załącz.

Na **rysunku 14** zostało pokazane podmenu CZASOMIERZ, w którym możemy ustawić dwa niezależne czasy, od których odlicza czasomierz. W momencie gdy czasomierz odliczy czas do zera zostaje uruchomiony sygnał dźwiękowy trwający dwie sekundy. Aby załączyć dany czasomierz wystarczy dotknąć przycisk ZAŁĄCZ.

Podmenu USTAWIENIA zostało pokazane na **rysunku 15**. W tym podmenu mamy możliwość zapisania wszystkich ustawień poprzez dotknięcie ikonki dyskietki. Po dotknięciu przycisku dyskietki po zapisie wszystkich ustawień na wyświetlaczu zostaje uruchomiona animacja ikony dyskietki. W podmenu, dotykając ikonki żarówki, możemy zmieniać stopień podświetlenia wyświetlacza.

Krzysztof Miękus
lordwest1989@tlen.pl

Film prezentujący działanie stacji manicure można zobaczyć pod adresem: https://bit.ly/3jIz2ME.

Wydawnictwo AVT podejmie współpracę z tłumaczami fachowych tekstów dla elektroników z języka angielskiego. Kontakt: anna.cember@avt.pl

eprasa.pl a53a1e2c07

W ofercie AVT*
AVT5932

Podstawowe parametry:

- dwupołówkowe prostowanie sygnału bipolarnego,
- wzmocnienie 1 V/V,
- pasmo przenoszenia rozpoczyna się od składowej stałej (0 Hz),
- możliwość pracy jako przetwornik wartości szczytowej,
- zasilanie napięciem symetrycznym ±5...15 V.

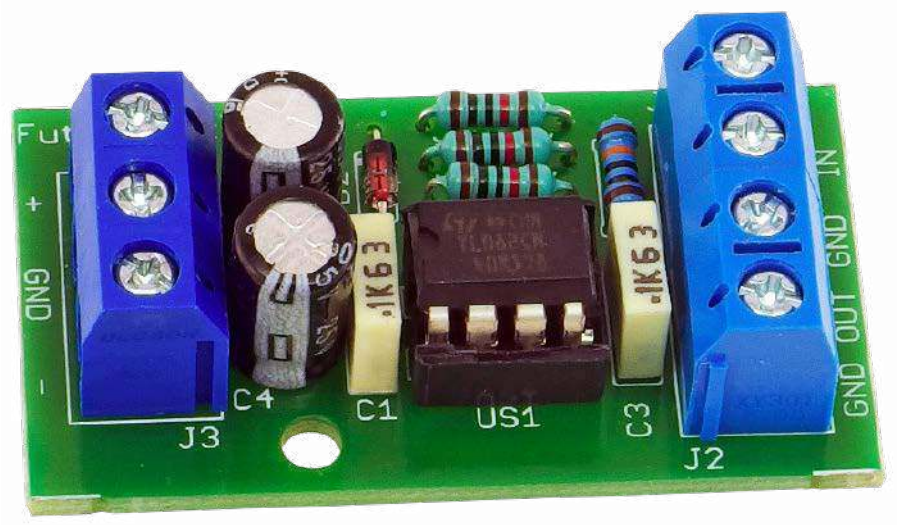
* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.

Idealny prostownik dwupołówkowy



Typowy mostek Graetza, wykonany z użyciem diod półprzewodnikowych, zmniejsza amplitudę sygnału wyjściowego za sprawą niezerowego napięcia przewodzenia diod, z których jest zbudowany. Niekiedy nie możemy sobie na to pozwolić, na przykład w zastosowaniach pomiarowych. Wtedy musimy sięgnąć po układ aktywny, który jest wolny od tej wady.

Najlepszym przykładem zastosowania takiego układu jest adaptacja przemiennego sygnału analogowego na potrzeby pomiaru jego właściwości przetwornikiem analogowo-cyfrowym. Jeżeli musimy analizować jego amplitudę lub częstotliwość, ten układ będzie pasował doskonale. Jego zadanie jest banalnie proste: prostuje napięciowy sygnał przemienny w taki sposób, jak gdyby był wykonany z diod idealnych. Dodając jeden kondensator można ten układ zamienić w przetwornik wartości szczytowej. To również może być użyteczne podczas przetwarzania sygnałów analogowych, na przykład z różnorakich czujników indukcyjnych lub Halla.

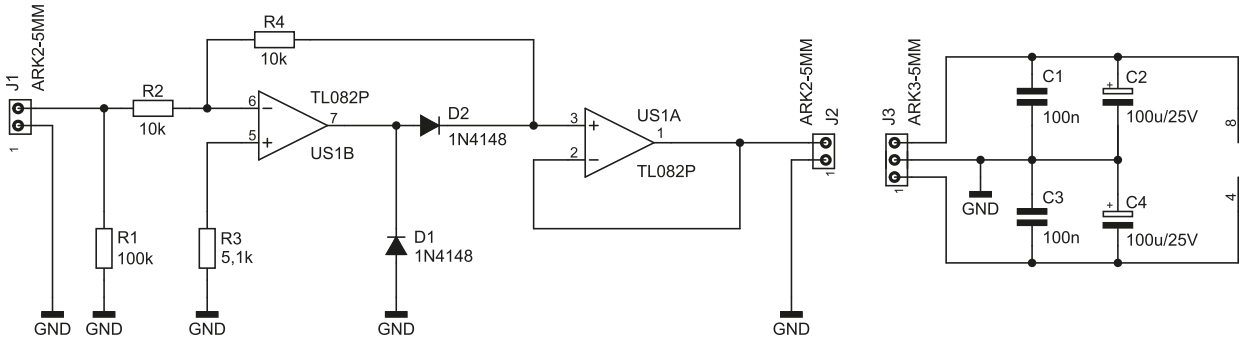
Budowa i działanie

Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. Wzmacniacz operacyjny US1B, razem z rezystorami R2 i R4, tworzy wzmacniacz odwracający o wzmocnieniu –1 V/V. Rezystor R3 kompensuje wpływ wejściowego prądu polaryzującego tranzystory wejściowe wzmacniacza operacyjnego. Wprawdzie użyty w tym układzie TL082 posiada wejścia oparte o tranzystory JFET, ale można zastosować inny rodzaj układu, w którym występują tranzystory bipolarne i ta kompensacja ma już niemałe znaczenie.

Dioda D2 blokuje działanie wyżej opisanego bloku dla sygnału o polaryzacji dodatniej. Wyjście wzmacniacza operacyjnego „chciałoby" przyjąć wtedy potencjał ujemny, co skutkuje zatkaniem tej diody. Dlatego dodatnia część sygnału przechodzi bez szwanku przez R2 i R4, zaś ujemna jest odwracana przez US1B. Jednocześnie wzmacniacz operacyjny kompensuje spadek napięcia na tej diodzie, ponieważ zewnętrzna pętla sprzężenia zwrotnego jest podłączona za katodą tejże diody.

Wiele układów, jakie można znaleźć w literaturze, poprzestaje na tych kilku elementach. Ale tutaj dodano diodę D1, która nie ma żadnego wpływu w momentach, kiedy US1B odwraca sygnał – jego wyjście ma potencjał dodatni, więc ten element półprzewodnikowy jest zatkany, nie przewodzi prądu. Ale w chwili, gdy trzeba zablokować działanie US1B (diodą D2), jego wyjście przyjęłoby potencjał silnie ujemny, dążący do ujemnej linii zasilania. Stanie się tak, gdyż jego pętla sprzężenia zwrotnego zostanie wówczas rozwarta przez zatkaną diodę D2. To z kolei spowalniałoby powrót US1B do normalnego działania.

Czym to się przejawia i czy ten efekt jest w ogóle możliwy do zauważenia? Na **rysunku 2** pokazano oscylogram napięcia wejściowego (niebieski) i wyjściowego (żółty). Na wejście układu podano sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1 kHz i amplitudzie 4 V, a zasilany był napięciem symetrycznym ±15 V. W momencie przejścia sygnału



Rysunek 1. Schemat ideowy prostownika idealnego

eprasa.pl a53a1e2c07

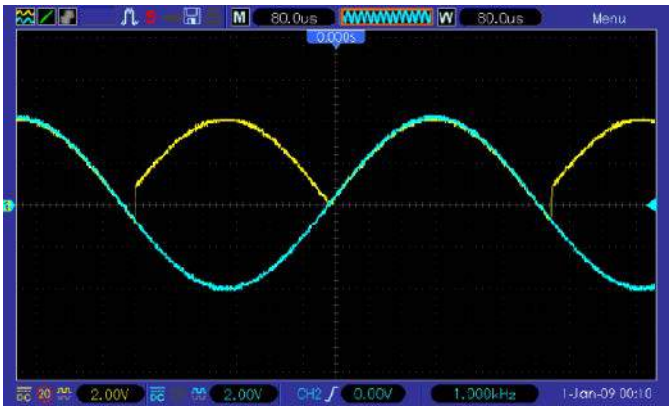
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory: (THT o mocy 0,25 W)
R1: 100 kΩ
R2, R4: 10 kΩ 1%
R3: 5,1k kΩ

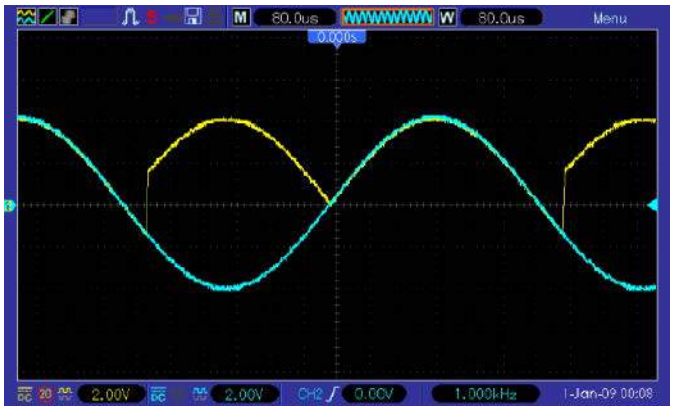
Kondensatory:
C1, C3: 100 nF raster 5 mm MKT
C2, C4: 100 µF 25 V raster 2,54 mm

Półprzewodniki:
D1, D2: 1N4148
US1: TL082 (DIP8)

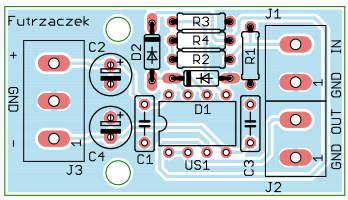
Pozostałe:
J1, J2: ARK2/500
J3: ARK3/500
Podstawka (DIP8)



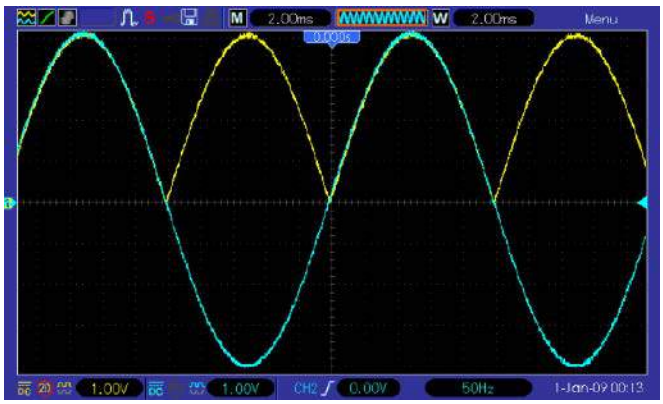
Rysunek 2. Oscylogramy przebiegów napięcia wejściowego i wyjściowego z zamontowaną diodą D1



Rysunek 3. Oscylogramy przebiegów napięcia wejściowego i wyjściowego z wymontowaną diodą D1



Rysunek 4. Schemat płytki PCB



Rysunek 5. Oscylogramy przebiegów napięcia wejściowego i wyjściowego bez widocznych zniekształceń

wejściowego przez zero z ujemną pochodną (z połówki dodatniej robi się ujemna), widoczne jest liniowe narastanie sygnału, odbiegające kształtem od wymuszonego przez generator. To jest widoczny efekt slew-rate tego wzmacniacza, który „nie nadąża" w tak krótkim czasie zwiększyć potencjału swojego wyjścia z około –0,7 V (napięcie przewodzenia D1) do około +0,7 V i więcej (aby dioda D2 zaczęła przewodzić). Nie pomaga mu w tym również skończone wzmocnienie napięciowe, choć to ma akurat drugorzędne znaczenie.

Jeżeli dioda D1 zostałaby usunięta, czyli układ zostałby przywrócony do podręcznikowej wersji, ten sam oscylogram będzie wyglądał jak na **rysunku 3**. Wyjście wzmacniacza musi zwiększać swój potencjał nie od –0,7 V, lecz od około –12 V. Jego slew-rate spowoduje wydłużenie czasu narastania napięcia na wyjściu, co uwidacznia się jako dłuższy odcinek zniekształconego zbocza narastającego w sygnale wyjściowym.

Wadą rozwiązania z diodą D1 jest zwiększony pobór prądu przez układ w momencie wystąpienia dodatniej połówki sygnału. Wyjście US1B pracuje wtedy „na zwarciu", którym jest otwarta dioda D1. Jednak wzmacniacze operacyjne mają wbudowane obwody ograniczające natężenie prądu wyjściowego, zatem o uszkodzeniu nie może być mowy. Trzeba jednak liczyć się z nagrzewaniem obudowy układu scalonego w czasie pracy.

Rezystor R1 polaryzuje wejście układu potencjałem 0 V i jest również – równolegle z rezystorem R2 – obciążeniem źródła sygnału. Aby układ działał prawidłowo, czyli obie połówki sygnału były wiernie odwzorowane, rezystancja wyjścia źródła sygnału powinna być możliwie niska, najlepiej zerowa. Obecnie rezystancja wejściowa wynosi około 9 kΩ.

Rezystancja wyjściowa prostownika ze wzmacniaczem US1B ulega silnym zmianom: wynosi 20 kΩ dla dodatniej połówki sygnału wejściowego i jest bliska zeru dla ujemnej. Dlatego wzmacniacz US1A został użyty w roli wtórnika napięciowego, który niweluje te wahania.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 45×25 mm, której schemat został pokazany na **rysunku 4**. Montaż proponuję rozpocząć od elementów o najmniejszej wysokości obudowy, czyli rezystorów i diod. Pod układ US1 proponuję zastosować podstawkę, aby ułatwić jego wymianę w razie uszkodzenia. Listwy zaciskowe złącz J1 i J2 należy złączyć ze sobą przed wlutowaniem. Układ jest gotowy do działania zaraz po zmontowaniu, nie wymaga jakichkolwiek czynności uruchomieniowych.

Do złącza J3 należy podłączyć zasilanie symetryczne o wartości z zakresu ±5…15 V. Pobór prądu zależy od sygnału, ale można przyjąć, że nie przekracza 30 mA, przy czym jest on pobierany głównie z ujemnej gałęzi. Wartość szczytowa sygnału wejściowego powinna być o ok. 4 V niższa od napięcia zasilania.

W związku z omawianym wcześniej efektem zniekształcenia sygnału wyjściowego na zboczach narastających, jaka jest maksymalna częstotliwość prawidłowej pracy? Jeżeli zależy nam na wiernym odwzorowaniu kształtu, to można przyjąć że 50 Hz – co udowadnia oscylogram na **rysunku 5**. Przy 100 Hz wspomniane „ścięcie" zaczyna być widoczne. Ta granica jest trudna do określenia, gdyż zależy od tego, z jaką dokładnością chcemy wyprostować sygnał.

W szerszym paśmie, co najmniej do kilku kiloherców, ten układ może pracować jako przetwornik wartości szczytowej. Wystarczy między masę a węzeł z katodą diody D2, rezystorem R4 i wejściem US1A wpiąć kondensator, najlepiej foliowy lub tantalowy (plusem w stronę węzła). Wtedy na wyjściu uzyskamy składową stałą, która będzie swoją wartością bliska wartości szczytowej prostowanego sygnału. Sumaryczna rezystancja R2+R4 ustala stałą czasową rozładowywania tego kondensatora.

Michał Kurzela, EP

eprasa.pl a53a1e2c07

Podstawowe parametry:

- 16 kanałów PWM z wyjściami typu OD o rozdzielczości 8 bitów,
- obciążalność każdego GPIO do 100 mA oraz sumaryczny prąd zasilania aż 1,6 A,
- możliwość pracy z napięciem do 40 V.
- komunikacja i sterowanie poprzez interfejs I²C.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

AVT5914	Zasilacz buforowy dla RPi Zero (EP 1/2022)
AVT5913	Cyfrowy wzmacniacz audio 2×10 W w formacie RPi Zero (EP 1/2022)
AVT5909	Sterownik czterech mikrosilników dla Pi Zero (EP 12/2021)
AVT5896	Karta sieciowa z PoE dla RPi Zero (EP 10/2021)
AVT5890	Interfejs wyświetlacza TFT RGB dla RPi Zero (EP 9/2021)
AVT5882	Podwójny klucz zasilania High Side (EP 8/2021)
AVT5858	Płytka bazowa dla Raspberry Pi Pico (EP 5/2021)
AVT5851	Dwukanałowy port szeregowy dla Raspberry (EP 3/2021)
AVT5847	Interfejs wyświetlacza TFT-RGB dla RPi Zero (EP 3/2021)
AVT5811	Odtwarzacz audio z Raspberry Pi (EP 10–12/2020)
AVT5770	Arduino i nie tylko (EP 5/2020)
Projekt 249	Karta muzyczna dla Raspberry Pi (EP 3/2020)
AVT5689	Budżetowy interfejs USB-I²S (EP 7/2019)
AVT5739	Zasilacz buforowy z superkondensatorami dla Raspberry Pi (EP 1/2020)
AVT5680	Sensor smogu z technologią Bluetooth Low Energy (EP 4/2019)
AVT1989	Miniaturowy driver LED RGBW z interfejsem I²C (EP 8/2018)
AVT1947	„Przenośny" zasilacz dla Raspberry Pi Zero (EP 2/2017)
AVT1939	Miniaturowa klawiatura USB do Raspberry Pi (EP 11/2016)
AVT1937	Płytka „domowej automatyki" dla Raspberry Pi Zero (EP 10/2016)

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

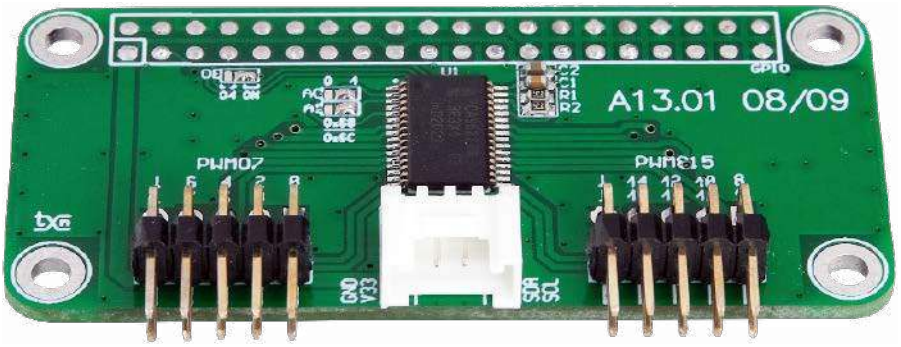
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.

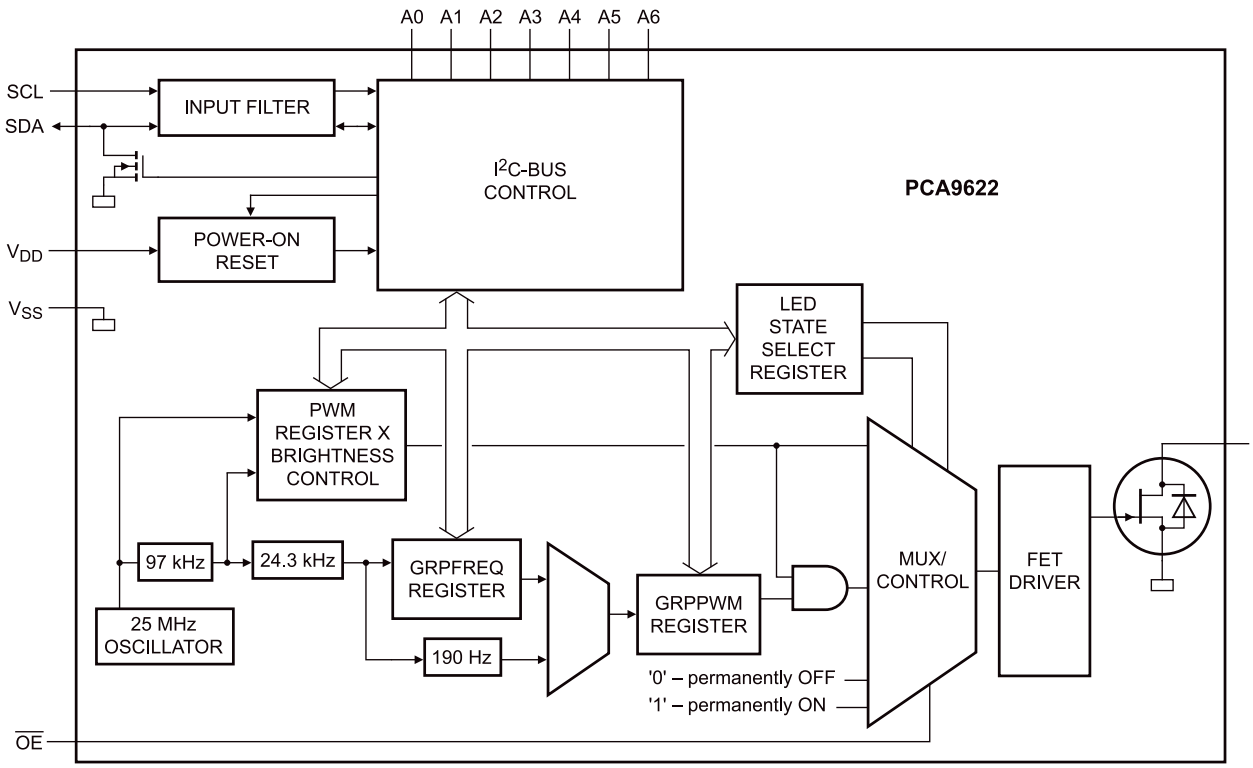
Ekspander 16×PWM

Moduł rozszerza możliwości Raspberry Pi Zero o dodatkowe szesnaście kanałów PWM z wyjściami typu OD rozdzielczości 8 bitów. Przeznaczony jest głównie do sterowania diodami LED, a podwyższona do 100 mA obciążalność każdego GPIO i sumaryczny prąd zasilania do 1,6 A wraz z możliwością pracy z napięciem do 40 V sprawdzi się przy sterowaniu łańcuchów LED lub dużych wyświetlaczy siedmiosegmentowych. Po spolaryzowaniu wyjść rezystorami, nadaje się także do innych zastosowań PWM.



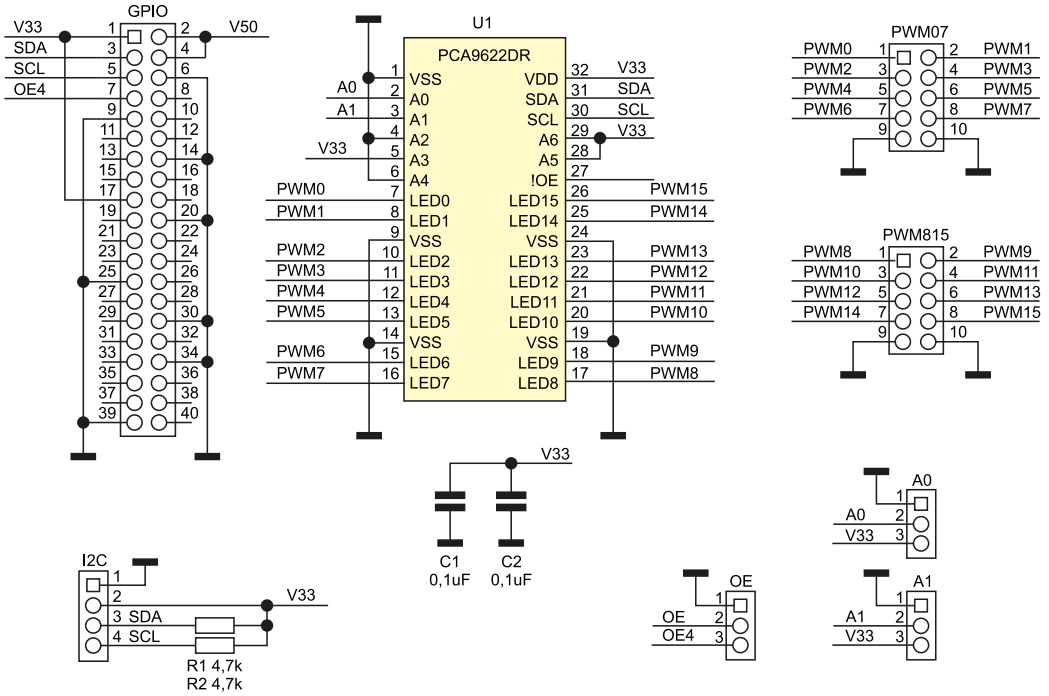
Sercem modułu jest układ PCA9622, strukturę wewnętrzną układu przedstawiono na **rysunku 1**. PCA9622 wchodzi w skład szerokiej rodziny kontrolerów LED I²C firmy NXP. Jest to konfigurowany przez I²C 16-kanałowy generator PWM. Układ ma możliwość zewnętrznego adresowania wyprowadzeniami A0...A6. Dostępne jest 126 adresów I²C, a kilka adresów magistrali jest zarezerwowane dla sterowania globalnego.

Adres 0x03 zarezerwowany jest dla resetu globalnego, adres 0x70 domyślnie dla globalnego sterowania wszystkimi LED. Ułatwia to oprogramowanie układów wyświetlaczy składających się z kaskady PCA9622, gdyż wszystkie układy, niezależnie od adresu fizycznego reagują na jedną komendę globalną, co znacząco odciąża magistralę I²C od zbędnych transmisji. Możliwe jest także definiowanie pod-adresów grupujących sterowane LED, co ułatwia tworzenie ekranów RGB.



Rysunek 1. Struktura wewnętrzna PCA9622 (za notą NXP)

eprasa.pl a53a1e2c07



Rysunek 2. Schemat ideowy układu

Oprócz indywidualnego sterowania PWM każdego z wyjść, możliwe jest sterowanie grupowe w trybie globalnego PWM (np. dla regulacji jasności wszystkich wyjść LEDx) oraz pracy przerywanej – migania, definiowanej z 8-bitową rozdzielczością i wypełnieniem (np. dla celów sygnalizacyjnych).

Budowa i działanie

Schemat układu został pokazany na **rysunku 2.** Każde z wyjść może zostać ustawione w stan GND/OD. Wewnętrzny oscylator i programowane dzielniki upraszczają aplikację PCA9622. Układ ma wejście sprzętowe !OE umożliwiające sterowanie buforem wyjściowym podłączone poprzez zworę OE do GPIO4 Raspberry Pi (zwarte wyprowadzenia 2–3). Wejście może zostać podłączone także na stałe do masy (zwarte wyprowadzenia 1–2), aktywując trwale bufory wyjściowe.

Zwory A0, A1 umożliwiają wybór czterech adresów z zakresu 0x68...0x6C. Złącze I²C jest zgodne z Grove 3,3 V i ułatwia podłączenie modułów zewnętrznych. Wyjścia PWM pogrupowane są w dwie 8-bitowe sekcje i wyprowadzone na złącza szpilkowe PWM0...7, PWM8...15.

Strukturę rejestrów konfiguracyjnych zestawiono w **tabeli 1**. W zależności od potrzeb możliwa jest komunikacja z poszczególnymi rejestrami poprzez adresowanie indywidualne rejestrów, wskazujące na konkretny rejestr, zgodnie z **rysunkiem 3**. Drugim sposobem jest adresowanie grupowe wszystkich

Tabela 1. Rejestry konfiguracyjne PCA9622

Adres	Nazwa	Funkcja
0	MODE1	Rejestr konfiguracji układu
1	MODE2	Rejestr konfiguracji buforów
2	PWM0	Rejestr PWM 0
3	PWM1	Rejestr PWM 1
4	PWM2	Rejestr PWM 2
5	PWM3	Rejestr PWM 3
6	PWM4	Rejestr PWM 4
7	PWM5	Rejestr PWM 5
8	PWM6	Rejestr PWM 6
9	PWM7	Rejestr PWM 7
0A	PWM8	Rejestr PWM 8
0B	PWM9	Rejestr PWM 9
0C	PWM10	Rejestr PWM 10
0D	PWM11	Rejestr PWM 11
0E	PWM12	Rejestr PWM 12
0F	PWM13	Rejestr PWM 13
10	PWM14	Rejestr PWM 14
11	PWM15	Rejestr PWM 15
12	GRPPWM	Rejestr grupowego PWM
13	GRPFREQ	Rejestr grupowego migania
14	LEDOUT0	Konfiguracja trybu grupy LED0 (LD0...3)
15	LEDOUT1	Konfiguracja trybu grupy LED1 (LD4...7)
16	LEDOUT2	Konfiguracja trybu grupy LED2 (LD8...11)
17	LEDOUT3	Konfiguracja trybu grupy LED3 (LD12...15)
18	SUBADR1	Konfiguracja podadresu globalnego grupa 1
19	SUBADR2	Konfiguracja podadresu globalnego grupa 2
1A	SUBADR3	Konfiguracja podadresu globalnego grupa 3
1B	ALLCALLADR	Konfiguracja adresu globalnego ALL CALL LED

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory: (SMD0603) 5%
R1, R2: 4,7 kΩ

Kondensatory: (SMD0603)
C1: 0,1 µF
C2: 10 µF

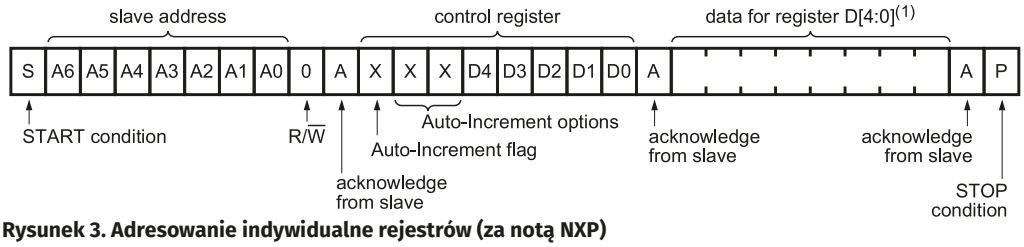
Półprzewodniki:
U1: PCA9222DR (TSSOP32

Pozostałe:
GPIO: złącze IDC40 żeńskie
I2C: złącze Grove kątowe (110990037)
PWM07, PWM815: złącze szpilkowe 2×5 2,54 mm kątowe

eprasa.pl a53a1e2c07

rejestrów pokazane na **rysunku 4**. Ostatnim sposobem jest adresowanie grupowe rejestrów PWM po wcześniejszej konfiguracji układu zgodnie z **rysunkiem 5**.

Odczyt odbywa się podobnie. Dokładniejsze informacje oczywiście zamieszczone są w nocie katalogowej. Najważniejsze bity konfiguracyjne dla podstawowego trybu pracy zestawiono w **tabeli 2**.



Rysunek 3. Adresowanie indywidualne rejestrów (za notą NXP)

Montaż i uruchomienie

Schemat płytki PCB został pokazany na **rysunku 6**. Montaż jest klasyczny i nie wymaga opisu, zmontowany układ pokazano na **fotografii tytułowej**. Poprawnie zmontowany układ nie wymaga uruchamiania. Przed uruchomieniem konieczne jest tylko ustawienie adresu A0, A1, ze zwróceniem uwagi na adresy zarezerwowane i ewentualne kolizje z innymi układami na magistrali I²C.

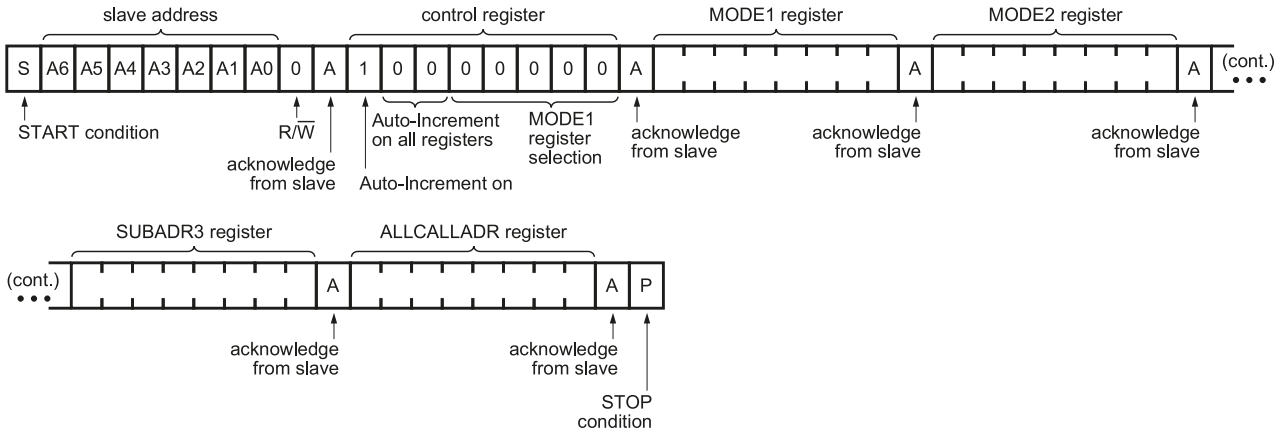
Przed podłączeniem diod LED lub wyświetlaczy należy sprawdzić warunki pracy układu, tj. maksymalne prądy każdego wyprowadzenia GPIO, sumaryczny prąd wyprowadzenia masy (uwzględniający też prądy I²C) oraz maksymalną traconą w układzie moc.

Szybkiego sprawdzenia modułu najłatwiej dokonać korzystając z bibliotek i2c i konsoli. W celu użycia PCA9622 konieczne jest dodanie obsługi magistrali I²C, czy poprzez raspi-config, czy bezpośrednią edycję pliku *config.txt* i dodanie wpisu dtparam=i2c_arm=on.

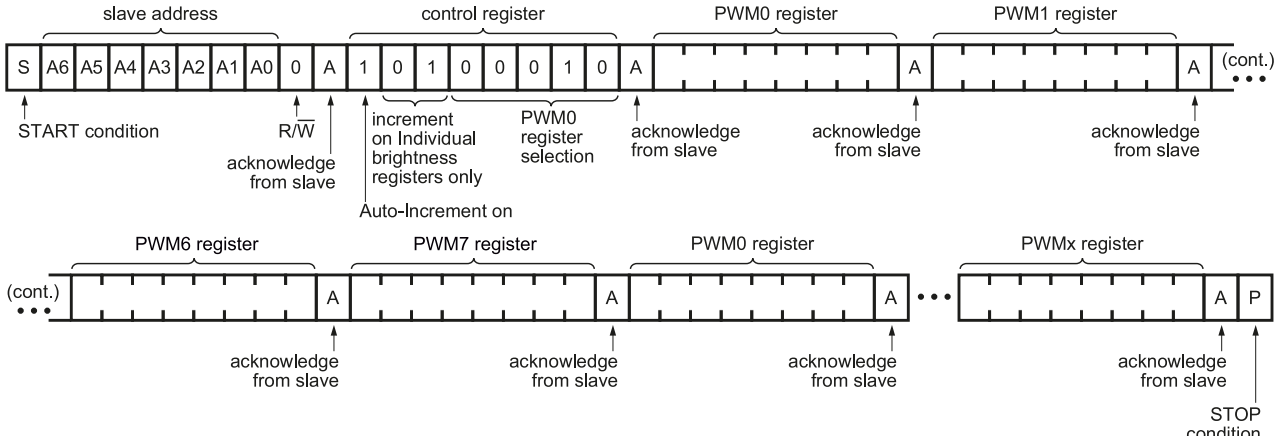
Po ponownym uruchomieniu należy pobrać narzędzia odpowiadające za obsługę I²C poleceniem:

Tabela 2. Najważniejsze bity konfiguracyjne PCA9624

Adres	Nazwa rejestru	Funkcja Bitu
0	MODE1	B7, 1/0 = autoinkrementacja rejestrów, adresowanie bezpośrednie B4, 0/1 = praca/uśpienie Pozostałe domyślnie = 0
1	MODE2	B5 0 = grupowe PWM; 1 = grupowe miganie B3 0/1 = zmiana stanu wyjść I2C po STOP/ACK Pozostałe domyślnie = 0
2:11	PWM0:15	Indywidualne PWM 0:15 0x00...0xFF
12	GRPPWM	Grupowe PWM 0x00...0xFF W trybie migania określa wypełnienie % GRPPWM/256
13	GRPFREQ	Grupowe miganie 0x00...0xFF, czas w sekundach (GRPFREQ+1)/24 [s]
14/17	LEDOUT0...3	Konfiguracja LED3...0/LED7...4 B7/6, B5/4, B3/2, B1/0: 00 = LEDx OFF 01 = LEDx ON 10 = LEDx indywidualny PWMx 11 = LEDx indywidualny PWMx z grupowym PWM/miganiem w zależności od MODE2:B5



Rysunek 4. Adresowanie grupowe rejestrów (za notą NXP)



Rysunek 5. Adresowanie grupowe rejestrów PWM (za notą NXP)

eprasa.pl a53a1e2c07

```
sudo apt-get install i2c-tools
```

Po zainstalowaniu i restarcie, w pierwszej kolejności sprawdzamy w konsoli prawidłowe działanie I²C, wpisując polecenie:

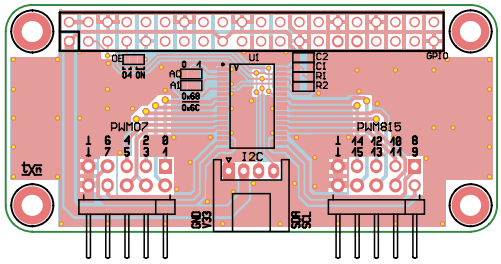
```
sudo i2cdetect -y 1
```

Efekt powinien być podobny do tego z **rysunku 7**. Powinno pojawić się urządzenie pod adresem ustawionym zworkami A1, A0 – w modelu 0x6B. Jeżeli nie zmienione zostały adresy globalne powinny być także widoczne 0x03, 0x70. Korzystając z polecenia:

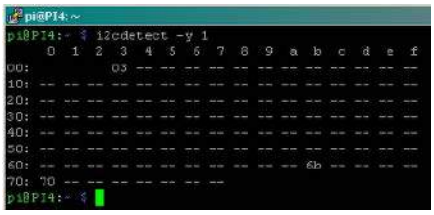
```
sudo i2cset -y 1 Adres_I2C, Adres_Rejestru, Dana_Do_Zapisu
```

możemy kolejno skonfigurować rejestry PCA w celu sprawdzenia działania układu, pamiętając o ustawieniu programowym lub sprzętowym wejścia !OE w stan niski. Przykładowa konfiguracji rejestrów MODE0 (0x00) ,MODE1 (0x01), GRPPWM (0x12), GRPFREQ (0x13), LEDOUT0 (0x14):

```
i2cset -y 1 0x60 0x00 0x80
i2cset -y 1 0x60 0x01 0x05
i2cset -y 1 0x60 0x12 0xFF
i2cset -y 1 0x60 0x13 0x00
i2cset -y 1 0x60 0x14 0xFF
```



Rysunek 6. Schemat płytki PCB



Rysunek 7. Detekcja układu PCA9622 na magistrali I²C

Zmieniając wartość rejestru PWM0 (0x02):

```
i2cset -y 1 0x60 0x02 0xAA
```

zmieniamy wypełnienie sterujące podłączoną do wyprowadzenia LED0. Po pomyślnych testach, moduł można zastosować we własnej aplikacji.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA



eprasa.pl a53a1e2c07

W ofercie AVT*
AVT5938

Podstawowe parametry:

- konwersja dwukanałowego sygnału audio na dwa kanały z wyjściami symetrycznymi (zbalansowanymi),
- obniżenie impedancji wyjściowej do stałej wartości, dopasowanej do typowego kabla XLR,
- stała impedancja wejściowa,
- zasilanie napięciem 9...30 V.

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.

Aktywny dibox

Dibox, określony również jako Direct Box, Di-Box lub DiBox, to urządzenie stosowanie w systemach audio, którego zadaniem jest konwersja analogowego sygnału audio (z mikrofonu, odtwarzacza lub dowolnego innego źródła) na jego wersję symetryczną. W ten sposób staje się on bardziej odporny na zakłócenia i może być wprowadzony na wejście w standardzie XLR. Ten układ obniża również impedancję takiego źródła sygnału do stałej wartości, co sprzyja uzyskaniu dopasowania.



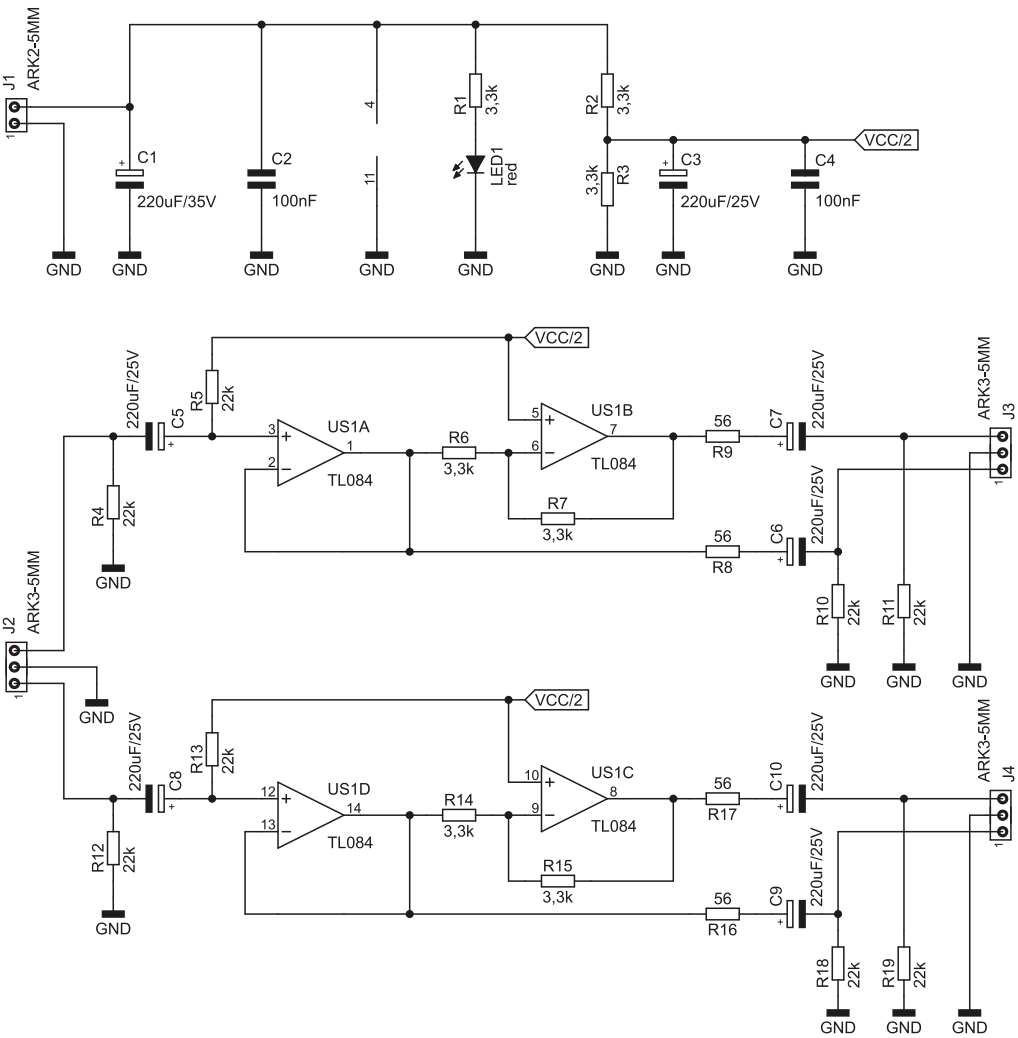
Obecnie dostępne są dwa rodzaje diboxów: aktywne i pasywne. Oba zostały zbudowane w tym samym celu, czyli służą do przekształcania sygnału ze złącz asymetrycznych (jak RCA czy Jack) na sygnał symetryczny, który może być podany na wejście do tego przystosowane, na przykład XLR. Transmisja różnicowa na długich dystansach znacząco zmniejsza podatność takiego sygnału na zakłócenia pochodzące z zewnętrznych źródeł.

Urządzenia pasywne nie wymagają zasilania, bowiem jest w nich zawarty odpowiednio skonstruowany transformator (bądź transformatory). Ma to pewną wadę: impedancja wyjściowa silnie zależy od impedancji wyjściowej źródła sygnału, co wiąże się bezpośrednio z zasadą działania takiego elementu. Ponadto, zdaniem niektórych realizatorów, tego typu urządzenia zawężają pasmo przenoszenia.

Do układu aktywnego trzeba doprowadzić zasilanie, lecz w zamian za to uzyskujemy pełną kontrolę nad impedancją wejściową i wyjściową – nie wpływają na siebie wzajemnie i są stałe w bardzo szerokim przedziale częstotliwości.

Budowa i działanie

Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. W układzie zastosowano wzmacniacz operacyjny, co wymuszałoby podłączenie zasilania symetrycznego, to jest dodatniego i ujemnego. Ten problem został ominięty poprzez dodanie obwodu tak zwanej sztucznej masy, czyli dzielnika składającego się z rezystorów R2 i R3, które wytwarzają napięcie równe połowie napięcia zasilającego. Przyjmując ten potencjał jako masę dla wzmacniacza operacyjnego, linie zasilania możemy traktować jako dodatnią



Rysunek 1. Schemat ideowy aktywnego diboxa

eprasa.pl a53a1e2c07

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory: (THT o mocy 0,6 W i tolerancji 1%)
R1...R3, R6, R7, R14, R15: 3,3 kΩ
R4, R5, R10...R13, R18, R19: 22 kΩ
R8, R9, R16, R17: 56 Ω

Kondensatory:
C1: 220 µF 35 V raster 3,5 mm
C2, C4: 100 nF raster 5 mm MKT
C3, C5...C10: 220 µF 25 V raster 2,5 mm

Półprzewodniki:
LED1: czerwona 5 mm
US1: TL084 (DIP14)

Pozostałe:
J1: ARK2/500
J2...J4: ARK3/500
Jedna podstawka DIP14

(linia VCC) i ujemną (linia GND) względem niego. Kondensatory C3 i C4 filtrują ten potencjał z zakłóceń. Dioda LED1 sygnalizuje włączenie zasilania.

Dalsze części układu składają się z dwóch identycznych bloków, więc szczegółowo zostanie omówiony tylko jeden z nich. Wejściowy sygnał niesymetryczny, na przykład jeden kanał złącza Jack, trafia na zaciski złącza J2. Rezystory R4 i R5 polaryzują kondensator C5, który jest niezbędny dla oddzielenia składowej stałej wymuszanej na wejściu wzmacniacza US1A od tego, które daje na swoim wyjściu źródło sygnału – zazwyczaj 0 V. Te rezystory stanowią również o impedancji wejściowej układu.

Wzmacniacz operacyjny US1A pracuje jako wtórnik napięciowy, wytwarzając w ten sposób dodatnią (nieodwróconą) część wyjściowego sygnału symetrycznego. Z kolei US1B został – przy pomocy rezystorów R6 i R7 o identycznych wartościach – skonfigurowany do pracy jako wzmacniacz odwracający o wzmocnieniu –1 V/V. On wytwarza ujemną (odwróconą) część sygnału.

Kondensatory C6 i C7 separują składową stałą na wyjściach obu wyżej wymienionych wzmacniaczy operacyjnych, zaś rezystory R10 i R11 polaryzują te kondensatory, umożliwiając im poprawne naładowanie się i zerową wartość składowej stałej na wyjściu. Rezystory R8 i R9 zapewniają dopasowanie impedancji wyjściowej układu do impedancji charakterystycznej kabla XLR.

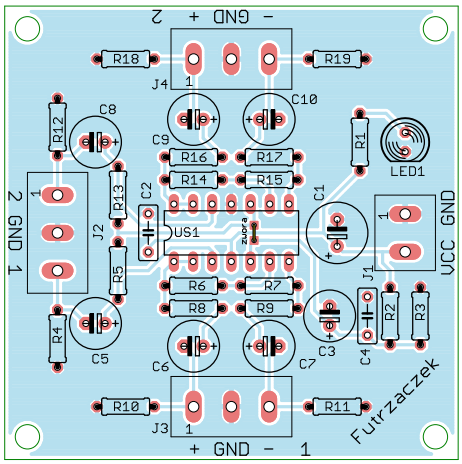
Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 60×60 mm. Jej schemat został pokazany na **rysunku 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się cztery otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm.

Montaż proponuję rozpocząć od małej zwory pod układem scalonym US1, a następnie elementów o najmniejszej wysokości obudowy, czyli rezystorów. Pod układ US1 polecam zastosować podstawkę, aby ułatwić jego wymianę w razie uszkodzenia. Zmontowany układ można zobaczyć na **fotografii tytułowej**. Jest gotowy do działania pod warunkiem poprawnego montażu, nie wymaga jakichkolwiek czynności uruchomieniowych.

Do złącza J1 należy podłączyć zasilanie – dobrze filtrowane, najlepiej stabilizowane dla zmniejszenia amplitudy tętnień – o wartości z przedziału 9…30 V. Niższa jest niewskazana z powodu braku warunków do poprawnej pracy wzmacniacza operacyjnego, zaś wyższa może uszkodzić kondensator C1 i układ US1. Dopuszczalne wartości to, odpowiednio, 35 V i 36 V, więc 30 V jest wartością z odpowiednim marginesem. Pobór prądu przez układ zależy od napięcia zasilającego. Przy 12 V wynosił on około 15 mA, przy braku zarówno wysterowania, jak i obciążenia.

Impedancja wejściowa układu wynosi około 11 kΩ, zaś wyjściowa (różnicowa) około 120 Ω, czyli stanowi dopasowanie do impedancji



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

typowego kabla XLR. Maksymalna wartość międzyszczytowa niezniekształconego sygnału wynosi około 6 V mniej niż napięcie zasilające – zatem dla zasilania 12 V mamy do dyspozycji 6 Vpp na wyjściu tego układu symetryzującego.

Sygnał wejściowy podłącza się do zacisków złącza J2 – kanał 1, kanał 2 i masa, czyli GND. Symetryzowany sygnał z wejścia kanału 1 jest dostępny na złączu J3 („+” to sygnał nieodwrócony, „–” odwrócony), a z wejścia kanału 2 na złączu J4.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

Świat projektantów i programistów
dla elektroniki w nowej odsłonie.
Odwiedź nowy

ELPORTAL.pl

Obserwuj nas również na Facebooku:
www.facebook.com/Elportalpl

eprasa.pl a53a1e2c07

W ofercie AVT*
AVT5937

Podstawowe parametry:

- załączanie przekaźnika po wciśnięciu przycisku monostabilnego lub wykryciu sygnału audio,
- wyłączanie przekaźnika po zadanym czasie od zaniku sygnału,
- dwa wejścia sygnału audio,
- regulacja czasu wyłączenia w zakresie od około 30 sekund do około 1 godziny,
- regulacja czułości układu w zakresie od około 150 mVpp do około 700 mVpp,
- obciążalność styków przekaźnika do 10 A,
- zasilanie napięciem 12 V.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

----	Automatyczny wyciszacz dźwięku po zaniku zasilania (EP 9/2020)
AVT5717	Opóźniacz dołączenia głośników zasilany 230 V (EP 9/2019)
AVT2854	Opóźniacz dołączania głośników (EdW 2/2008)

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

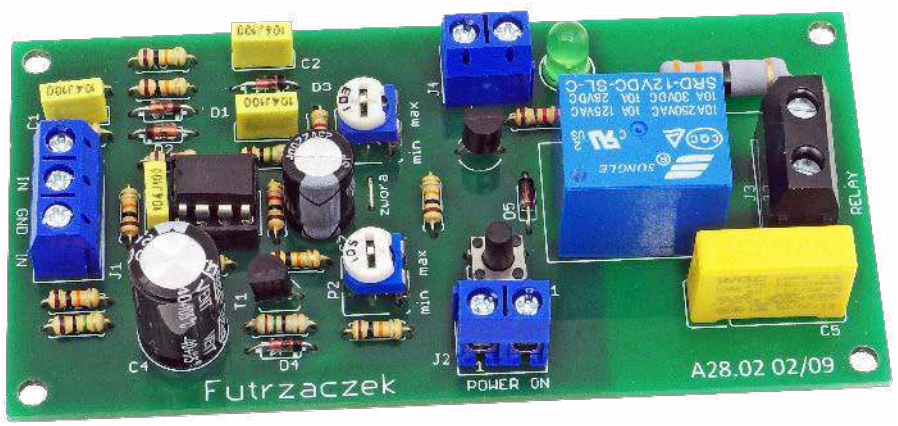
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.

Automatyczny wyłącznik zestawu audio

Słuchanie muzyki nocą, na przykład z gramofonu, jest relaksujące, a jeszcze lepiej kiedy możemy przy takich dźwiękach zasnąć. Warto byłoby wtedy nie martwić się o wyłączenie naszego zestawu audio. O ile niektóre końcówki mocy mają funkcję samoczynnego przejścia w tryb czuwania po pewnym czasie od zaniku sygnału, o tyle źródła sygnału audio już rzadko. Ten układ bezpiecznie wyłączy cały nasz sprzęt.



Kiedy meloman nastawi płytę na swoim gramofonie i wsłuchany w dźwięki zdrzemnie się, warto byłoby wyłączyć jego sprzęt po zakończeniu odtwarzania. Ta sama sytuacja może równie dobrze dotyczyć odtwarzacza CD lub magnetofonu szpulowego. Chodzi o oszczędzanie zarówno samego sprzętu, jak i cennej (coraz, zresztą, cenniejszej) energii elektrycznej oraz o zmniejszenie ryzyka wystąpienia pożaru w przypadku, na przykład, silnie nagrzewających się wzmacniaczy lampowych.

Ten układ cały czas „nasłuchuje" co dzieje się na liniach sygnałowych bądź łączących wzmacniacz z głośnikami. Jeżeli przez dłuższy czas nie pojawi się na nich sygnał, rozłączy przekaźnik i będzie oczekiwał na ponowne wyzwolenie, pobierając przy tym znikomą moc. Uruchomienie sprzętu będzie możliwe po podaniu sygnału lub krótkotrwałym wciśnięciu niewielkiego przycisku.

Budowa i działanie

Schemat automatycznego wyłącznika znajduje się na **rysunku 1**. Monitorowany sygnał należy podłączyć do zacisków złącza J1. Środkowy zacisk to masa, a wejścia znajdują się na skrajnych wyprowadzeniach. Sygnały wejściowe są sumowane przez rezystory R1 i R2. Można w ten sposób monitorować np. prawy i lewy kanał. Jednak nie zaleca się podłączania tutaj dodatniej i ujemnej linii sygnału symetrycznego (na przykład ze złącza XLR), gdyż suma napięć na obu tych liniach zawsze jest równa zeru.

Rezystor R3 polaryzuje te wejścia potencjałem masy i delikatnie je obciąża, jak również polaryzuje lewą okładkę kondensatora C1. Z kolei R4 polaryzuje prawą okładkę tego elementu i dalsze podzespoły. Zadaniem C1 jest usunięcie z sygnału ewentualnej składowej stałej, która mogłaby fałszywie wzbudzać układ. Diody D1 i D2 ograniczają amplitudę takiego sygnału audio, aby nie wychodziła poza granice dopuszczalne przez następny podzespół. Rezystor R5 oraz wypadkowa rezystancja R1, R2 i rezystancji wyjściowej źródła sygnału audio ograniczają ich prąd.

Elementem, który wykrywa sygnał jest komparator US1B, czyli połowa popularnego układu LM393. Na drugie jego wejście podawane jest napięcie stałe, regulowane potencjometrem P1, które ustala próg zadziałania. Źródłem tego napięcia jest przewodząca stale dioda D1, polaryzowana rezystorem R6 ze źródła zasilania. Dzięki temu odkłada się na niej około 0,7 V, niemal niezależnie od aktualnej wartości napięcia zasilającego. Niewielkie wahania uzyskanego tym sposobem napięcia (wywołane zmianami napięcia zasilającego układ oraz temperatury) nie mają większego wpływu na działanie układu, gdyż chodzi jedynie o ustalenie progu przerzutu komparatora powyżej poziomu szumów i ewentualnych zakłóceń. Czy to napięcie będzie wynosiło 0,65 V czy też 0,72 V,

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory: (THT o mocy 0,25 W jeżeli nie wskazano inaczej)
R1, R2, R5, R6, R9, R12, R13, R15, R16: 10 kΩ
R3, R4, R8, R14: 1 MΩ
R7: 3,3 kΩ
R10, R17: 1 kΩ
R11: 15 Ω
R18: 33 Ω 3 W
P1: 10 kΩ montażowy leżący jednoobrotowy
P2: 1 MΩ montażowy leżący jednoobrotowy (opis w tekście)

Kondensatory:
C1...C3, C6: 100 nF raster 5 mm MKT
C4: 1000 µF 25 V raster 5 mm
C5: 100 nF MKP X2 305 V AC raster 15 mm
C7: 220 µF 25 V raster 2,5 mm

Półprzewodniki:
D1, D2: 1N4148
D3...D5: BAT85
LED1: zielona 5 mm
T1, T2: BC327
US1: LM393 (DIP8)

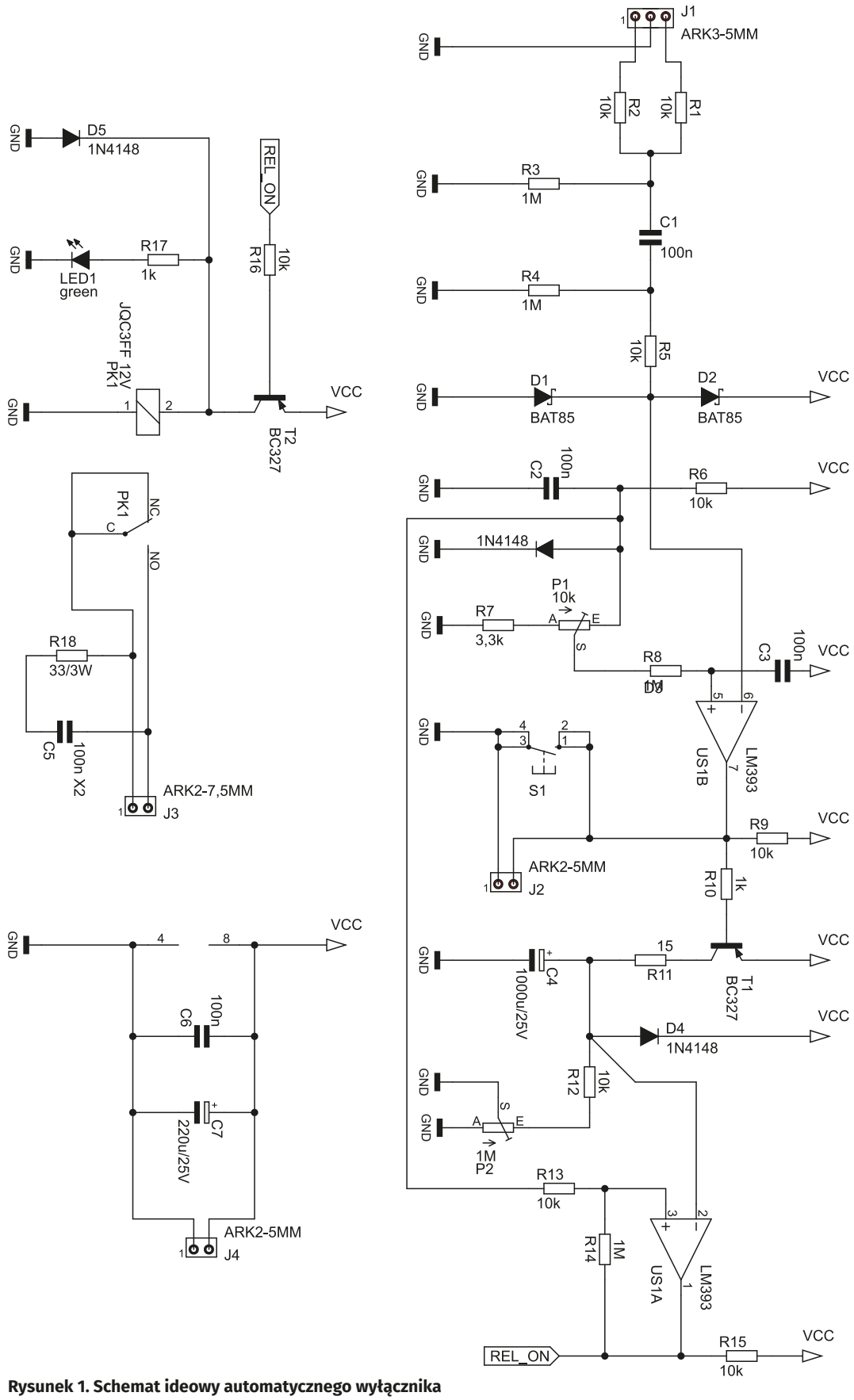
Pozostałe:
J1: ARK3/500
J2, J4: ARK2/500
J3: ARK2/750
PK1: JQC3FF 12 V
S1: microswich 6×6 13,5 mm

eprasa.pl a53a1e2c07

nie ma większego znaczenia, a cena układu w ten sposób nie wzrośnie o specjalizowane, dokładne źródło napięcia referencyjnego.

Napięcie zadziałania układu, czyli próg przerzutu komparatora US1B, można regulować w zakresie od około 25% do 100% napięcia referencyjnego, czyli – zmierzone w układzie prototypowym – od 150 mV do 610 mV. Rezystor R1 nie pozwala na ustawienie zerowego napięcia, ponieważ offset napięciowy komparatora mógłby powodować samoczynne zadziałanie układu. Dodanie niewielkiego marginesu „od dołu" w regulacji powoduje, że offset napięciowy oraz szumy i zakłócenia nie wywołają przerzutu komparatora.

Rezystor R8 ma dwojaką rolę. Po pierwsze, wyrównuje rezystancje „widziane" przez oba wejścia komparatora. Dla wejścia odwracającego dominującą rolę odgrywa R4, o wartości 1 MΩ, więc R8 musi mieć taką samą rezystancję. Po drugie, razem z kondensatorem C3 umożliwia on krótkotrwałe podniesienie potencjału wejścia nieodwracającego po włączeniu zasilania układu. „Pusty", rozładowany C3 zachowuje się w stanie nieustalonym jak zwarcie, więc potencjał tego wejścia jest na początku wysoki i zaraz potem opada do nominalnej wartości, zadanej potencjometrem P1. Taki zabieg ma na celu zapobiegnięciu wzbudzenia się układu wywołanego stanami nieustalonymi, na przykład relatywnie wolno narastającym napięciem na diodzie krzemowej D3.

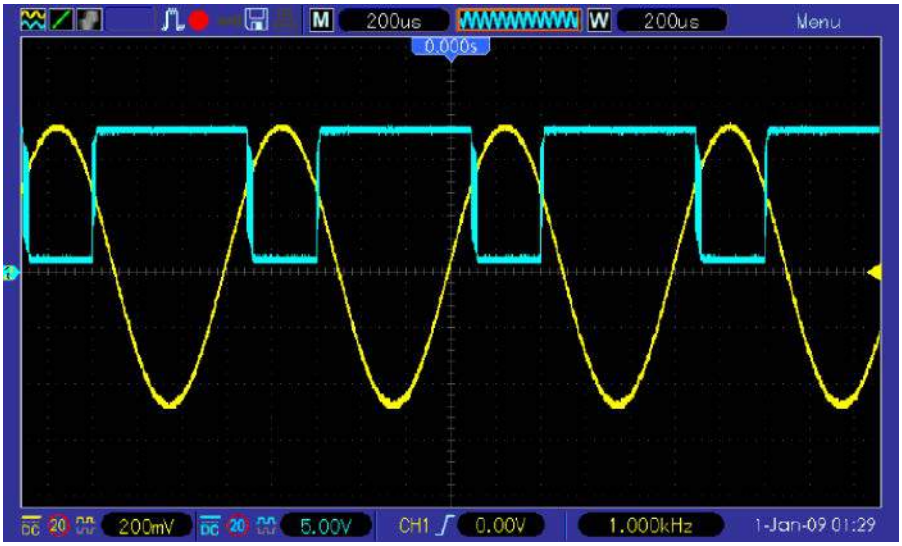


Rysunek 1. Schemat ideowy automatycznego wyłącznika

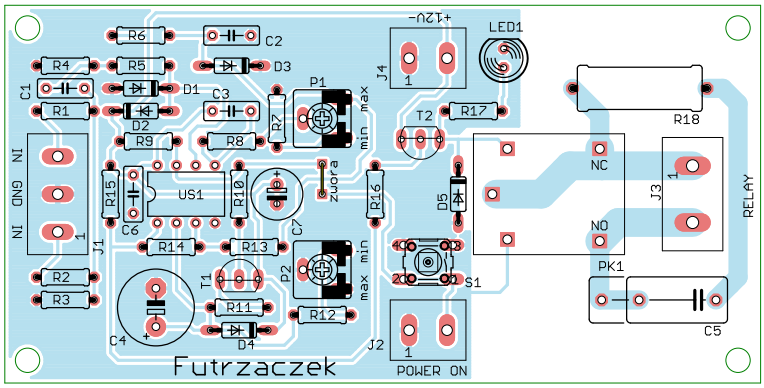
Przewodząca dioda krzemowa jest doskonałym źródłem szumu śrutowego. Aby zmniejszyć jego wpływ na działanie układu, równolegle do wyprowadzeń diody został dodany kondensator C2, który – wraz z rezystancją dynamiczną diody – tworzy filtr dolnoprzepustowy. Podobny filtr, znacznie zresztą skuteczniejszy (o niższej częstotliwości granicznej, rzędu 1,6 Hz) tworzy kondensator C3 z rezystorem R8. Jednak poprzez C3 mogą do wejścia nieodwracającego komparatora przenikać tętnienia zasilania i mieć wpływ na wartość progu przerzutu, dlatego zasilanie układu powinno być dobrze filtrowane, zwłaszcza z tętnień wysokiej częstotliwości których źródłem mogą być przetwornice impulsowe.

Jeżeli komparator US1B wykryje sygnał o dostatecznie wysokiej wartości chwilowej, sprowadza potencjał swojego wyjścia (typu „otwarty kolektor") niemal do zera,

eprasa.pl a53a1e2c07



Rysunek 2. Oscylogram napięcia wejściowego (żółty) i na wyjściu komparatora US1B (niebieski)



Rysunek 3. Schemat płytki PCB

co wprowadza w stan przewodzenia tranzystor T1. Dobrze widać to na oscylogramie z rysunku 2, który zawiera przebieg czasowy napięcia wejściowego oraz na nóżce 7 układu US1, czyli wyjściu wspomnianego komparatora US1B. Został wykreślony przy napięciu zasilania 12 V, częstotliwości sinusoidalnego sygnału wejściowego 1 kHz o wartości międzyszczytowej 1 V i potencjometrze P1 ustawionym na maksymalną wartość napięcia zadziałania komparatora.

Jednak nie zawsze będzie możliwe podanie sygnału w celu załączenia przekaźnika. Dlatego został dodany microswitch S1, którego wciśnięcie daje dla układu taki sam efekt, co podanie sygnału. Dzięki niemu można uruchomić cały system audio, w tym również źródło sygnału, które będzie potem podtrzymywało jego działanie w trakcie pracy. Jeżeli ktoś chce wyprowadzić ten przycisk gdzieś poza płytkę, może to uczynić podłączając zewnętrzny przycisk monostabilny do zacisków złącza J2.

Przewodzący od czasu do czasu tranzystor T1 doładowuje kondensator C4. Rezystor R10 ogranicza prąd bazy tego tranzystora, chroniąc go przed uszkodzeniem, zaś R9 utrzymuje w stanie zatkania przy braku pobudzenia, gdyż jego napięcia baza-emiter jest wtedy sprowadzane do zera. Z kolei rolą rezystora R11 jest ograniczenie prądu ładowania kondensatora C4, który ma znaczną pojemność. Wartość R11 została tak dobrana, aby przy całkowicie rozładowanym kondensatorze C4 i napięciu zasilania 12 V, prąd kolektora T1 nie przekroczył wartości bezpiecznej dla BC327.

Za powolne rozładowywanie kondensatora C4 odpowiada sumaryczna rezystancja rezystora R12 i potencjometru P2. Im wyższa jest ta wartość, tym wolniej przebiega rozładowywanie, więc większe interwały czasowe mogą występować między kolejnymi impulsami doładowującymi C4. Dioda D4 rozładowuje kondensator C4 po wyłączeniu zasilania, przez co przygotowuje układ do ponownego zadziałania zanim nastąpi samoczynne rozładowanie C4.

Napięcie na górnej okładce C4 jest stale monitorowane przez komparator US1A. Jeżeli to napięcie przekracza te, które odkłada się na stale przewodzącej diodzie D3 (czyli około 0,7 V), wówczas komparator załącza swoje wyjście, czyli sprowadza jego potencjał niemal do zera. Rezystory R13 i R14 wprowadzają do komparatora dodatnie sprzężenie zwrotne, czyniąc zeń przerzutnik Schmitta, aby nie występowały chaotyczne oscylacje napięcia wyjściowego komparatora będącego na granicy przerzutu.

Komparator US1A steruje, za pośrednictwem tranzystora T2, przekaźnikiem PK1. Rezystor R15 utrzymuje ten tranzystor w stanie zatkania i polaryzuje jednocześnie tranzystor wyjściowy zawarty w strukturze komparatora. Dioda LED1 sygnalizuje załączenie cewki przekaźnika. Dioda D5 chroni tranzystor T2 przez zniszczeniem w momencie zatykania, do którego mogłoby dojść wskutek impulsu samoindukcji wygenerowanego przez wyłączaną cewkę przekaźnika.

Elementy R18 i C5 tworzą prosty gasik RC, przyczyniając się do ograniczania emisji zakłóceń elektromagnetycznych w momencie zmiany stanu styków przekaźnika, kiedy przez zaciski złącza J3 zaczyna płynąć (bądź przestaje) prąd zasilający podłączony zestaw audio. Z kolei C6 i C7 filtrują napięcie zasilające układ, które należy podłączyć do złącza J4.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 100×50 mm. Jej schemat został pokazany na **rysunku 3**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się otwory montażowe o średnicy 3,2 mm.

Wszystkie elementy znajdujące się na płytce są przystosowane do montażu przewlekanego. Należy je wlutować klasycznie, poczynając od najniższych, a na najwyższych kończąc. Należy pamiętać o jednej zworce z cienkiego drutu między potencjometrami P1 i P2. Szczegóły montażu można zobaczyć na fotografii tytułowej. Pod układ scalony US1 polecam zastosować podstawkę.

Prawidłowo zmontowany układ jest od razu gotowy do działania i nie wymaga jakichkolwiek czynności uruchomieniowych. Zasilanie dla układu podłącza się do zacisków złącza J4 i powinno wynosić 12 V – dokładne granice wyznacza prawidłowe zadziałanie cewki przekaźnika. Pobór prądu wynosi około 2 mA przy wyłączonym przekaźniku i rośnie do około 40 mA po jego załączeniu.

Potencjometrem P1 można ustawić czułość układu. Skręcając jego ślizgacz w stronę napisu MIN na płytce uzyskujemy zadziałanie przy niższej amplitudzie sygnału wejściowego. W prototypie wyznaczono doświadczalnie, że jest to wartość 150 mVpp. Z kolei, przy P1 ustawionym na MAX, układ załącza przekaźnik przy około 700 mVpp na wejściu. Napięcie wejściowe może znacznie przekraczać te wartości, układ będzie wtedy działał niezmiennie.

Czas podtrzymania przekaźnika PK1 można ustawić potencjometrem P2. Przy ślizgaczu skręconym na MIN, do wyłączenia przekaźnika dochodzi po około 30 s po ostatnim impulsie podtrzymującym. Maksymalna wartość tego interwału to około godzina. Można wymienić P2 na egzemplarz o innej rezystancji, na przykład 100 kΩ, jeżeli chcemy uzyskać regulację w węższym zakresie.

Michał Kurzela, EP

eprasa.pl a53a1e2c07

Podstawowe parametry:

- zawiera moduł radiowy Wireless-Tag WT51822-S4AT z mikrokontrolerem Nordic nRF51822,
- nie jest wymagana antena, ponieważ tę rolę pełni odpowiednio zaprojektowana ścieżka na płytce,
- działa jak radiowy tor UART,
- łatwa konfiguracja,
- przystosowany do płytki Raspberry Pi Pico.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

~~~~ Ekspander modułów dla RPi Pico (EP 4/2022)
~~~~ Podwójny interfejs ethernet dla RPi (EP 4/2022)
~~~~ Moduł multiIO dla RPI Zero (EP 3/2022)
~~~~ Interfejs użytkownika z wyświetlaczem OLED dla Pi Pico (EP 3/2022)
~~~~ Zasilacz bezprzerwowy z akumulatorem litowym dla Raspberry Pi Pico (EP 2/2022)
~~~~ Vintage audio DAC na TDA1387 (EP 2/2022)

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

Moduł BLE4.1 dla RPi Pico

Zaprezentowany moduł uzupełnia funkcjonalność płytki Pi Pico o możliwość komunikacji bezprzewodowej z użyciem układu Wireless-Tag WT51822-S4AT, który jest jednym z najmniejszych i łatwiejszych w aplikacji rozwiązań komunikacyjnych BLE4.1. Zastosowano w nim mikrokontroler Nordic nRF51822, który wymaga niewielu elementów dodatkowych, a zaimplementowane gotowe oprogramowanie pozwala na szybkie uruchomienie aplikacji.

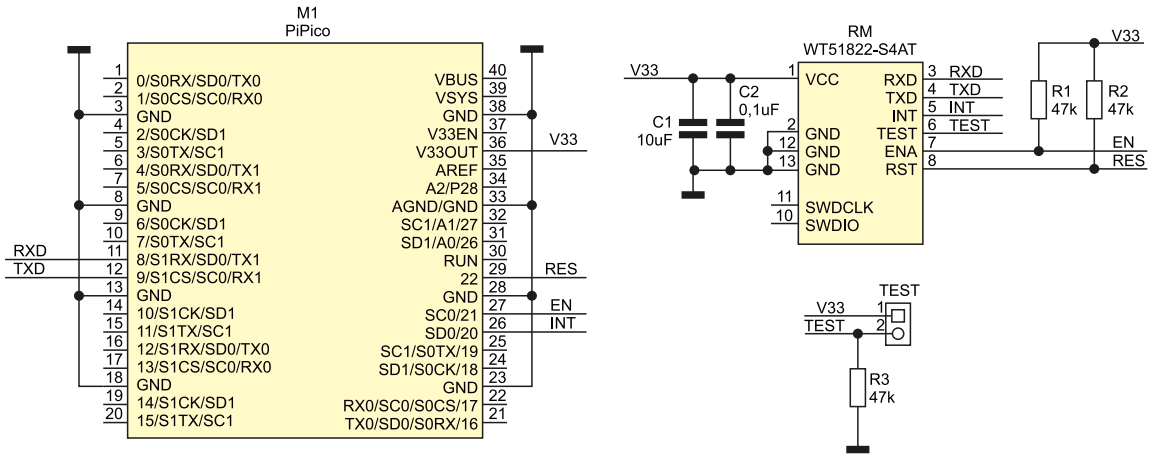


Mikrokontroler nRF51822 wraz z niezbędnymi elementami znajduje się na małej płytce o wymiarach 18,5×9,1×2 mm, którą należy zamontować w docelowym urządzeniu. W naszym przypadku będzie to płytka modułu rozszerzającego dopasowania do Pi Pico. Nie jest wymagana nawet dodatkowa antena, ponieważ tę rolę pełni odpowiednio zaprojektowana ścieżka na płytce mikrokontrolera. Niewątpliwą zaletą rozwiązania jest też łatwa i szybka konfiguracja. Takie rozwiązanie to dobra alternatywa dla tanich, słabo udokumentowanych rozwiązań lub rozbudowanych modułów renomowanych producentów, które w prostszych aplikacjach nie zawierają nawet części swoich możliwości.

Budowa i działanie

Moduł radiowy WT51822-S4AT, którego wygląd został pokazany na **fotografii 1**, odpowiada za realizację transmisji szeregowej UART z zastosowaniem BLE4.1. Można śmiało nazwać go „radiowym" odpowiednikiem konwerterów UART/USB od FTDI. Dzięki jego zastosowaniu, można w łatwy sposób zwiększyć funkcjonalność istniejącego projektu, bazującego na procesorze RP2040 o monitorowanie lub sterowanie poprzez Bluetooth, wprowadzając aplikację w świat IoT i to dosłownie w ciągu kilku minut.

Schemat modułu dla RPi Pico został pokazany na **rysunku 1**. Moduł radiowy WT51822-S4AT oznaczony jako RM, jest zasilany napięciem 3,3 V ze stabilizatora wbudowanego w Pico. Komunikacja odbywa się



Rysunek 1. Schemat modułu BLE4.1 dla RPi Pico

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

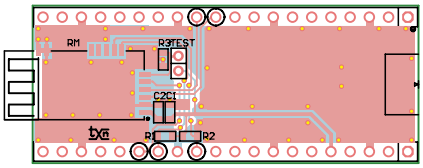
Rezystory: (SMD0603)
R1, R2, R3: 47 kΩ

Kondensatory: (SMD0603)
C1: 10 µF ceramiczny
C2: 0,1 µF ceramiczny

Półprzewodniki:
RM: WT51822-S4AT (WT51822-S4AT) Moduł BLE

Pozostałe:
M1: PiPico (PIPICO) złącze żeńskie 1×20
TEST: listwa SIP2 2 mm + zwora

eprasa.pl a53a1e2c07



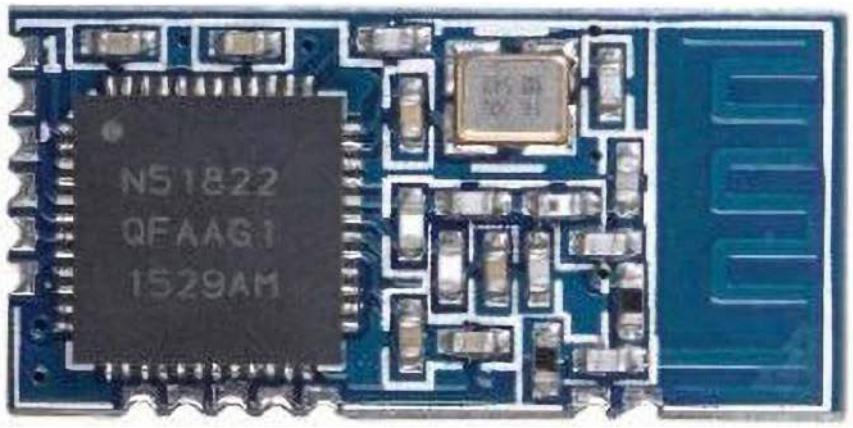
Rysunek 2. Schemat płytki PCB

przez UART dostępny na wyprowadzeniach GPIO8 i 9. Dodatkowo do modemu podłączone są sygnały sterujące RES (RESET) GPIO22 restartujący modem, EN (ENABLE) GPIO21 aktywujący UART oraz sygnał generowanego przerwania po odebraniu znaku INT GPIO20. Zwora TEST służy do szybkiego przetestowania modułu, który w trybie tym niezwłocznie odsyła odebrane dane do sparowanego urządzenia, czyli realizuje funkcję loop-back, ale korzystając z interfejsu radiowego BLE – bez konieczności sterowania przez UART.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. Montaż nie wymaga szczegółowego opisu, finalnie urządzenie wygląda jak na fotografii tytułowej.

Do sprawdzenia modułu przydatny będzie telefon z zainstalowanym programem Serial Bluetooth Terminal dostępnym w sklepie Google Play, którego autorem jest Kai Morich. Skrypt testowy został pokazany na **listingu 1**.



Fotografia 1. Moduł radiowy WT51822-S4AT

Po podłączeniu płytki do Pi Pico i uruchomieniu środowiska Thonny w terminalu musimy sparować modem WT51822, korzystając z jego fabrycznych ustawień. Pierwszą czynnością jest włączenie interfejsu Bluetooth w smartfonie, następnie w aplikacji terminala należy zeskanować dostępne urządzenia, co zostało pokazany na **rysunku 3**. W liście dostępnych modułów powinien znaleźć się WT-0001 dla którego należy zdefiniować profile usług. Konfiguracji dokonujemy poprzez wybór i przytrzymanie nazwy modułu WT-0001, co wywoła opcje Connect i Edit. Należy zdefiniować profile (Edit) zgodnie z **rysunkiem 4**. Następnie

Listing 1. Skrypt testowy

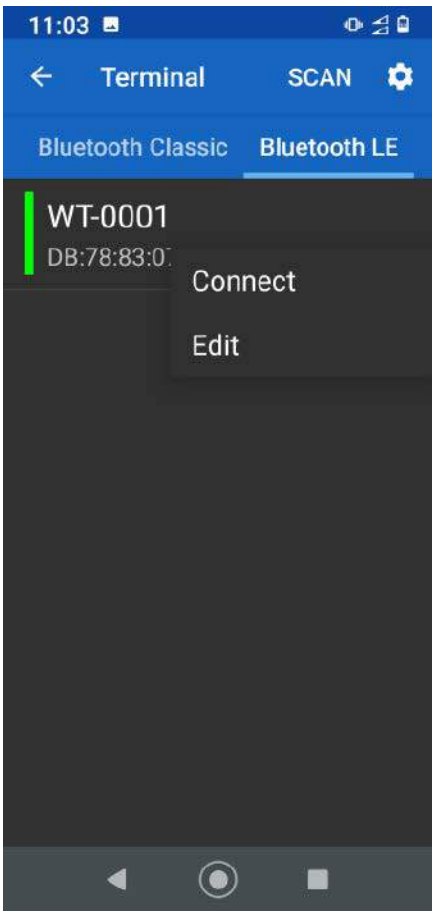
```
from machine import UART, Pin
import time
from time import sleep

RES = Pin(22, Pin.OUT)
EN = Pin(21, Pin.OUT)
INT = Pin(20, Pin.IN)

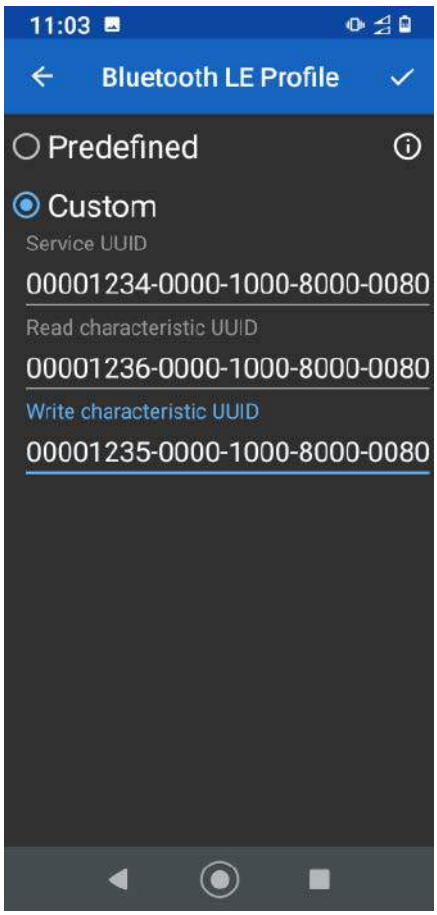
RES.value(1)
EN.value(1)

uart0 = UART(1, baudrate=9600, tx=Pin(8), rx=Pin(9))
b = None

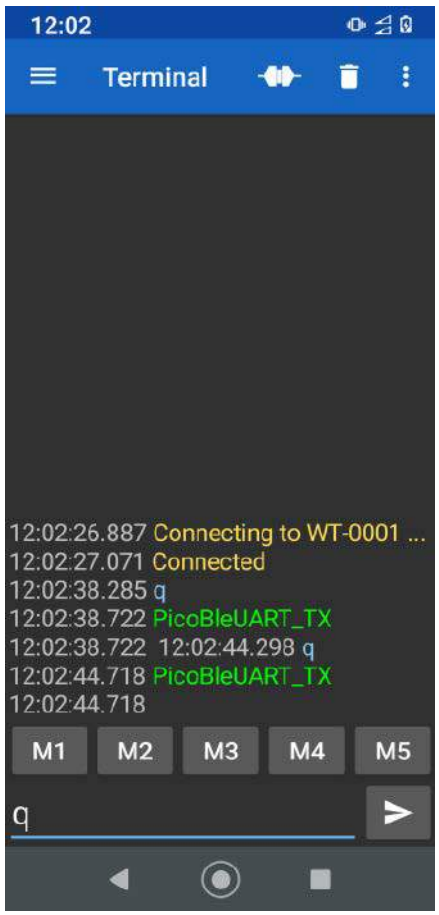
while True:
  sleep(1)
  if uart0.any():
    txData = b'PicoBleUART_TX\n\r'
    uart0.write(txData)
    b = uart0.readline()
    print(b)
```



Rysunek 3. Wyszukiwanie urządzeń



Rysunek 4. Definiowanie UUID



Rysunek 5. Połączenie modułu

eprasa.pl a53a1e2c07

łączymy się z modułem (Connect), prawidłowe połączenie prezentuje **rysunek 5**, potwierdzone zostaje ono także w okienku terminala. W środowisku Thonny uruchamiamy skrypt *BLEconf.py*, który po odebraniu każdego znaku z terminala potwierdzi to odesłaniem tekstu *PicoBleUART_TX*, co potwierdza poprawne działanie modułu.

Modem może zostać skonfigurowany przy użyciu komend AT, Domyślnie WT51822-S4AT ma ustawione parametry transmisji 9600, 8, N, 1 i tak należy skonfigurować UART. Podstawową komendą jest odczyt parametrów modułu AT+RX, który zwraca nazwę, prędkość transmisji oraz adres MAC, komenda AT+VERSION zwraca wersję modułu. Każda komenda AT wysłana do modułu wymaga zakończenia znakiem końca linii CR, często pisanym jako *\r*. Aby zmienić nazwę wydajemy komendę AT+NAME=NowaNazwaModułu, jeżeli operacja przebiegnie poprawnie otrzymamy potwierdzenie OK. Komendą AT+BAUD=xxxx można ustawić wymaganą prędkość transmisji. Jeżeli nie jest wymagana pełna moc nadajnika możemy dostosować ją do wymogów aplikacji (zasięgu) komendą AT+RFPM=x gdzie x = 0...8 ustawia moc +4 dBm do –40 dBm. Komenda AT+RESET restartuje moduł, a AT+DEFAULT przywraca ustawienia domyślne. Szczegółowy opis komend znajduje się w dokumentacji modułu.

Adam Tatuś, EP

Podstawowe parametry:

- realizuje transmisję szeregową UART w paśmie ISM 868 MHz z modulacją LoRa,
- zawiera gotowy, wyspecjalizowany moduł radiowy,
- płytka drukowana zgodna rozmiarami z Raspberry Pi Zero
- wyposażony jest w gniazdo antenowe do anteny o impedancji 50 Ω pracującej w paśmie 868 MHz, zakończonej wtykiem żeńskim uFL.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

- Ekspander modułów dla RPi Pico (EP 4/2022)
- Podwójny interfejs ethernet dla RPi (EP 4/2022)
- Moduł multiIO dla RPI Zero (EP 3/2022)
- Interfejs użytkownika z wyświetlaczem OLED dla Pi Pico (EP 3/2022)
- Zasilacz bezprzerwowy z akumulatorem litowym dla Raspberry Pi Pico (EP 2/2022)
- Vintage audio DAC na TDA1387 (EP 2/2022)

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

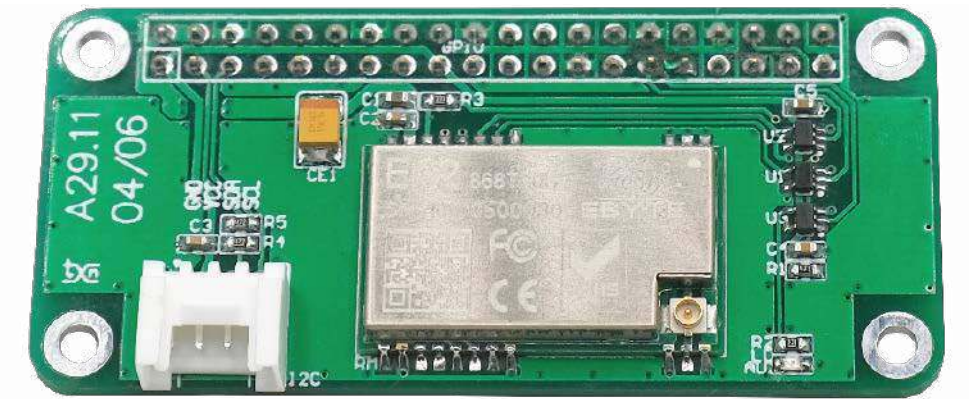
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.

Moduł LoRa dla Raspberry Pi Zero

Zaprezentowany moduł rozszerza funkcjonalność komputerka Raspberry Pi Zero (i nie tylko) o możliwość komunikacji w paśmie ISM 868 MHz przy użyciu modulacji LoRa. Tor radiowy został zrealizowany z zastosowaniem gotowego, wyspecjalizowanego modułu radiowego co umożliwia wprowadzenie własnych aplikacji do świata IoT w ciągu dosłownie kilku minut…



W urządzeniu zastosowano moduł radiowy E32-868T20S firmy Ebyte, który został pokazany na **fotografii 1**. Odpowiada on za realizację transmisji szeregowej UART w paśmie ISM 868 MHz z modulacją LoRa. Wybór modemu został podyktowany jego prostą aplikacją i konfiguracją.

Budowa i działanie

Schemat modułu rozszerzającego został pokazany na **rysunku 1**. Modem radiowy oznaczony jako RM jest zasilany napięciem 5 V ze złącza GPIO. Do konfiguracji i wymiany danych służy interfejs UART dostępny na wyprowadzeniach GPIO14 i 15 Raspberry Pi. Dioda AUX sterowana sygnałem AUX modemu wskazuje aktywną komunikację, sygnał AUX doprowadzony jest także do GPIO16, gdzie może być użyty do kontroli stanu modemu.

Modem wyposażony jest w gniazdo antenowe do bezpośredniego podłączenia anteny o impedancji 50 Ω pracującej w paśmie 868 MHz, zakończonej wtykiem żeńskim uFL. Do sterowania trybem pracy modemu wymagane są dwa sygnały: M0 i M1, których znaczenie opisano w **tabeli 1**. Do zmiany stanów sygnałów M0 i M1 służą wyprowadzenia GPIO5 i 6, które zawierają separację w postaci buforów U1 i U2. Dodatkowo do złącza I2C doprowadzono magistralę I²C przydatną do podłączenia zewnętrznych czujników.

Montaż i uruchomienie

Układ jest zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej zgodnej rozmiarami z Raspberry Pi Zero, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. Dla sprawdzenia modułu konieczne jest przygotowanie dwóch komputerków Raspberry Pi z aktywowanym portem szeregowym, czy to poprzez konfigurator raspi-config, czy bezpośrednio w pliku *config.txt*, poprzez dodanie linii `enable_uart=1`. Należy pamiętać o wyłączeniu w pliku *cmdline.sys* funkcji SSH, jeżeli korzysta z portu szeregowego.

Po restarcie systemu instalujemy, w zależności od preferencji, terminal portu szeregowego minicom lub picocom. Konfigurujemy piny GPIO5 i 6 sterujące sygnałami M0, M1 oraz ustawiamy je w domyślny stan 1 (**listing 1**), co zapewnia pracę modemów w konfiguracji fabrycznej.

Fabrycznie port szeregowy modemu jest skonfigurowany do transmisji z ustawieniami 9600, 8N1 i taką konfigurację należy ustawić w uruchamianych terminalach. Wybieramy port odpowiadający sprzętowemu UART na wyprowadzeniach GPIO14 i 15, czyli ttyAMA0 dla Pi4 lub ttyS0 dla Pi3 oraz brak emulacji terminala, czyli transmisję znakową ANSI. Fabryczna konfiguracja przewiduje pracę modemów jako jednokanałowy link radiowy dla portu szeregowego. Uruchamiamy dwa terminale szeregowe, z opisanymi ustawieniami. Znaki wpisywane w jednym z terminali powinny pojawiać się w drugim i odwrotnie,

eprasa.pl a53a1e2c07



Fotografia 1. Moduł E32-868T20S

Tabela 1. Tryby pracy modemu E32

Tryb	M0	M1	Opis
0	0	0	standardowy tryb pracy, działa jak radiowy link UART
1	0	1	moduł do transmisji dołącza preambułę wybudzającą modemy odbiorcze, pracujące w trybie oszczędzania energii (tryb 2)
2	1	0	tryb oszczędzania energii WOR, możliwy tylko odbiór danych, modem jest wybudzany tylko przez modem nadawczy pracujący w trybie 1,
3	1	1	tryb konfiguracji

Tabela 2. Instrukcje konfiguracyjne modemu

Tryb	Format instrukcji	Opis
1	C0+lista parametrów	C0 + 5 bajtów konfiguracji (hex), parametry są zapisane w pamięci przy zaniku zasilania
2	C1+C1+C1	Odczyt aktualnej konfiguracji modemu przykładowo C0 00 00 1A 06 44
3	C2+lista parametrów	C0 + 5 bajtów konfiguracji (hex), parametry nie są zapisane w pamięci przy zaniku zasilania
4	C3+C3+C3	Odczyt wersji modemu, np: C3 45 0D 14
5	C4+C4+C4	Reset modemu

Listing 1. Ustawienie wejść konfigurujących GPIO5 i 6 w stan wysoki

```
echo 5 > /sys/class/gpio/export
echo out > /sys/class/gpio/gpio5/direction
cd /sys/class/gpio/gpio5
echo 1 > value

echo 6 > /sys/class/gpio/export
echo out > /sys/class/gpio/gpio6/direction
cd /sys/class/gpio/gpio6
echo 1 > value
```

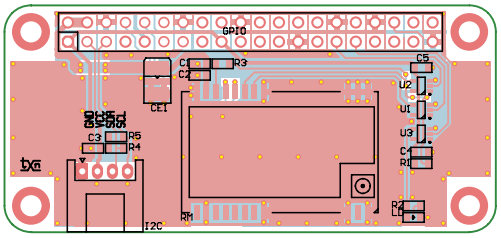
transmisja powinna być sygnalizowana mignięciem diody AUX.

Jeżeli modemy działają prawidłowo w konfiguracji fabrycznej, można przejść do opracowania własnej aplikacji. W pierwszej kolejności należy pamiętać o wprowadzeniu modemów w tryb konfiguracji ustawiając stany M0 = 1, M1 = 1 (GPIO5 i 6 = 0) i parametry portu szeregowego 9600, 8, N, 1. Obsługiwane są instrukcje konfiguracyjne, zestawione w **tabeli 2**.

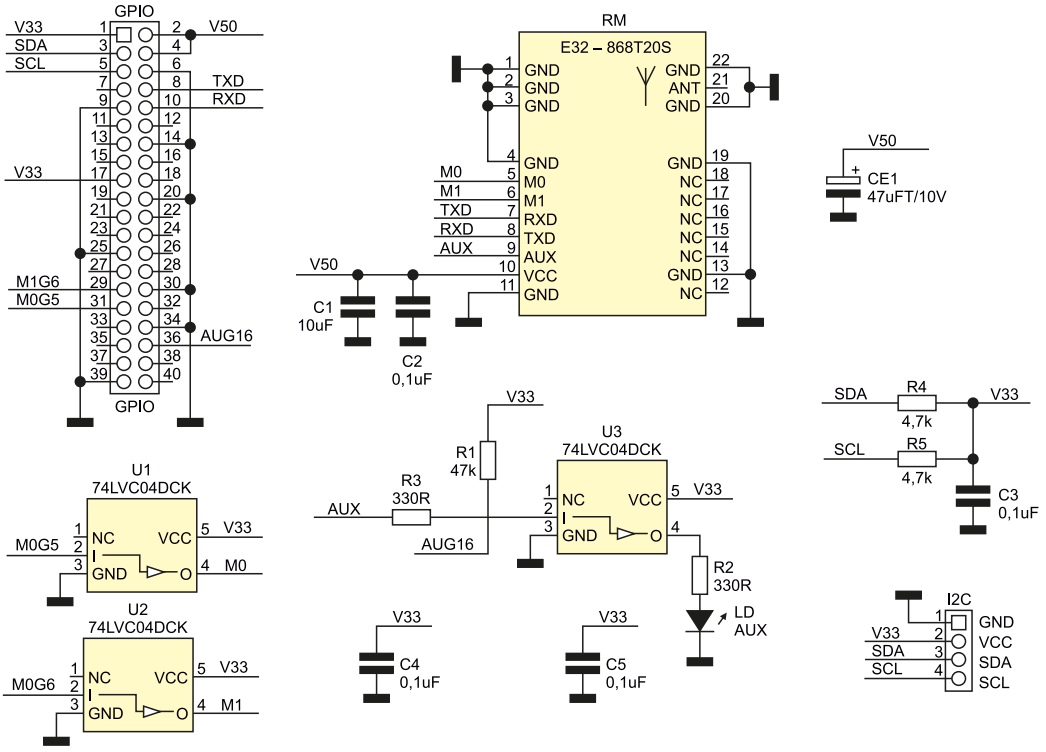
Znaczenie poszczególnych parametrów konfiguracyjnych opisano w **tabeli 3**. Jeżeli modemy ustawione zostaną w tryb adresacji, tylko modem ze zgodnym kanałem i adresacją będzie odbierał transmitowane dane. Jeżeli adres zostanie ustawiony na 65535, modem będzie pracował w trybie rozgłoszeniowym Broadcast i wszystkie moduły ze zgodnym kanałem będą odbierać dane.

W przypadku użycia modemu E32 należy pamiętać, że oprócz sprawdzania FEC, nie jest zapewniona żadna inna metoda zabezpieczania transmisji. Transmisja jest „otwarta" i możliwa do podsłuchania dowolnym innym modemem E32 pracującym z taką samą konfiguracją. Autoryzacja urządzeń i szyfrowanie przesyłanych danych, musi być wykonane w aplikacji sterującej.

Adam Tatuś, EP



Rysunek 2. Schemat płytki PCB



Rysunek 1. Schemat modułu LoRa dla Raspberry Pi Zero

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory: (SMD0603, 5%)
R1: 47 kΩ
R2, R3: 330 Ω
R4, R5: 4,7 kΩ

Kondensatory:
C1: 10 µF (SMD0603)
CE1: 47 µF/10 V (SMD3528) tantalowy
C2, C3, C4, C5: 0,1 µF (SMD0603)

Półprzewodniki:
LD: led czerwona (SMD0603)
U1, U2, U3: 74LVC04DCK (SC70-5)
RM: radiomodem Ebyte E32-868T20S

Pozostałe:
GPIO: złącze IDC żeńskie 2×20

eprasa.pl a53a1e2c07

Tabela 3. Parametry konfiguracyjne

Lp.	Element	Opis	Uwagi
0	HEAD	Stałe C0 lub C2, oznacza to, że ramka jest poleceniem kontrolnym	C0 – parametry zapisywane przy zaniku zasilania C2 – parametry nie zapisywane przy zaniku zasilania
1	ADDH	Starszy bajt adresu (domyślne 0x00)	0x00...0xFF
2	ADDl	Młodszy bajt adresu (domyślne 0x00)	0x00...0xFF
3	SPED	Bity 7, 6 00 – 8N1 (default) 01 – 8O1 10 – 8E1 11 – 8N1 (znaczenie jak 00)	Kontrola parzystości UART
		Bity 5, 4, 3 000 – 1200 bps 001 – 2400 bps 010 – 4800 bps 011 – 9600 bps (domyślne) 100 – 19200 bps 101 – 38400 bps 110 – 57600 bpd 111 – 115200 bps	Prędkość UART (TTL UART Data Rate)
		Bity 2, 1, 0 000 – 300 bps 001 – 1200 bps 010 – 2400 bps (domyślna) 011 – 4800 bps 100 – 9600 bps 101 – 19200 bps 110 – 19200 bps (znaczenie jak 101) 111 – 19200 bps (znaczenie jak 101)	Prędkość połączenia radiowego (AIR Data Rate)
4	CHAN	Bity 7, 6, 5 zarezerwowane Bity 4...0, numer kanału radiowego (częstotliwość), domyślnie 0x06 = 868 MHz	862 MHz + (CHAN *1 MHz), 0x00...0x1F
5	OPTION	Bit 7 0 – transmisja transparentna (domyślna) 1 – transmisja z adresacją	Tryb adresacji
		Bit 6 0 – TXD, RXD, AUX typu OC 1 – TXD, RXD, AUD typu push-pull	Konfiguracja GPIO
		Bit 5, 4, 3 000 – 250 ms (default) 001 – 500 ms 010 – 750 ms 011 – 1 s 100 – 1,25 s 101 – 1,5 s 110 – 1,75 s 111 – 2 s	Czas wybudzenia
		Bit 2 0 – FEC OFF 1 – FEC ON	Korekcja błędów
		Bit 1, 0 00 – 20 dBm (domyślna) 01 – 17 dBm 10 – 14 dBm 11 – 10 dBm	Moc nadajnika

REKLAMA

Chcesz czytać nasze najnowsze artykuły jeszcze przed wydrukowaniem w EP?

Zajrzyj na

www.ep.com.pl/EPwtoku



eprasa.pl a53a1e2c07



Niezawodna komunikacja bezprzewodowa

Anteny marki Ethertronics (AVX) do modułów komunikacyjnych

Wraz z rozwojem technologii bezprzewodowych, zwiększyła się dostępność modułów komunikacyjnych korzystających z radiowych pasm UHF i SHF. Zaletami tych rozwiązań są m.in. szczegółowa i międzynarodowa standaryzacja, łatwość implementacji oraz stosunkowo duża odporność na zakłócenia głównie dzięki wąskim pasmom częstotliwości, w których następuje transmisja. I chociaż zastosowania modułów komunikacyjnych różnią się od siebie, wymagają jednego wspólnego elementu: odpowiednich anten. Dzięki nim komunikacja może odbywać się bez przeszkód, nawet w trudnych warunkach środowiskowych czy atmosferycznych, pozwalają również zwiększyć zasięg wielu urządzeń i uzyskać optymalne wyniki pracy.

Więcej informacji:
Transfer Multisort Elektronik
93-350 Łódź, ul. Ustronna 41
tel. 42 645 55 55, dso@tme.pl, www.tme.pl

Standardy takie jak Wi-Fi, Bluetooth czy LTE dzięki wielu zaletom stosowane są już nie tylko w typowych aplikacjach, takich jak bezprzewodowe przesyłanie dźwięku czy dostęp do Internetu z urządzeń mobilnych, ale również w aplikacjach przemysłowych czy infrastrukturze publicznej np. w systemach monitorowania natężenia ruchu czy warunków pogodowych. Należy jeszcze wymienić jedną, istotną cechę nowoczesnych systemów komunikacji bezprzewodowej – energooszczędność. Niskie zapotrzebowanie na energię pozwala konstruować urządzenia typu IoT (*Intenet of Things*) czy inne mobilne nadajniki/odbiorniki np. systemy przeznaczone do kontrolowania floty pojazdów.

Ethertronics jest firmą specjalizującą się w produkcji wyspecjalizowanych anten do cyfrowych modułów komunikacyjnych, a także telefonów, tabletów itp. Producent ten należy do amerykańskiego koncernu AVX, który z kolei znajduje się w grupie Kyocera, jednego z największych japońskich producentów komponentów i urządzeń elektronicznych. Od dłuższego czasu w ofercie TME stale rośnie liczba artykułów marki Etherntronics – zminiaturyzowanych akcesoriów do układów korzystających z technologii Wi-Fi, GSM, GPS i wielu innych. Dziś pragniemy naszym klientom przybliżyć ofertę tego dostawcy – skupiając się na głównych grupach produktów oraz nowościach w katalogu TME.

Oferta anten od Ethertronics

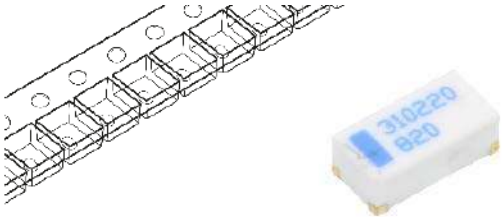
Anteny marki Ethertronics można podzielić na kilka kategorii. Pod względem montażu będą to elementy przeznaczone do zabudowy, montażu na zewnątrz obudowy (np. w kabinie kierowcy) oraz bezpośredniego wlutowania w obwód PCB. Większość oferowanych produktów przeznaczona jest jednemu, konkretnemu pasmu częstotliwości, jednak to samo pasmo może być obsługiwane przez kilka standardów transmisyjnych.

W naszym katalogu znalazły się również anteny przeznaczone ściśle określonym metodom komunikacji, jak również wielofunkcyjne – zawierające więcej niż jeden promiennik i obsługujące kilka częstotliwości/norm. W pierwszej kolejności skupimy się na podziale wg wskazanych przez producenta aplikacji.

Anteny pasm ISM – WLAN, Bluetooth, ZigBee...

Pasmo ISM (*Industrial, Scientific, Medical*) początkowo było przeznaczone do wąskiego przedziału zastosowań, jednak dziś należy do najpopularniejszych zakresów częstotliwości. W jego granicach (2,4 GHz i 5,8 GHz) funkcjonują m.in. standardy Wi-Fi, Bluetooth oraz cieszące się popularnością sieci protokołu ZigBee. Przeznaczone do komunikacji w tych standardach anteny Ethertronics

eprasa.pl a53a1e2c07



Fotografia 1. Antena typu M310220 o zysku energetycznym 1,7 dBi i podstawie 3×1,5 mm



Fotografia 2. Antena GPS (typ 1001039) przeznaczona do montażu w urządzeniach mobilnych i IoT



Fotografia 3. Antena LTE (typ 1003657) ze złączem MMCX



Fotografia 4. Antena w formie płytki rozszerzającej (typ M620720-01) zawierającej antenę SMD i złącze SMA na PCB

obsługują polaryzację liniową (przewidzianą przez ww. normy) i w większości przeznaczone są do montażu powierzchniowego (**fotografia 1**). Występują także w formie prototypowych płytek PCB wyposażonych w złącze SMA. Oferują zysk energetyczny w zakresie od 1 dBi do 4,4 dBi, co w wielu przypadkach (zwłaszcza urządzeń mobilnych) może doprowadzić do znacznej poprawy jakości transmisji.

Anteny systemów nawigacji satelitarnej

W gałęzi naszego katalogu pod ogólnym hasłem „Anteny GPS" znalazły się liczne rozwiązania przeznaczone do systemów nawigacji satelitarnej. Pozwalają one na odbiór nie tylko sygnałów triangulacji GPS, ale również pokrewnych (konkurencyjnych) systemów GLONASS (rosyjski ГЛОНАСС), drugiej generacji BeiDou (Chiny), a także Galileo (Unia Europejska). Podobnie jak w przypadku anten komunikacyjnych, tutaj



Fotografia 5. Zestaw anten typu X1005244LWA3SX10A2 zapewnia kompleksową obsługę komunikacji bezprzewodowej

również oferujemy wybór rozwiązań do bezpośredniego montażu w obwodach PCB (**fotografia 2**) oraz antenę zintegrowaną z aktywnym, niskoszumnym wzmacniaczem (LNA) podłączaną za pomocą koncentrycznego wtyku IPEX MHF.

Transmisja danych przez sieć komórkową (LTE)

W przypadku urządzeń mobilnych lub położonych poza zasięgiem standardowych metod komunikacji bezprzewodowej konstruktorzy i instalatorzy mają do wyboru dwa rozwiązania: rozbudowę sieci przekaźników lub wykorzystanie istniejącej infrastruktury GSM. Oczywiście ze względów ekonomicznych częściej wybiera się tę drugą możliwość. Transmisja danych przez sieć komórkową jest niezastąpioną metodą również w przypadku systemów alarmowych czy też pokładowych biletomatów komunikacji publicznej. W ofercie Ethertronics dostępnej za pośrednictwem TME znalazły się anteny GSM i LTE (**fotografia 3**) oferujące zysk od 2,7 dBi do 6,2 dBi – kompaktowe, precyzyjnie skalibrowane oraz wyposażone w powszechnie stosowane złącza (m.in. SMA oraz MMCX, z którego chętnie korzystają producenci routerów USB).

Anteny do modułów RF

Anteny RF współpracują z modułami komunikacyjnymi o zakresie częstotliwości od 863 MHz do 928 MHz. Cieszą się one dużą popularnością, zwłaszcza w aplikacjach nadających/odbierających małe ilości danych. Odznaczają się bowiem bardzo przystępną ceną i należą do najłatwiejszych w implementacji: zazwyczaj za pomocą dedykowanych bibliotek, które umożliwiają konfigurację i transmisję za pomocą dosłownie kilku linii kodu. Tutaj Ethertronics oferuje dwa rozwiązania: kompaktową antenę w formacie elementu SMD oraz płytkę rozszerzającą podłączaną za pomocą przewodu z wtykiem SMA (**fotografia 4**). Ta ostatnia jest, de facto, modułem wyposażonym w antenę SMD – czyli narzędziem rozwojowym, przeznaczonym przede wszystkim do prac z prototypami, testów itp.

Nowości – anteny/moduły wielofunkcyjne

Nowością w naszej ofercie są zabudowane anteny Ethertronics – przeznaczone do jednoczesnej obsługi kilku protokołów. Mogą zostać podłączone np. do urządzeń umieszczonych w ekranowanym zamknięciu albo poprawiać jakość transmisji/odbioru w pojazdach, których metalowe kabiny tłumią sygnał radiowy. Anteny zostały zamknięte w plastikowych obudowach, a każdy z modeli obsługuje co najmniej dwa standardy komunikacji. Przykładowo, X1005244LWA3SX10A2 (**fotografia 5**) posiada trzy anteny, każda z osobnym, klarownie oznaczonym wyprowadzeniem SMA (na kablach o długości 1 m). Ich przeznaczeniem są: GPS, GSM, LTE oraz Wi-Fi. A zatem jeden produkt zaspokoi potrzeby nawet bardziej złożonych systemów, jak komputery pokładowe czy autonomiczne lub zdalnie sterowane maszyny przemysłowe.

Transfer Multisort Elektronik Sp. z o.o.

eprasa.pl a53a1e2c07



Najważniejsze systemy łączności bezprzewodowej dla IoT

Kluczową cechą wszystkich aplikacji z dziedziny Internetu Rzeczy jest możliwość efektywnej wymiany danych, zarówno pomiędzy samymi urządzeniami, jak i z globalną siecią udostępniającą szereg usług chmurowych. Z powodu różnorodności zastosowań komunikacja poprzez Wi-Fi stała się niewystarczająca w wielu przypadkach i dlatego powstało kilka nowych technologii przeznaczonych do bezprzewodowego przesyłania zwłaszcza niewielkich pakietów danych i przede wszystkim na duże odległości. Ponad to nowe rozwiązania odznaczają się niezwykle niskim zapotrzebowaniem na energię elektryczną. Omówimy trzy standardy, które obecnie dominują – LoRa, SigFox i NB-IoT.

Mówiąc o Internecie Rzeczy (IoT) i nowoczesnej komunikacji bezprzewodowej nie sposób uniknąć używania popularnych *buzzwordów*, jednak należy pamiętać, że za każdym takim słowem kryją się konkretne aplikacje, rozwiązania technologiczne i potrzeby biznesowe. Podkreślić trzeba zwłaszcza ten ostatni aspekt – firmy inwestują ogromne środki w rozwój nowych technologii, pomieważ opierają się na twardych danych, dotyczących potrzeb rynków, a te okazują się być bardzo duże.

Mówiąc o Internecie Rzeczy mamy na myśli urządzenia (R*zeczy*), które są ze sobą w jakiś sposób połączone (*Internet*). W tym przypadku, mamy na myśli systemy w pewnym sensie i*nteligentne*, które są w stanie zbierać i przekazywać dane z czujników lub reagować na sygnały i bodźce. Obejmuje to urządzenia od tak prostych elementów, jak np. włączniki światła sterowane przez Wi-Fi czy stacje meteorologiczne aż do kamer wideo z wbudowanymi algorytmami widzenia maszynowego, zdolne do rozpoznawania twarzy czy systemy

eprasa.pl a53a1e2c07

logistyczne, montowane w autobusach, które w czasie rzeczywistym monitorują lokalizację pojazdu na trasie, aby na przystankach prezentować rzeczywisty czas przyjazdu autobusu. To, co unifikuje wszystkie te systemy to fakt, że funkcjonują one w jakiejś sieci umożliwiającej wymianę danych, po to, aby komunikować się z pozostałymi elementami systemu. W większości przypadków nie ma innej możliwości niż użycie sieci bezprzewodowych.

W jakim celu, dla kogo i jak?

Te pytania są kluczowe w przypadku nowatorskich aplikacji. Większość omawianych w tym artykule rozwiązań komunikacji bezprzewodowej jest przeznaczonych do systemów Internetu Rzeczy. Mówiąc o IoT nie sposób uniknąć tematyki komunikacji, jak podkreślono to we wstępnych akapitach. Z samej definicji, jak i nazwy, wynika, że systemy IoT muszą być podłączone do jakiegoś rodzaju sieci (Internetu). W kontekście łączenia ze sobą urządzeń IoT mówimy na ogół o sieciach LPWAN (*Low Power Wide Area Network*), które jak sama nazwa wskazuje, charakteryzują dwa kluczowe aspekty: *Low Power*, czyli niskie zużycie energii oraz *Wide Area*, czyli duży zasięg.

Mówiąc o minimalizacji mocy pobieranej przez moduł komunikacji bezprzewodowej musimy pamiętać, że urządzenia IoT, w których najczęściej montowane są moduły komunikujące się z pomocą sieci LPWAN, są na ogół zasilane bateryjnie. Chcemy, aby wymiana baterii w urządzeniu, czy też konieczność jego ładowania (w przypadku zastosowania akumulatora w układzie) była możliwie rzadka – obecnie wiele mówi się o systemach, które serwisować trzeba raz na rok i rzadziej, więc należy wymagać od urządzenia poboru mocy na poziomie, który by to umożliwiał. Oczywiście, na wypadkowy czas pracy na baterii systemu LPWAN wpływ ma wiele czynników, nie tylko sam pobór mocy przez moduł komunikacyjny, jednak w wielu przypadkach, jest on dominujący lub przynajmniej nie bez znaczenia, dla całkowitego budżetu mocy.

Jeśli chodzi z kolei o zasięg, to sieci WAN nie mają ścisłej definicji, jednak mówiąc o takiej sieci ma się na myśli infrastrukturę regionalną, krajową czy nawet większą. Dla uproszczenia przyjmijmy, że mówiąc o sieciach LPWAN również na myśli mamy duży zasięg, minimalnie na poziomie całego, dużego miasta.

Wielka Trójka

Obecnie na rynku mówi się o trzech technologiach, jako dominujących rozwiązaniach w zakresie bezprzewodowej komunikacji LPWAN. Dynamika „starcia" pomiędzy nimi jest ogromna, co tym bardziej jest ciekawe, gdyż technologie te różnią się w pewnych kluczowych aspektach i rozwiązaniach. W zasadzie, jedyną rzeczą, która je łączy, to aplikacje w systemach komunikacji LPWAN.

Na rynku obecne są aktualnie trzy rozwiązania – sieci LoRaWAN (*Long Range Wide Area Network*), Sigfox oraz NB-IoT (*Narrowband Internet of Things*). Przyjrzyjmy się w dalszej części artykułu bliżej tym standardom. W poniższych akapitach znaleźć można rys historyczny powstawania poszczególnych technologii, a także uproszczony opis sposobu ich działania. W dalszej części artykułu postaram się z kolei porównać je od strony aplikacyjnej, co – mam nadzieję – pozwoli na podjęcie odpowiedniej decyzji przy wyborze systemu do zastosowania we własnych projektach.

LoRa

Historia LoRa rozpoczęła się w 2009 roku, kiedy dwóch przyjaciół z Francji zmierzyło się z próbą opracowania technologii modulacji sygnałów radiowych, która miała by zaoferować duży zasięg i mały pobór mocy transceiverów. Pomimo napotkania szeregu problemów po drodze, jak to często bywa w przypadku większości przełomowych technologii, Nicolas Sornin i Olivier Seller nadal poświęcali swój czas na urzeczywistnienie tego pomysłu. W 2010 roku do Nicolasa i Oliviera dołączył trzeci partner, François Sforzę. Wspólnie założyli oni firmę Cycleo. Początkowo trzej założyciele skupili się na branży pomiarowej i mieli na celu dodanie możliwości komunikacji bezprzewodowej dla liczników gazu, wodomierzy i mierników zużycia energii elektrycznej.

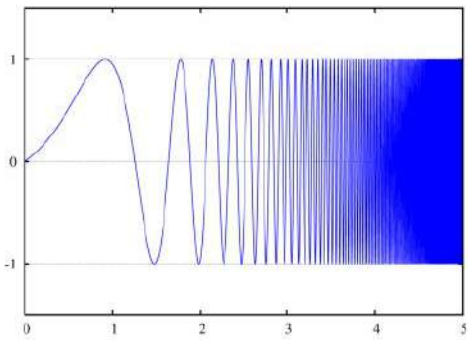
Aby sprostać postawionemu sobie zadaniu wykorzystali technologię modulacji rozproszonej CSS (*Chirp Spread Spectrum*), dotychczas szeroko stosowaną w sonarach w przemyśle morskim i radarach w lotnictwie. Jest ona często spotykana także w królestwie zwierząt – te fizyczne zjawisko jest stosowane przez delfiny i nietoperze do wykrywania ryb czy owadów w ich biologicznym odpowiedniku sonaru. Firma Cycleo nie wymyśliła technologii CSS, ale zainicjowała użycie tej technologii do przesyłania danych.

Przekonana o dużych możliwościach tego wynalazku, firma Semtech nabyła Cycleo w maju 2012 roku. Wtedy rozpoczęła się prawdziwa komercjalizacja tej technologii. Semtech współpracował z Nicolasem, Olivierem i François, aby dalej ulepszać technologię, co pozwoliło sfinalizować rozwój i stworzyć układy wymagane dla urządzeń końcowych (SX1272 i SX1276), jak i dla bramek (SX1301). Jednocześnie stworzono autorski protokół MAC o nazwie LoRaMAC, który, między innymi, określił formaty wiadomości i sprecyzował opis warstwy bezpieczeństwa dla prawdziwego protokołu sieciowego.

W lutym 2015 roku utworzono LoRa Alliance, a protokół sieciowy został przemianowany na LoRaWAN – nazwę, pod którą funkcjonuje do dzisiaj. Celem LoRa Alliance było i nadal jest „wspieranie i promowanie globalnego przyjęcia standardu LoRaWAN poprzez zapewnienie interoperacyjności wszystkich produktów i technologii LoRaWAN", jak przeczytać można w oficjalnych dokumentach LoRa Alliance. Kluczową firmą, zaangażowaną w rozwój i popularyzację LoRaWAN i całego ekosystemu pozostaje nadal Semtech.

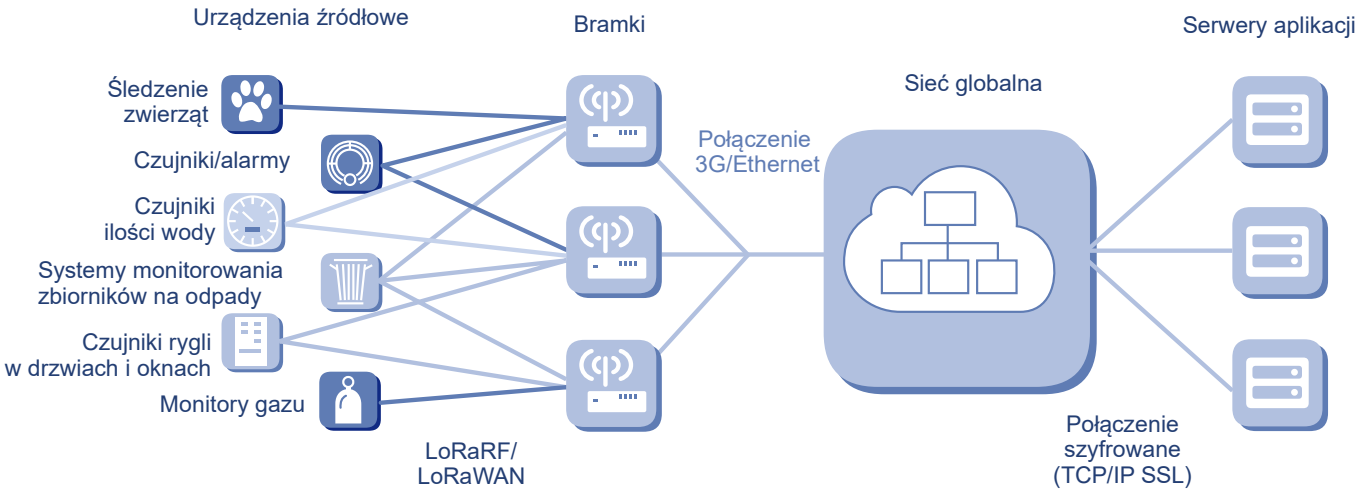
U podstaw systemu LoRa leży modulacja CSS. W systemach komunikacji cyfrowej, Chirp Spread Spectrum to technika korzystająca z tzw. szerokiego widma (*spread spectrum*), która wykorzystuje szerokopasmowe impulsy *chirp* o modulowanej częstotliwości do kodowania informacji. O sygnale świergotowym (*chirp*) mówimy wtedy, gdy jego częstotliwość zmienia się monotonicznie w czasie – rośnie lub maleje w czasie trwania impulsu (**rysunek 1**). Związek częstotliwości sygnału z czasem może być liniowy, ale często wyrażany jest za pomocą funkcji wykładniczej. Podobnie jak w przypadku innych metod używających widma rozproszone, sygnał świergotowy optymalnie korzysta z całego przydzielonego mu pasma do nadawania sygnału, dzięki czemu jest bardzo odporny na szum. Ponadto, ponieważ działa w szerokim paśmie, sygnał taki jest również bardzo odporny na zanikanie wielodrogowe, nawet podczas pracy przy bardzo małej mocy nadajnika. Dodatkowo sygnał typu *chirp* jest odporny na efekt Dopplera, który jest istotnym problemem w zastosowaniach w radiokomunikacji mobilnej.

LoRa to sieć o topologii gwiazdy, rzadziej drzewa hybrydowego. W centralnym miejscu sieci LoRa znajduje się tzw. bramka, która podłączona jest z jednej strony do sieci LoRa, a z drugiej strony np. do Internetu (**rysunek 2**)



Rysunek 1. Sygnał świergotowy

eprasa.pl a53a1e2c07



Rysunek 2. Typowa struktura aplikacji z użyciem komunikacji LoRa

SigFox

Sigfox to francuski globalny operator sieci założony w 2010 roku, który buduje sieci bezprzewodowe w celu łączenia obiektów o niskim poborze mocy, takich jak liczniki energii elektrycznej i smartwatche, które muszą być stale włączone i przesyłać niewielkie ilości danych. Sigfox został założony przez dwóch Francuzów – przez Ludovica Le Moana i Christophe Fourteta w 2009 roku. Założeniem było stworzenie sieci, która pozwoliłaby na połączenie ze sobą „każdego urządzenia na świecie", jak zapowiadali założyciele. Sieć ta miała być stosowana do nawiązywania połączenia w sposób całkowicie niezależny od m.in. sieci komórkowych.

Podstawowe założenia systemu były podobne, jak te, które przyświecają innym systemom LPWAN – niski pobór mocy, duży zasięg i mała ilość przekazywanych danych w postaci usługi łączności typu end-to-end. Wizja ta spodobała się wielu inwestorom, dlatego też firmie udało się zgromadzić pokaźne środki na rozwinięcie technologii. W ciągu zaledwie kilku lat Ludovic Le Moan zebrał prawie 300 milionów euro od inwestorów strategicznych i finansowych w Europie, Stanach Zjednoczonych i Azji, aby wesprzeć ekspansję swojej globalnej sieci. Jest on także współzałożycielem „IoT Valley", pierwszego w Europie ekosystemu IoT, który ma pomóc start-upom przyspieszyć wdrażanie rozwiązań Internetu Rzeczy.

Aktualnie sieci te są obecne w 75 krajach i regionach na świecie. Sigfox szczyci się tym, że jest pierwszym graczem, który zbudował największy ekosystem IoT na świecie, integrujący w sobie podmioty od wielkich producentów po setki start-upów i producentów urządzeń na czterech kontynentach. Chociaż w większości krajów współpracują z istniejącymi dostawcami sieci, to systemy Sigfoxa działają niezależnie w USA, Hiszpanii, Francji i Niemczech. Firma nie poprzestaje na tym i planuje dalszą ekspansję na kolejne rynki, jak i poprawianie dostępu do Sigfoxa w krajach, w których sieć ta jest już obecna.

Sigfox, to jednocześnie nazwa firmy i protokołu, jaki jest stosowany we flagowej technologu spółki. Do transmisji danych Sigfox stosuje różnicowe kluczowanie z binarnym przesunięciem fazy (DBPSK) i kluczowanie z przesunięciem częstotliwości Gaussa (GFSK), które umożliwiają komunikację przy użyciu otwartego fragmentu pasma radiowego przeznaczonego do zastosowań przemysłowych, naukowych i medycznych. W Europie jest to pasmo w okolicach 868 MHz, a w USA okolice 902 MHz. Jest to sygnał o dużym zasięgu, który swobodnie przechodzi przez obiekty stałe, jest nazywany *Ultra Narrowband* i wymaga niewielkiej ilości energii do pracy. Sieć Sigfox jest oparta na jednoskokowej topologii gwiazdy i wymaga od zewnętrznego operatora np. telefonii komórkowej przenoszenia generowanego ruchu. Sygnał można wykorzystać do łatwego pokrycia dużych obszarów, jak i dotarcia do obiektów podziemnych.

NB-IoT

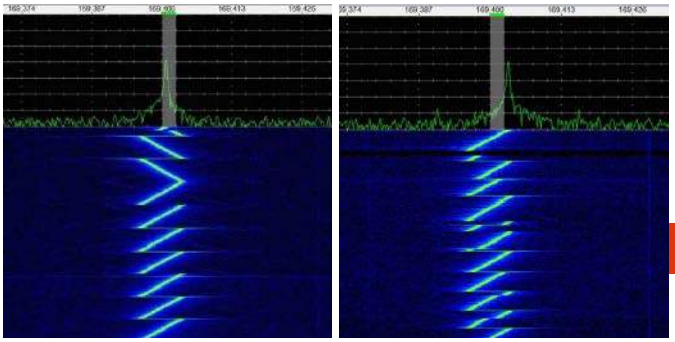
Technologia Narrowband-IoT (wąskopasmowy Internet Rzeczy) to element standardu 3GPP, opracowanego dla systemów telefonii komórkowej. NB-IoT dodane zostało do standardu 3GPP w wersji 13, która zatwierdzona została w czerwcu 2016 roku. 3GPP to branżowe porozumienie organizacji standaryzacyjnych, zajmujących się telefonią komórkową i powiązanymi technologiami. W ramach tego porozumienia normalizowane są protokoły komunikacyjne dla telekomunikacji mobilnej. Porozumienie to zajmuje się, między innymi, rozwojem i utrzymaniem norm związanych z:

- GSM i związanymi z nim normami komunikacji 2G i 2.5 G w tym GPRS oraz EDGE;
- UMTS i związanymi normami 3G, włączając w to HSPA i HSPA+;
- LTE i powiązanymi z nim normami 4G w tym LTE Adavnced oraz LTE Advanced Pro;
- Technologiami 5G NR oraz 5G, włącznie z tzw. 5G-Advanced, które są obecnie na etapie rozwoju konceptualnego.

NB-IoT zdefiniowane jest w ramach LTE Advanced Pro i jest de facto częścią komunikacji 4G, która dostosowana została do wymagań systemów Internetu Rzeczy i komunikacji LPWAN. Istotną zaletą tego rozwiązania, jest integracja z systemami telefonii komórkowej, a co za tym idzie możliwość szerokiej implementacji w wielu miejscach – nie ma potrzeby budowania nowej infrastruktury, gdyż w większości miejsc na świecie takowa już istnieje. Oczywiście nie oznacza to, że automatycznie gdziekolwiek mamy zasięg telefonu komórkowego, tam działać mogą urządzenia NB-IoT – w dalszej części artykułu omówione zostaną różnice techniczne, które stanowią o specyfice tej implementacji komunikacji LTE.

Drugim plusem użycia tego systemu, jest fakt, iż większość modemów komunikujących się z NB-IoT jest sterowana podobnie, łącznie ze starszymi modemami 2G lub 3G. Oznacza to, że możliwa jest łatwa migracja wielu starszych urządzeń na NB-IoT (o ile jest to możliwe biznesowo i technicznie). To niezwykle istotne, jako że w najbliższym czasie można się spodziewać końca sieci 2G i 3G – np. Orange ogłosił już daty wyłączenia tych systemów. W Polsce 3G wyłączone zostanie już za dwa lata – w 2025 roku, a 2G dołączy do niego pięć lat później. Wyłączenie tych sieci ma zwolnić część pasma, które będzie można użyć do zwiększenia przepustowości i zasięgu sieci nowszych generacji.

eprasa.pl a53a1e2c07



Rysunek 3. Zarejestrowany spektrogram sygnału w modulacji LoRa. Z lewej strony pokazana została tzw. preambuła, niezawierająca danych, na której widać w jaki sposób wygląda sygnał modulujący, którego zakres częstotliwości definiuje szerokość pasma. Zmodulowany sygnał został pokazany na przebiegu po prawej stronie

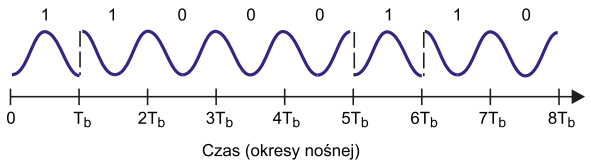
Aspekt technologiczny – porównanie

W przypadku komunikacji LoRa dane cyfrowe kodowane są w kierunku zmiany częstotliwości – z dołu do góry bądź z góry w dół (**rysunek 3**). Szerokość widma, jak i czas trwania świergotu zależne są od konkretnej implementacji (istnieje szereg standardowych wartości), która z kolei wynika m.in. z miejsca na świecie, gdzie używany jest system – różne kraje posiadają różne szerokości pasma i zakresy częstotliwości, przeznaczone dla komunikacji tego rodzaju.

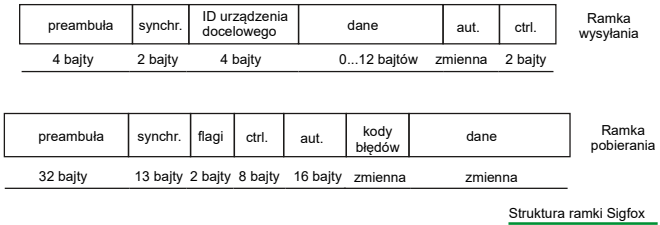
Sieć LoRa jest siecią, w której każde urządzenie może zainicjować komunikację. Pakiet zaczyna się od charakterystycznego układu świergotów – osiem impulsów o częstotliwości rosnącej (*up-chirp*), tak zwana preambuła oraz dwa impulsy o częstotliwości opadającej (analogicznie *down-chirp*), które formują tzw. impulsy synchronizujące, pozwalające na synchronizację pomiaru czasu. Jest to istotne, ponieważ dalsze komendy są ściśle zależne czasowo. Za tymi dziesięcioma impulsami, rozpoczynającymi pakiet, następują dane w postaci symboli kodujących osiem bitów każdy oraz, opcjonalnie, znaki CRC do korekcji błędów transmisji (tylko w uplinku).

W przypadku Sigfoxa stosowane jest popularniejsze kluczowanie binarne różnicowe z przesunięciem fazowym (DBPSK). Jest to powszechny rodzaj modulacji fazy, który stosuje się, aby kodować dane poprzez zmianę fazy fali nośnej. W kodowaniu DPSK faza modulowanego sygnału jest przesuwana względem poprzedniego elementu sygnału, o 180°, aby zakodować jeden znak lub nie jest zmieniana, aby zakodować drugi znak – stąd binarność w nazwie. Dzięki temu sygnały DPSK nie potrzebują synchronicznej (koherentnej) nośnej w demodulatorze. Na **rysunku 4** został pokazany typowy przebieg DBPSK.

Ramka w komunikacji Sigfox jest dosyć skomplikowana. Dodatkowo, ramki przesyłane przez urządzenie (uplink) i do urządzenia (downlink) różnią się między sobą strukturą, a także maksymalną liczbą danych, jaką można w takiej ramce umieścić. Na **rysunku 5** pokazano struktury obu ramek. W przypadku uplinku, ramkę



Rysunek 4. Uproszczony przebieg kodowany DBPSK



Rysunek 5. Struktura ramki transmisji Sigfox



REKLAMA

eprasa.pl a53a1e2c07

rozpoczynają 4 bajty preambuły i 2 bajty synchronizacyjne. Następnie umieszczony jest w niej ID urządzenia docelowego (tj. bramki sieci) i *payload*, czyli przesyłane dane. Pakiet kończą bajty autoryzacyjne i tzw. FCS, czyli bajty kontrolne ramkę, pełniące rolę analogiczną do CRC w innych protokołach.

Przesyłane w drugą stronę ramki mają podobne elementy. Tak samo jak w uplinku, ramkę rozpoczynają preambuła i bajty synchronizacyjne, te mają tutaj, odpowiednio, 4 bajty i niecałe dwa bajty (13, a nie 16 bitów). Następnie przesyłane są flagi (2 bity), FCS (1 bajt), dane autoryzacyjne (2 bajty) i kody błędu (o różnej długości). Finalnie znajduje się *payload* o długości do 8 bajtów.

To, co jest szczególne w przypadku pakietów danych w ramce, to tzw. padding danych. Wynika to z faktu, że ramka danych nie może mieć dowolnej liczby bajtów. W przypadku uplinku *payload* przyjmować może długość 0, 1, 4, 8 lub 12 bajtów. Jeśli nasze dane są krótsze, niż jedna z tych wartości, to dodawane są dodatkowe bity, które mają uzupełnić dane, do wymaganej długości. Jest to o tyle istotne, iż długość pakietu danych ma wpływ na czas transmisji pakietu – odpowiednie dobranie przesyłanych danych i ich formatu (np. przesyłanie wartość bitowo, a nie w postaci znaków ASCII) może istotnie wpłynąć na czas transmitowania pakietów danych – różnica czasu transmisji pomiędzy 12 bajtami a 1 bajtem jest niemalże dwukrotna.

Czas transmisji nie jest tutaj kluczowy w kontekście przepustowości łącza – to i tak jest znacznie mocniej ograniczone innymi czynnikami, ale jest krytyczny w kontekście zużycia energii, a to jest w LPWAN znacznie bardziej istotne. Dwa razy dłuższy czas nadawania, oznacza dwa razy dłużej włączony wzmacniacz mocy w module nadawczym, więc w przybliżeniu podwojenie zużycia energii przez moduł komunikacyjny w urządzeniu (który w wielu urządzeniach IoT jest dominującym konsumentem prądu).

Jeśli chodzi o ograniczenia prędkości, to standard Sigfox przyjmuje prędkość transmisji równą 100 bitów na sekundę, jednak nie to jest kluczowym ograniczeniem. Sam standard ogranicza twardo liczbę komunikatów, jaką wysłać można z pojedynczego urządzenia do 140 pakietów uplink na dobę. Wynika to z faktu, że obecna wersja Sigfoxa korzysta z publicznych częstotliwości radiowych (tzw. pasma ISM) i musi przestrzegać zasad współdzielenia pasma („cyklu pracy"). Przepisy te wprowadzono po to, aby pasma te były dostępne dla wszystkich. W Europie rozporządzenie ETSI zezwala urządzeniom nadawać w tym pasmie 1% czasu w przeliczeniu na godzinę, co oznacza nadawanie przez 36 sekund w czasie godziny. Wysłanie wiadomości zajmuje urządzeniu około 6 sekund, co daje 6 wiadomości na godzinę i 144 wiadomości na dobę. Sigfox założył zapas 4 wiadomości na dobę do wewnętrznego użytku protokołu i ograniczył system do 140 wiadomości na dobę.

Trzeci z omawianych standardów – Narrowband-IoT, ma dwa standardy – LTE Cat NB1 oraz LTE Cat NB2. Wbrew temu, co można by wywnioskować, nie jest to rozwinięcie systemów LTE, a zupełnie nowy standard transmisji, który jednak mocno bazuje na rozwiązaniach warstwy fizycznej LTE. Od strony praktycznej, transmisja NB-IoT ograniczona jest do 26 kbit/s i 127 kbit/s dla downlinku (pobierania danych do urządzenia IoT) dla, odpowiednio, LTE Cat NB1 oraz LTE Cat NB2 i analogicznie 66 kbit/s i 159 kbit/s dla uplinku.

Perspektywy biznesowe

Każde z tych rozwiązań związane jest z innym modelem biznesowym, co sprawia, że porównanie ich pomiędzy sobą wprost nie jest możliwe. Z drugiej strony, obszary aplikacji tych systemów pokrywają się, więc obszar, gdzie takie porównanie jest konieczne jest istotny. W poniższych akapitach przyjrzymy się specyfice modeli biznesowych poszczególnych rozwiązań LPWAN, a następnie rozważymy implikacje tych modeli.

W analizie perspektyw biznesowych poszczególnych rozwiązań stroniłbym od podawania dokładnych kwot, ponieważ na ogół są one uzależnione od wielu czynników. Firmy telekomunikacyjne często oferują swoim klientom rabaty czy uzależniają ceny od przewidywanego wolumenu sprzedaży, a ceny finalnie i tak są negocjowalne. Ponadto, jeśli w artykule zostałyby podane ceny, to najpewniej nie pozostaną one aktualne przez dłuższy czas, a mam nadzieję, że pozostała treść przydatna będzie elektronikom, przez co najmniej kilka najbliższych lat, aż do czasu, gdy rewolucja, związana z popularyzacją IoT, nie dojdzie do kolejnej, stabilnej pozycji.

LoRa Alliance ma bardzo prostą strategię na rozwój ekosystemu, jak i na swój modelu biznesowego. Można powiedzieć w skrócie, że ich podejście jest bardzo otwarte. Wynika to między innymi z faktu, że specyfikacja regulująca sposób zarządzania siecią jest stosunkowo otwarta. Każdy może pobrać specyfikacje systemu i dołączyć do LoRa Alliance, a każdy producent sprzętu lub bram może zbudować moduł lub bramę zgodną ze specyfikacjami LoRa. Haczyk polega na tym, że jedyną firmą, która dostarcza scalone moduły radiowe dla LoRa jest Semtech. Niektórzy producenci stosują układy Semtecha do produkcji układów typu system-in-package, a inni korzystają z IP Semtecha w środku… tak, więc, chociaż sam ekosystem jest otwarty, kluczowy element jest zamknięty i kontrolowany przez jeden podmiot. Wpływa to także na model biznesowy wykorzystania LoRa. Jako użytkownik płacimy jednorazowo za technologię, która znajduje się w bramkach i transceiverach, montowanych w urządzeniach Internetu Rzeczy – korzystając z otwartego, ogólnodostępnego pasma, to jedyna opłata, jaką ponosimy w czasie całego cyklu życia systemów LoRa. Oczywiście, przy założeniu, że korzystamy z własnej infrastruktury w postaci bramki (lub bramek) podłączonych do sieci.

Przyjęty przez Semtech i LoRa Alliance model biznesowy ma też inne implikacje. Jedną z nich jest potencjał LoRaWAN do elastyczności — standard i rozwój nie jest popychany przez jedną, konkretną firmę. W praktyce skutkuje to jednak wolniejszym rozwojem, ponieważ wszystkie standardy tworzone są przez komisję skupiającą różne spółki. jednak, jak wierzy LoRa Alliance, otwartość przyspiesza adopcję, więc każdy może dołączyć do grupy i zbudować własny sprzęt, który będzie wspierał LoRaWAN.

Tutaj jednak pojawiają się dodatkowe głosy w zakresie tego, w jakim kierunku iść ma rozwój LoRa. Prowadzone są dyskusje na temat roamingu między sieciami. Modele biznesowe, jak i technologia wokół tego pomysłu nie zostały jeszcze rozwinięte. Obecnie jednym z następnych kroków może być ustalenie, jak w ogóle umożliwić roaming pomiędzy sieciami. Kolejnym pytaniem będzie oczywiście dopasowanie modelu biznesowego firm, szczególnie tych, które zdecydują się na świadczenie usług dostępu do sieci (udostępniania bramek LoRa). Na ten moment jednak, bezpiecznie możemy założyć, iż w przypadku LoRa, samodzielnie kupujemy tak centralny punkt sieci – bramkę, jak i moduły w urządzeniach IoT, które się z nią komunikują.

Model biznesowy Sigfox przyjmuje z kolei podejście odgórne. Firma jest właścicielem całej swojej technologii i infrastruktury, od backendu danych i serwera w chmurze po oprogramowanie punktów końcowych. Wyróżnikiem jednak jest to, że Sigfox jest zasadniczo otwartym rynkiem dla samych punktów końcowych. Sigfox udostępnia swoją technologię punktów końcowych dowolnemu producentowi układów scalonych itp. o ile oczywiście zostaną uzgodnione pewne warunki biznesowe pomiędzy nimi – z punktu widzenia klienta docelowego te umowy nie są istotne. Znaczący producenci, tacy jak STMicroelectronics, Microchip czy Texas Instruments, produkują moduły radiowe Sigfoxa ponosząc przy tym minimalne koszty. Sigfox uważa, że utrzymanie niskich kosztów aplikacji technologii jest krytyczne, aby skierować ludzi na swój rynek.

Moduły końcowe Sigfox używają standardowych modułów radiowych MSK i są dzięki temu stosunkowo tanie. Można kupić taki chip za kilka dolarów, a cały moduł za mniej niż 10 w dużych ilościach, więc partnerzy Sigfoxa nie przynoszą firmie dużo pieniędzy z samego sprzętu. Sigfox zarabia pobierając od operatorów sieci opłaty z tytułu dostępu do swojej technologii. Innymi słowy, Sigfox niemalże rozdaje sprzęt, ale sprzedaje oprogramowanie/sieć, jako usługę. W niektórych przypadkach firma faktycznie wdraża też

eprasa.pl a53a1e2c07

własne sieci i działa, jako operator. Tak jest m.in. we Francji i Stanach Zjednoczonych. Kupując tam usługę dostęp do komunikacji LPWAN w sieci Sigfox, kupujemy ją bezpośrednio od Sigfoxa. Ostatecznym celem Sigfox jest pozyskanie dużych operatorów sieci z całego świata do wdrażania swojego rozwiązania. W tym celu spółka zebrała już ponad 300 milionów euro i ma ogromny zasięg globalny. W listopadzie 2020 roku sieć Sigfox IoT obejmowała łącznie 5,8 miliona kilometrów kwadratowych w 72 krajach. Na tym terenie mieszka 1,3 miliarda osób – zauważalna część światowej populacji. Zasięg Sigfox w Polsce został pokazany na **rysunku 6**.

Na temat NB-IoT, od strony biznesowej, można pisać dużo, jednak zasadniczo, niczym nie różni się ono od innych rozwiązań, opierających się na telefonii komórkowej. Takowe znane są już w elektronice od dawna, od czasów 2G. Analogicznie, jak w starszych technologiach, do NB-IoT nabywamy kartę SIM (czy to w postaci fizycznego SIM, wbudowanego eSIM, czyli układu scalonego, lutowanego na PCB, który konfigurowany jest programowo) i opłacamy pakiety danych. Występują tutaj obecnie pewne problemy – np. brak roamingu pomiędzy sieciami, czy za granicą u niektórych operatorów, jednak tego rodzaju trudności uznać można za przejściowe i zrzucić na karb młodego wieku technologii i powolnego tempa wdrażania rozwiązania przez dużych (a co za tym idzie bardzo bezwładnych w zakresie zmian) operatorów telefonii komórkowej.

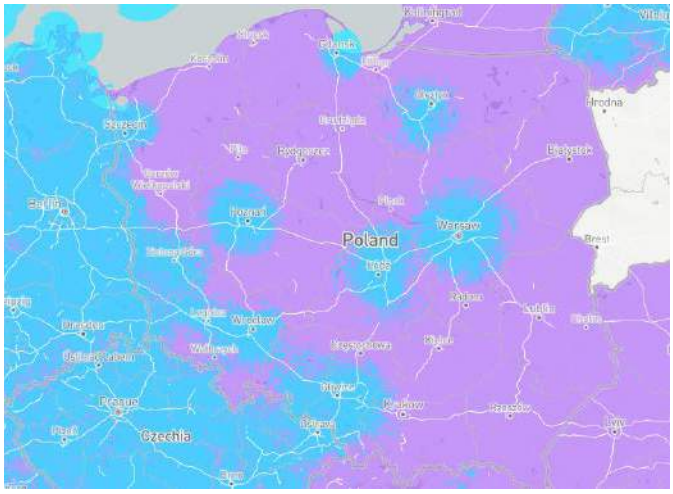
W **tabeli 1** przygotowano porównanie kluczowych aspektów trzech wymienionych tutaj technologii.

Gdzie podążamy?

To pytanie jest kluczowe przy wybieraniu rozwiązania do naszej aplikacji. Jest to szczególnie istotne, jeśli projektowany system jest przeznaczony do, co najmniej kilkuletniego działania. A tak właśnie jest w przypadku ogromnej ilości systemów IoT, wykorzystujących komunikację poprzez LPWAN. Ma to sens tym bardziej, że jeśli projektujemy np. bezprzewodowy, energooszczędny sensor, w którym baterie wymienia się np. średnio raz do roku – typowy czas stosowania takiego sensora to co najmniej kilka lat. Dodatkowo, takie układy są raczej prostymi urządzeniami, więc nie ma się co spodziewać, że nagły postęp technologii spowoduje konieczność aktualizacji projektu.

Do niedawna, ciągle mówiono o wyścigu trzech opisanych technologii o palmę pierwszeństwa. Obecnie Sigfox boryka się z pewnymi problemami i realizowana aktualnie restrukturyzacja może uratować albo pogrążyć firmę. Z kolei wyłączane sukcesywnie sieci 2G i 3G napędzają migrację na systemy NB-IoT, jako de facto najbardziej zbliżone i wymagające najmniejszej zmiany paradygmatu tworzenia urządzeń Internetu Rzeczy.

Na początku tego roku media branżowe doniosły, że Sigfox, mimo zebrania ponad 300 milionów dolarów w funduszach joint venture



Rysunek 6. Zasięg sieci Sigfox w Polsce

itp. złożył wniosek o ochronę upadłościową we Francji, wskazując na wolniejszą niż planowano sprzedaż swoich produktów i wyzwanie związane z COVID-19. Ochrona ta pociąga za sobą restrukturyzację, która początkowo potrwać ma sześć miesięcy i doprowadzić do znalezienia nabywcy spółki, aby kontynuować długoterminowy rozwój Sigfox i utrzymać miejsca pracy. Procedura ta pozwoli Sigfoxowi kontynuować wszelkie działania komercyjne w celu dostarczania klientom usług i zaspokajania ich potrzeb, pod zwierzchnictwem wyznaczonych przez sąd pełnomocników.

Innym istotnym czynnikiem, wpływającym na krajobraz systemów LPWAN, jest zamykanie technologii 2G oraz 3G. O tym, że operatorzy planują likwidować zasięgi tych sieci mówi się już od lat, jednak od pewnego czasu podawane są konkretny, w tym to, co najważniejsze – twarde i konkretne daty. Już w 2020 roku sygnalizowano, że sieci 3G wyłączone w Polsce mają być do 2023 roku. Obecnie Orange wskazują, że technologia 3G wycofana ma zostać w 2025 roku, a 2G do 2030 roku. T-mobile wycofać chce 3G nawet szybciej, bo już w 2023 roku. Ogromna ilość urządzeń korzysta z tych technologii, co oznacza konieczność migracji. Najbardziej zbliżoną do nich jest technologia NB-IoT, więc producenci tych urządzeń będą najczęściej wybierać Narrowband IoT, o ile pokrycie tej sieci będzie dostateczne dla ich aplikacji. Z drugiej strony, im zainteresowanie NB-IoT będzie większa, tym pokrycie powierzchni kraju będzie szybciej rosnąć.

Podsumowanie

Ciężko wskazać pojedynczą technologię LPWAN, którą można by nazwać najlepszą. Wszystko, jak zwykle, zależy od detali aplikacji – do różnych systemów, najlepsze będą różne rozwiązania. Ciężko też

Tabela 1. Skrótowe porównanie kluczowych cech systemów łączności bezprzewodowej dla systemów Internetu Rzeczy

	LoRa	Sigfox	NB-IoT
Zasięg	od kilku kilometrów (w środowisku miejskim) do kilkunastu kilometrów (poza miastem) od bramki	od kilku kilometrów (w środowisku miejskim) do nawet 50 km (poza miastem) od stacji bazowej. Konieczna jest obecność stacji bazowej operatora	do 35 km od stacji bazowej, wspierającej ten standard
Prędkość transferu danych (uplink)	do 50 kbit/s	600 bit/s (prędkość teoretyczna*)	do 159 kbit/s
Zużycie energii	około 100 mW na komunikat	do 50 mW na komunikat	710...840 mW
Koszt modułu w urządzeniu IoT	30...50 zł	20...40 zł	50...200 zł
Koszt bramki/infrastruktury	około 1...5 tysięcy złotych za bramkę	brak – po stronie operatora	brak – po stronie operatora
Koszt komunikacji	zerowe	około 100 zł za urządzenie za rok	zależne od operatora – większe niż LoRa i Sigfox
*komunikacja ograniczona do 6 komunikatów po maks. 12 bajtów każdy, na godzinę – 1,6 bit/s			

eprasa.pl a53a1e2c07

ściśle zdefiniować ogólne kryteria, jakimi można by się kierować, aby wybrać najlepszą z technologii. Systemy LoRa doskonale nadają się do średniej wielkości instalacji, operujących w ograniczonym terenie. Wymogiem jest konieczność instalacji bramki w miejscu, które pozwoli pokryć zasięgiem cały obszar działania sensorów. Relatywnie wysokie początkowe koszty szybko zwracają się, dzięki temu, że jako właściciele infrastruktury, nie ponosimy kosztów związanych z jej eksploatacją (oprócz zużycia energii elektrycznej). Dodatkowo – dzięki temu, że dane poruszają się tylko w naszej sieci (istnieje możliwość zupełnego odcięcia systemu od Internetu) – system jest niemalże idealnie zabezpieczony.

Sigfox jest kuszącą opcją, jednak posiada dwa poważne ograniczenia. Jednym z nich jest limit 140 wiadomości na dobę, jakie przesłać może urządzenie. Drugim, chyba poważniejszym, jest ograniczony zasięg tej sieci i dosyć wolne jej rozprzestrzenianie. Listę problemów zamykają kłopoty finansowe firmy Sigfox – jeśli spółka upadnie (co jest raczej mało prawdopodobnym scenariuszem), usługa może zostać wyłączona.

Grupę zamyka Narrowband-IoT – LPWANowy „kuzyn" LTE. Systemy korzystające z telefonii komórkowej do transmisji danych z rozproszonych elementów znane są jeszcze sprzed czasów popularyzacji hasła Internet Rzeczy, dlatego też w wielu aplikacjach NB-IoT może być najprostszym, chociaż niekoniecznie najlepszym wyborem. Łatwość migracji na to rozwiązanie może być w wielu aplikacjach usprawiedliwieniem wyższych kosztów urządzeń. jednak, zanim zdecydujemy się na taki krok, upewnijmy się, że w regionie aplikacji, operatorzy telefonii komórkowej zaktualizowali już stacje bazowe, aby zapewnić współpracę z LTE Cat NB1 lub LTE Cat NB2, zależnie od posiadanego przez nasze urządzenie modemu.

Nikodem Czechowski, EP

Bibliografia

1. https://kb.iu.edu/d/agki
2. Y. Zhang, N. Ansari, M. Wu H. Yu, „On Wide Area Network Optimization" IEEE Communications Surveys & Tutorials 14 (2012).
3. https://semtech.com/
4. https://lora-alliance.org/
5. Norma IEEE 802.15.4a-2007, Nowy York 2007
6. https://build.sigfox.com/
7. https://www.3gpp.org/
8. A. Augustin, J. Yi, T. Clausen, W. M. Townsley, „A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things". Sensors 16 (2016).
9. https://www.etsi.org/
10. K. Mekki, E. Bajic, F. Chaxel, F. Meyer, „Overview of Cellular LPWAN Technologies for IoT Deployment: Sigfox, LoRaWAN, and NB-IoT" IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops) 2018.
11. https://rapidlab.io/
12. https://techcrunch.com/

REKLAMA

Sięgnij po archiwalne wydania
ELEKTRONIKI PRAKTYCZNEJ



Zamów wygodnie na
www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl a53a1e2c07

Moduły radiowe do aplikacji IoT

W roku 1996 trzech liderów z branży technologicznej: Intel, Ericsson i Nokia rozpoczęło współpracę nad radiowym standardem krótkiego zasięgu, który umożliwi komunikację między różnymi urządzeniami, dając tym samym początek Bluetooth. W roku 2019 światową sprzedaż urządzeń wyposażonych w ten standard szacowano na ok. 4 miliardy sztuk, a jest to tylko jedno z kilku rozwiązań dla komunikacji bezprzewodowej. W artykule zaprezentujemy najnowsze moduły umożliwiające realizację łączności poprzez Bluetooth, Wi-Fi i LTE oraz do budowy rozległych sieci Mesh.

Więcej informacji:
Würth Elektronik Polska Sp. z o.o.
53-609 Wrocław, ul. Wagonowa 2 bud. B
eiSos-Poland@we-online.com
www.we-online.com

Bluetooth

Zapewne nie wszyscy czytelnicy wiedzą, że nazwa standardu Bluetooth pochodzi od nazwy skandynawskiego króla Haralda, który z uwagi na jego martwy, sino-niebieski ząb nosił przydomek „Blue-Tooth". Logo standardu zawiera połączenie dwóch liter pisma runicznego: H+B (**rysunek 1**). W ostatnich latach zaznacza się spadek urządzeń z klasycznym Bluetooth, na rzecz Bluetooth Low Energy, który znajduje zastosowanie w obszarach rozwiązań dla nowoczesnego przemysłu, IoT, koncepcji SmartHome oraz SmartCity.



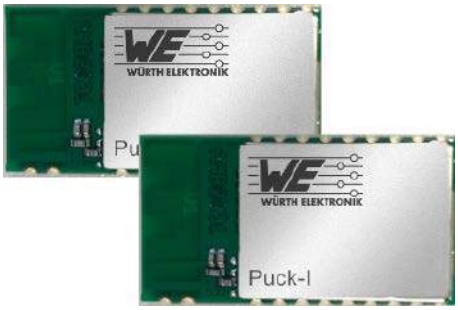
Rysunek 1. Logo standardu Bluetooth zawiera połączenie dwóch liter pisma runicznego: H+B

Dzięki zastosowaniu Bluetooth możliwe jest połączenie między urządzeniem/maszyną, a telefonem czy tabletem, budowanie sieci urządzeń i połączenie z Internetem, przesłanie danych i ich prezentacja na urządzeniu przenośnym. Oprócz wygody i elastyczności w dostępnie do danych z różnych źródeł następuje redukcja kosztów – np. nie ma potrzeby montowania wyświetlacza w urządzeniu. Słysząc ogólną nazwę Bluetooth intuicyjnie wiemy, że mamy do czynienia z systemem transmisji bezprzewodowej, jednak w ostatnich latach standard przeszedł dynamiczny rozwój i ewolucję technologiczną dostosowując się do wymagań użytkowników i rynkowych trendów. W dalszej części artykułu w skrócie omówimy chronologiczny rozwój koncepcji Bluetooth i poszczególne jego warianty.

Bluetooth Classic/Bluetooth LE – różnice, cechy i zastosowania

Bluetooth klasyczny

Dotyczy standardu w wersjach 1.0/2.0/3.0. Wersja 3.0 jest ostatnią wersją, która jest w dalszym ciągu dostępna, ale nie będzie już rozwijana (wersje są kompatybilne wstecz). Ta wersja Bluetooth Classic charakteryzuje się 79 kanałami o szerokości 1 MHz w paśmie z przedziału 2,402...2,480 GHz. Utrzymująca się duża liczba projektów i urządzeń bazujących na starszych wersjach standardu powoduje, że producenci w dalszym ciągu utrzymują w swoich portfolio moduły starszej generacji, ale nie są już one rekomendowane do nowych projektów. W ofercie Würth Elektronik znajduje się moduł Bluetooth Classic 2.0 ze zintegrowaną anteną bazujący na chipsecie TI – LMX9830 o marketingowej nazwie Puck-I [1], pokazany na **rysunku 2**.



Rysunek 2. Moduł Bluetooth Classic 2.0 typu Puck-I, ze zintegrowaną anteną bazujący na chipsecie LMX9830

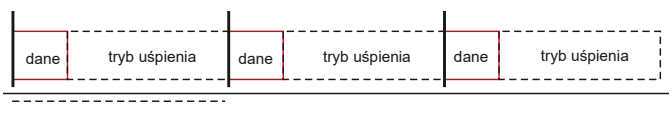
Bluetooth Low Energy

Już sama nazwa wskazuje nam podstawowe cechy i ideę standardu BLE – to oszczędność konsumowanej energii, zatem rozwiązanie jest przeznaczone dla aplikacji IoT oraz urządzeń zasilanych z baterii. Pobór prądu przez moduł w wersji BLE w porównaniu do klasycznej jest ok. 5...10 razy mniejszy. W celu oszczędności energii moduły BLE w większości czasu pozostają w trybie uśpienia konsumując zaledwie 0,3 µA nie zajmując stale pasma częstotliwości (**rysunek 3**).

W tym standardzie mamy dostępne 40 kanałów po 2 MHz w paśmie z przedziału 2,402...2,480 GHz. Zwróćmy uwagę, że Bluetooth classic i BLE zajmują takie samo pasmo częstotliwości, ale standardy nie są ze sobą kompatybilne.

Dostępne są różne wersje Bluetooth Low Energy:

- **BLE 4.0** – pierwszy w standardzie Low Energy, którego premiera nastąpiła w 2010 roku. Oferuje ramki danych o wielkości 31 Bajtów i moc wyjściową do 10 mW;
- **BLE 4.1** – w tej wersji uzyskujemy możliwość łączenia urządzeń w sieć oraz połączenia z internetem za pomocą protokołu IPSP dla Ipv6;
- **BLE 4.2** – oferuje wyższą prędkość transmisji danych – na poziomie 1 Mbit/s, pakiet danych o wielkości 255 bajtów oraz bezpieczny tryb parowania LESC (*Low Energy Secure Connections*). Przykładem modułu dla tego standardu jest Proteus-I [2] (**rysunek 4**) marki Würth Elektronik. Pozwala uzyskać zasięg do 50 metrów przy



Rysunek 3. W celu oszczędności energii moduły BLE w większości czasu pozostają w trybie uśpienia

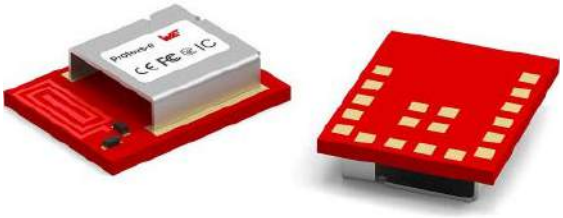
eprasa.pl a53a1e2c07



Rysunek 4. Moduł BLE 4.2 typu Proteus-I



Rysunek 5. Moduł BLE 5.1 typu Proteus III bazujący na układzie nRF52840, o zasięgu do 400 metrów i szybkości do 2 Mbit/s



Rysunek 6. Moduł BLE 5.1 typu Proteus-e jest najmniejszym modułem w ofercie Würth Elektronik serii BLE, jego wymiary to zaledwie 7×9×2 mm

użyciu zintegrowanej anteny, pobór prądu wynosi 7,5 mA w trybie nadawania oraz 5,4 mA w trybie odbierania danych;

- **BLE 5.0** – najnowszy standard Zaprezentowany w roku 2016, charakteryzuje się zwiększonym zasięgiem i mocą do 100 mW, daje możliwość szybszego transferu danych, na poziomie 2 Mbit/s;
- **BLE 5.1** – zapoczątkowany w 2019 roku, najważniejszą cechą jest detekcja kierunku nadawania/odbierania sygnału, daje to możliwość lokalizowania urządzeń. Moduł Proteus III [3] to moduł bazujący na układzie nRF52840 o zasięgu do 400 metrów i szybkości do 2 Mbit/s (**rysunek 5**). Na uwagę zasługuje również moduł Proteus-e [4] z uwagi, że jest to najmniejszy moduł w ofercie Würth Elektronik serii BLE, jego wymiary to zaledwie 7×9×2 mm (**rysunek 6**);
- **BLE 5.2** – premiera standardu odbyła się w 2020 roku. Umożliwia konfigurowanie mocy nadajnika, monitorowanie parametru RSSI w celu optymalizacji zużycia energii oraz komunikację z wieloma urządzeniami w tym samym czasie. Dodano również obsługę streamingu audio;
- **BLE 5.3** – najnowsza wersja wprowadza dalsze ograniczanie zużycia energii za pomocą inteligentnej klasyfikacji kanałów. Istnieje możliwość konfiguracji i utworzenia tzw. czarnej listy urządzeń w celu ignorowania urządzeń zakłócających transmisję. W przypadku niskiego ruchu w sieci możliwe jest czasowe spowolnienie szybkości transmisji w celu zmniejszenia konsumpcji energii.

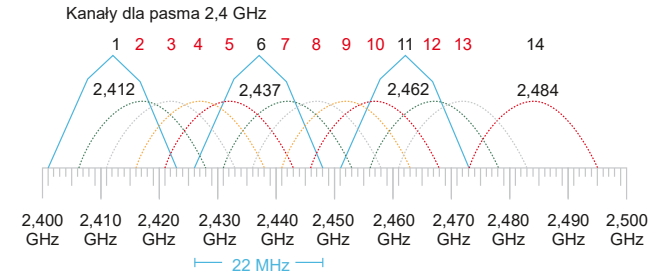
Wi-Fi

Nazwa standardu to skrót od Wireless-Fidelity i określa systemy komunikacji bezprzewodowej bazujące na rodzinie standardów IEEE 802.11 WLAN, które dotyczą sieci lokalnych i komunikacji internetowej. Początek idei to rok 1999, w którym powstaje organizacja typu non-profit z jej charakterystycznym znakiem towarowym Wi-Fi (**rysunek 7**), a ich mottem przewodnim jest: „Łączenie wszystkich ze wszystkim i wszędzie". Urządzenia i systemy komunikacji mogą korzystać z tego znaku pod warunkiem pozytywnego przejścia całego procesu certyfikacji. Wi-Fi wykorzystuje dwa pasma częstotliwości w zakresie 2,400...2,483 GHz (**rysunek 8**) określane w skrócie jako 2,4 GHz oraz pasmo 5 GHz czyli przedziały częstotliwości w zakresach 5,150... 5,350 GHz i 5,470...5,725 GHz (**rysunek 9**).

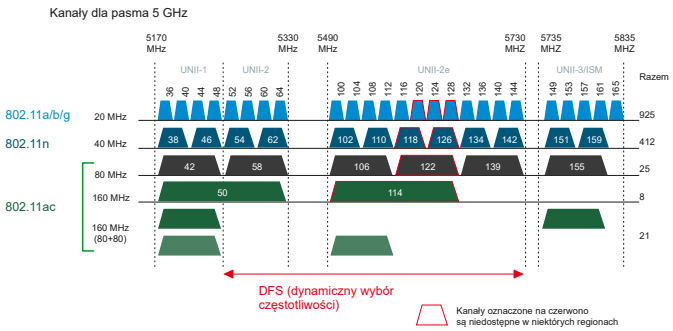
Rysunek 7. Charakterystyczny znak towarowy Wi-Fi

Szybkość transmisji a zasięg Wi-Fi

Rozwój urządzeń to droga od Wi-Fi 1 w wersji IEEE 802.11b w paśmie 2,4 GHz z prędkością 11 Mb/s do Wi-Fi 6 w wersji IEEE 802.11ax w paśmie 2,4 GHz/5 GHz i prędkości 9,6 GB/s. Zasięgi transmisji podawane w dokumentacjach są mierzone w idealnych warunkach, tzw. widoczności optycznej, jak doskonale wiemy, rzeczywistość weryfikuje te parametry – dochodzi kwestia tłumienia ścian, stropów, przeszkody terenowe i odbicia oraz pracujące w okolicy inne urządzenia radiowe w tych samych pasmach tworzące środowisko bardzo zakłócone. W praktyce możemy przyjąć, że zasięg Wi-Fi dla sensownej szybkości transmisji danych



Rysunek 8. Użycie pasma 2,4 GHz przez Wi-Fi



Rysunek 9. Użycie pasma 5 GHz przez Wi-Fi

to 20...50 metrów w przestrzeniach zamkniętych oraz 150...200 metrów w przestrzeni otwartej.

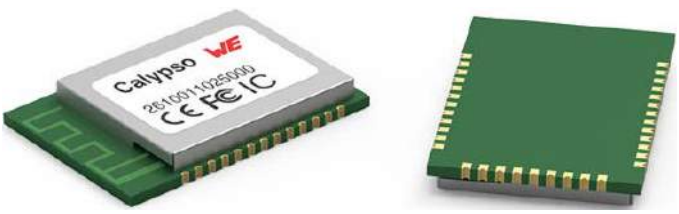
Sieci bazujące na tej technologii to zazwyczaj kilka lub kilkanaście urządzeń peryferyjnych, zwanych potocznie klientami połączonymi do jednostki centralnej – routera zwanego Hot Spotem, który umożliwia dostęp do sieci Internet. Klient musi podać nazwę sieci SSID oraz hasło, a szyfrowanie transmisji to najczęściej protokół WPA (*Wi-Fi Protected Accsess*).

Istnieje również możliwość połączenia urządzeń w trybie Point to Point, gdzie nie ma konieczności stosowania jednostki centralnej, po prostu jedno z urządzeń przejmuje funkcję hot-spota.

W ofercie Würth Elektronik dostępny jest moduł Wi-Fi Calypso [5] z chipsetem serii TI-CC3220SF, który działa w standardzie IEEE 802.11 b/g/n w zakresie 2,4 GHz. Jego podstawowe parametry to:

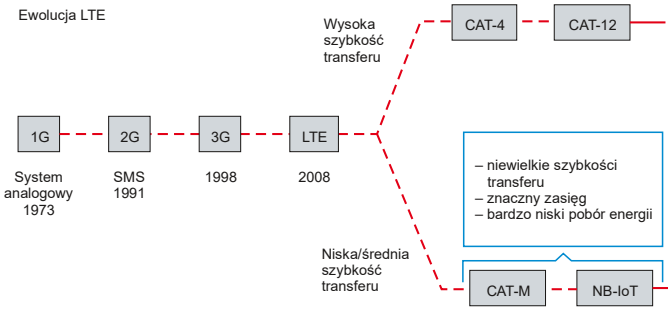
- maksymalna moc wyjściowa na poziomie +18 dBm,
- teoretyczny zasięg do 400 metrów,
- czułość odbiornika –92 dBm,
- pobór prądu w stanie uśpienia < 10 µA.

Całość zamknięta jest w obudowie o wymiarach 19×27,5×4 mm (**rysunek 10**).



Rysunek 10. Moduł Wi-Fi typu Calypso z chipsetem serii TI-CC3220SF, który działa w standardzie IEEE 802.11 b/g/n w zakresie 2,4 GHz

eprasa.pl a53a1e2c07



Rysunek 11. Standardy dostępu do Internetu poprzez sieci telefonii komórkowej

LTE – moduły do sieci telefonii komórkowej

Skrót LTE oznacza *Long Term Evolution* i jest standardem komunikacji bezprzewodowej określanym potocznie jako 4G (czwarta generacja rozwoju sieci komórkowej). Najczęściej kojarzy się z szybkim internetem w naszych urządzeniach mobilnych typu smartfon czy tablet, daje teoretyczną szybkość 300 Mbit/s, a w rzeczywistości jest to 100...150 Mbit/s, co wynika z bardzo wielu czynników takich, jak warunki lokalne, odległości od stacji czy liczba innych aktywnych użytkowników i obciążenie sieci.

Moduły LTE stosowane w urządzeniach elektronicznych dają możliwość zwiększenia zasięgu transmisji i wykorzystania istniejącej infrastruktury telefonii komórkowej. Z uwagi na to, że koncepcja IoT nie wymaga aktualnie skrajnie dużych szybkości transmisji, a jednocześnie wymagane jest jak najmniejsze zużycie energii przez takie systemy. Dostęp do Internetu (usług chmurowych) zapewniają dwa standardy (**rysunek 11**): CAT-M/NB-IoT przeznaczony dla rozwiązań IoT oraz CAT-4/CAT-12 dla urządzeń mobilnych, gdzie najważniejszym parametrem będzie duża szybkość transferu danych, a konsumpcja energii nie będzie pierwszoplanowym parametrem.

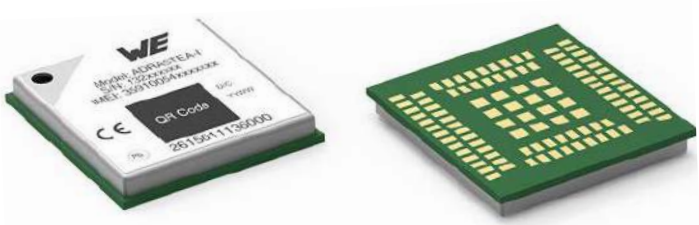
Rozwój rozproszonych systemów pomiarowych, czujników, inteligentnych maszyn, urządzeń autonomicznych zasilanych z baterii, które komunikują się z siecią komórkową wymusiły opracowanie odpowiednich dla nich standardów komunikacji. LTE-M oraz LTE-NB-IoT przeznaczone są do rozległych sieci małej mocy określanych jako LPWAM (*Low Power Wide Area Networks*), czyli nisko kosztowe, energooszczędne i popularne systemy.

- NB-IoT daje maksymalną prędkość transmisji równą 158 kb/s i przeznaczona jest do urządzeń niewymagających dużej przepustowości danych;
- LTE-M sprawdzi się tam, gdzie konieczna jest większa ilość danych – oferuje do 1 Mbit/s wraz z możliwością transmisji strumienia audio.

Bardzo ciekawym rozwiązaniem jest moduł marki Würth Elektronik o marketingowej nazwie Adrastea-I [6], który w jednej platformie łączy dwa standardy LTE-M + NB-IoT. Moduł Adrastea-I to najnowszy produkt Würth Elektronik, jego najważniejsze parametry to:

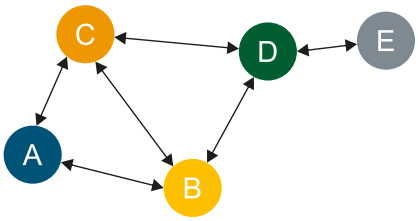
- możliwość wyboru LTE-M lub NB-Iot,
- wbudowany odbiornik GNSS (GPS & Glonass),
- wbudowany procesor ARM Cortex-M4 z 1 MB pamięci flash oraz 256 kB RAM,
- moc wyjściowa radia: class 3 (+23 dBm).

Całość zamknięta jest w małej obudowie o wymiarach 13,4×14,6×1,85 mm (**rysunek 12**).



Rysunek 12. Moduł Adrastea-I to najnowszy produkt Würth Elektronik, który pozwala na obsługę zarówno LTE-M jak i NB-Iot

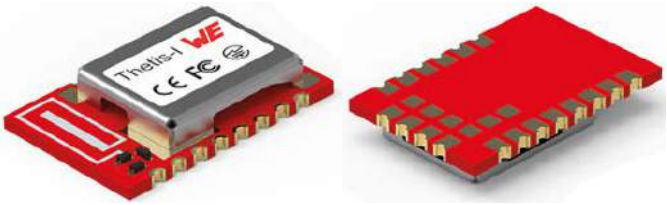
Mesh



Rysunek 13. Zasada działania sieci Mesh

Wielopunktowa struktura składająca się z autonomicznych urządzeń radiowych tworzących wspólnie sieć wymiany informacji jest określana jako sieć typu Mesh. Każde urządzenie tworzy tzw. węzeł. W takiej strukturze występuje wiele różnych możliwych ścieżek dla propagacji informacji z punktu początkowego do końcowego. Ciekawą właściwością takiej sieci, jest możliwość komunikacji między urządzeniami, które są od siebie odległe na tyle, że nie ma między nimi bezpośredniego zasięgu radiowego, a wymiana informacji następuje poprzez węzły pośrednie. Urządzenie A wyśle informacje do urządzenia E wykorzystując pośrednie węzły C i D (**rysunek 13**). W sieci typu Mesh można wyróżnić urządzenie typu master, które będzie zarządzać przepływem informacji, dostępna jest również asynchroniczna lub synchroniczna praca urządzeń. Tego typu sieci pozwalają na dużą swobodę, elastyczność, możliwość pokrywania zasięgiem dużego obszaru oraz łatwość w rozbudowie sieci.

Mesh nie definiuje obligatoryjnie w jakim paśmie częstotliwości pracują urządzenia. Na rynku istnieje wiele różnych standardów, dla różnych częstotliwości np.: 433 MHz, 868 MHz lub 2,4 GHz. Użytkownik wybiera standard i urządzenia za pomocą, których można uzyskać tego typu sieci, wybór zależy od rodzaju przesyłanych informacji, warunków lokalnych, dostępnego wsparcia w zakresie sprzętowym, licencji czy oprogramowania. Würth Elektronik w swojej ofercie ma odpowiednie moduły pracujące w pasmach częstotliwości 868 MHz, 915 MHz oraz 2,4 GHz.



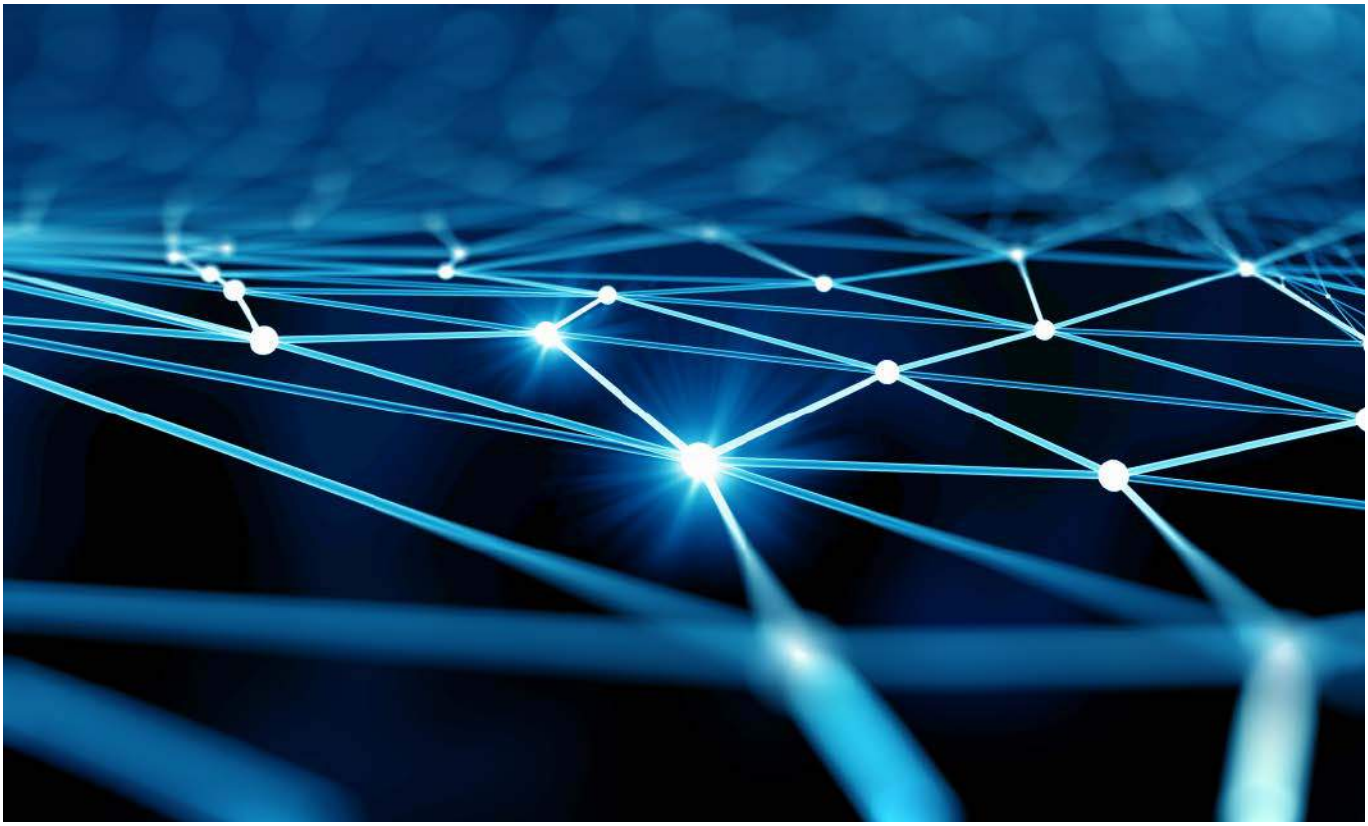
Rysunek 14. Moduł Thetis – I, który bazuje na protokole Wirepas i jest przeznaczony do budowy rozległych i energooszczędnych sieci IoT

Na szczególną uwagę zasługuje moduł Thetis – I [7], który bazuje na protokole Wirepas. Urządzenia pracują w paśmie 2,4 GHz, są przeznaczone do rozległych i energooszczędnych sieci, szczególnie do tworzenia dużych sieci IoT (**rysunek 14**). **Czy możemy sobie wyobrazić sieć o obszarze miliona kilometrów kwadratowych? Za pomocą modułu Thetis – I jest to możliwe.** Moduły te potrafią samodzielnie przeorganizować się w przypadku awarii węzła sieci, dodać nowy komponent do sieci i jednocześnie ustalić optymalną ścieżkę dla danych oraz automatycznie dopasować wymagany poziom mocy transmisji pomiędzy węzłami sieci, tak by nie nadawać zbyt dużą mocą, oszczędzać baterię, a jednocześnie zapewnić poziom sygnału na poziomie zapewniającym nieprzerwaną komunikację.

Rafał Książka/Würth Elektronik
www.we-online.com

[1] https://www.we-online.com/catalog/en/PUCK-I
[2] https://www.we-online.com/catalog/en/PROTEUS-I
[3] https://www.we-online.com/catalog/en/PROTEUS-III
[4] https://www.we-online.com/catalog/en/PROTEUS-E
[5] https://www.we-online.com/catalog/en/CALYPSO
[6] https://www.we-online.com/catalog/en/ADRASTEA-I
[7] https://www.we-online.com/catalog/en/THETIS-I

eprasa.pl a53a1e2c07



SmartMesh i inne sieci kratowe

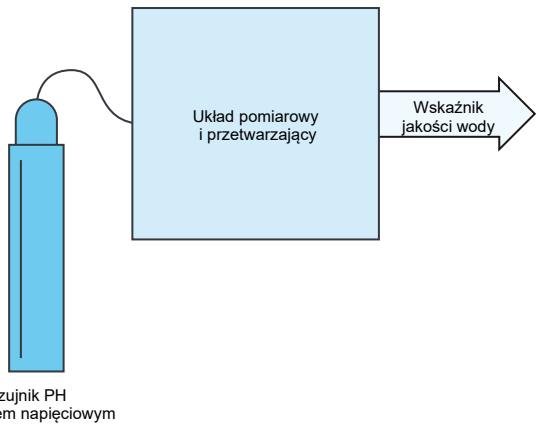
W jaki sposób najprościej odczytywać dane z sieci rozproszonych sensorów? Oczywiście bezprzewodowo. Potrzebny będzie punkt dostępowy (AP), który powinien mieć odpowiedni zasięg, aby objąć wszystkie sensory. Czasami wręcz należy zastosować kilka takich AP. Im większy obszar rozłożenia sensorów, tym więcej mocniejszych (i droższych) AP… a gdyby same sensory pełniły rolę punktów dostępowych?

Rozproszone sieci sensorów to element składowy wielu kluczowych instalacji. Potrzeba zbierania danych z tego rodzaju elementów pojawia się np. w zakresie monitorowania warunków środowiska, bezprzewodowego zbierania danych z liczników zużycia gazu, wody, energii elektrycznej itp. Przyjrzyjmy się rozwiązaniu tego problemu na przykładzie bezprzewodowego systemu do monitorowania jakości wody.

Problem

Niektóre branże, takie jak produkcja napojów, zakłady farmaceutyczne, oczyszczalnie ścieków itd., polegają na rozproszonych systemach monitorowania parametrów fizykochemicznych wody do pomiaru i kontroli jej jakości. Jako wskaźniki jakości wody można wykorzystać parametry określające właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne wody. Przykłady tych parametrów obejmują:

- parametry **fizyczne**, takie jak: temperatura i zmętnienie;
- parametry **chemiczne**, takie jak: pH, potencjał utleniająco-redukcyjny (ORP), przewodność i ilość rozpuszczonego w wodzie tlenu;
- parametry **biologiczne**, takie jak: zawartość glonów i bakterii.



Rysunek 1. Typowy system pomiarów elektrochemicznych

Typowym rodzajem pomiaru, jaki realizowany jest w omawianej wcześniej aplikacji, są pomiary elektrochemiczne. Elektrochemia jest gałęzią chemii, która charakteryzuje parametry reakcji redukcji-utleniania (redoks) poprzez pomiar transferu elektronów z jednego substratu do drugiego. Techniki elektrochemiczne można stosować bezpośrednio lub pośrednio do pomiaru przykładowych wskaźników jakości wody wymienionych wcześniej. System pomiarów elektrochemicznych składa się z dwóch głównych bloków:

- **czujnik:** urządzenie służące do pomiaru wskaźnika jakości wody i generowania odpowiedniego sygnału elektrycznego;

eprasa.pl a53a1e2c07

- **jednostka pomiarowo-przetwarzająca**: obwody, które mierzą i przetwarzają sygnał elektryczny, konwertując go na użyteczny dla dalszej części systemu.

Przykład takiego systemu pokazano na **rysunku 1.**

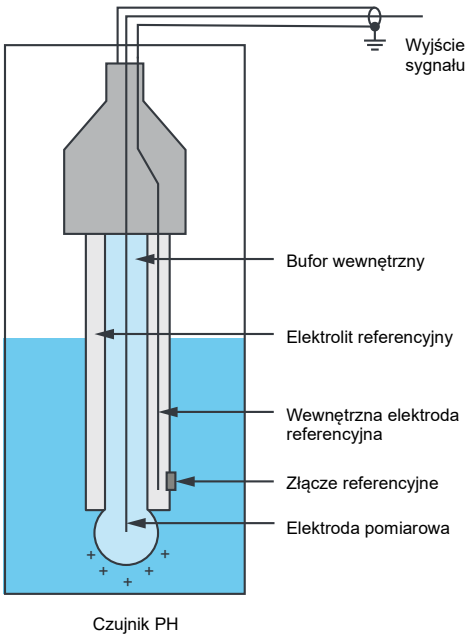
Zazwyczaj poszczególne czujniki, jakie są rozmieszczane w zakładach przetwórczych to systemy przewodowe. Czujniki polowe muszą być często czyszczone i kalibrowane oraz często wymieniane. Dodatkowo, komunikacja z nimi jest krytycznym elementem działania systemów tego rodzaju zakładu. Sieci bezprzewodowe mogą uprościć wiele z tych aspektów, jednak ogólnie uważa się je za niedostatecznie niezawodne, aby można je było wdrożyć w trudnych warunkach tych aplikacji. Nie jest to prawda – dzięki nowym technologiom pomiarowym i sieciowym, obecnie możliwe jest tworzone wysoce niezawodnych bezprzewodowych sieci czujnikowych. Rozwiązaniem, które istotnie pomaga w zwiększaniu niezawodności i łatwości implementacji takiego systemu, są tak zwane sieci kratowe.

Przyjrzyjmy się konstrukcji i zasadzie działania sieci kratowych (*mesh*) na przykładzie technologii SmartMesh firmy Analog Devices, która stosowana jest wraz z uniwersalnym, scalonym interfejsem dla czujników ADuCM355. Zastosowany transceiver bezprzewodowy LPT5902 jest propozycją Analog Devices na rozwiązanie systemów sieci kratowych. Układy te pozwalają na tworzenie niezawodnych bezprzewodowych systemów monitorowania np. jakości wody. Zasady te można łatwo rozszerzyć na inne parametry elektrochemiczne wody, czy też na inne rodzaje pomiarów wartości chemicznych czy fizycznych.

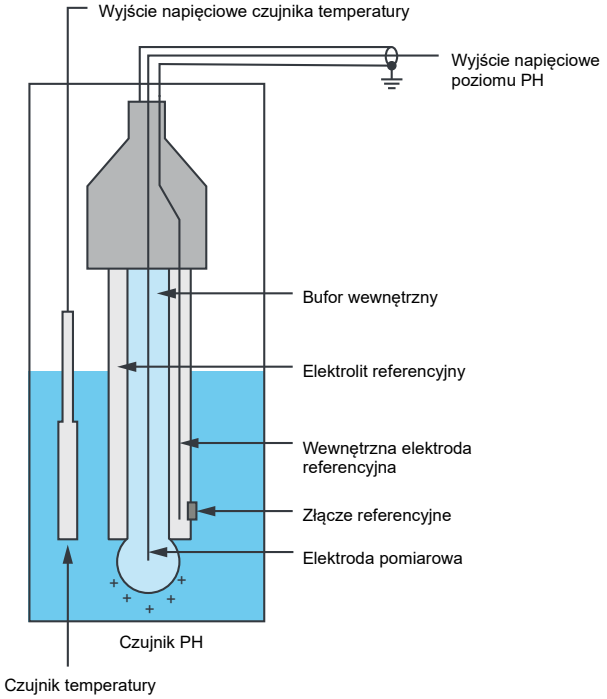
Przykładowe rozwiązanie

Wartość pH jest miarą względnej ilości jonów wodorowych i wodorotlenkowych w roztworze wodnym. Neutralny roztwór to taki, w którym stężenie jonów wodorowych jest dokładnie równe stężeniu jonów wodorotlenkowych. Współczynnik pH to inny sposób wyrażania stężenia jonów wodorowych, pomiaru kwasowości lub zasadowości roztworu.

Sonda pH jest czujnikiem elektrochemicznym składającym się z elektrody szklanej i elektrody odniesienia, jak pokazano na **rysunku 2**. Dokładna budowa tego elementu nie jest istotna z punktu widzenia tego artykułu. Po włożeniu sondy pH do roztworu elektroda pomiarowa generuje napięcie zależne od aktywności jonów wodorowych w roztworze. Napięcie to jest następnie porównywane z potencjałem wewnętrznej elektrody odniesienia. Różnica między elektrodą pomiarową a referencyjną jest mierzonym potencjałem i jest



Rysunek 2. Sonda pH



Rysunek 3. Sonda z czujnikiem

opisywana stosowanym równaniem, które pozwala na wyznaczenie współczynnika pH badanego roztworu (przy założeniu, że znamy dokładnie pH roztworu referencyjnego).

Równanie wskazuje generowane napięcie, które zmienia się wraz z pH w znany sposób. Pokazuje również, że generowane napięcie jest wprost proporcjonalne, także do temperatury roztworu. Wraz ze wzrostem temperatury roztworu wzrasta różnica potencjałów między dwiema elektrodami i odwrotnie. Idealna sonda pH wytwarza ±59,154 mV/pH w temperaturze 25°C.

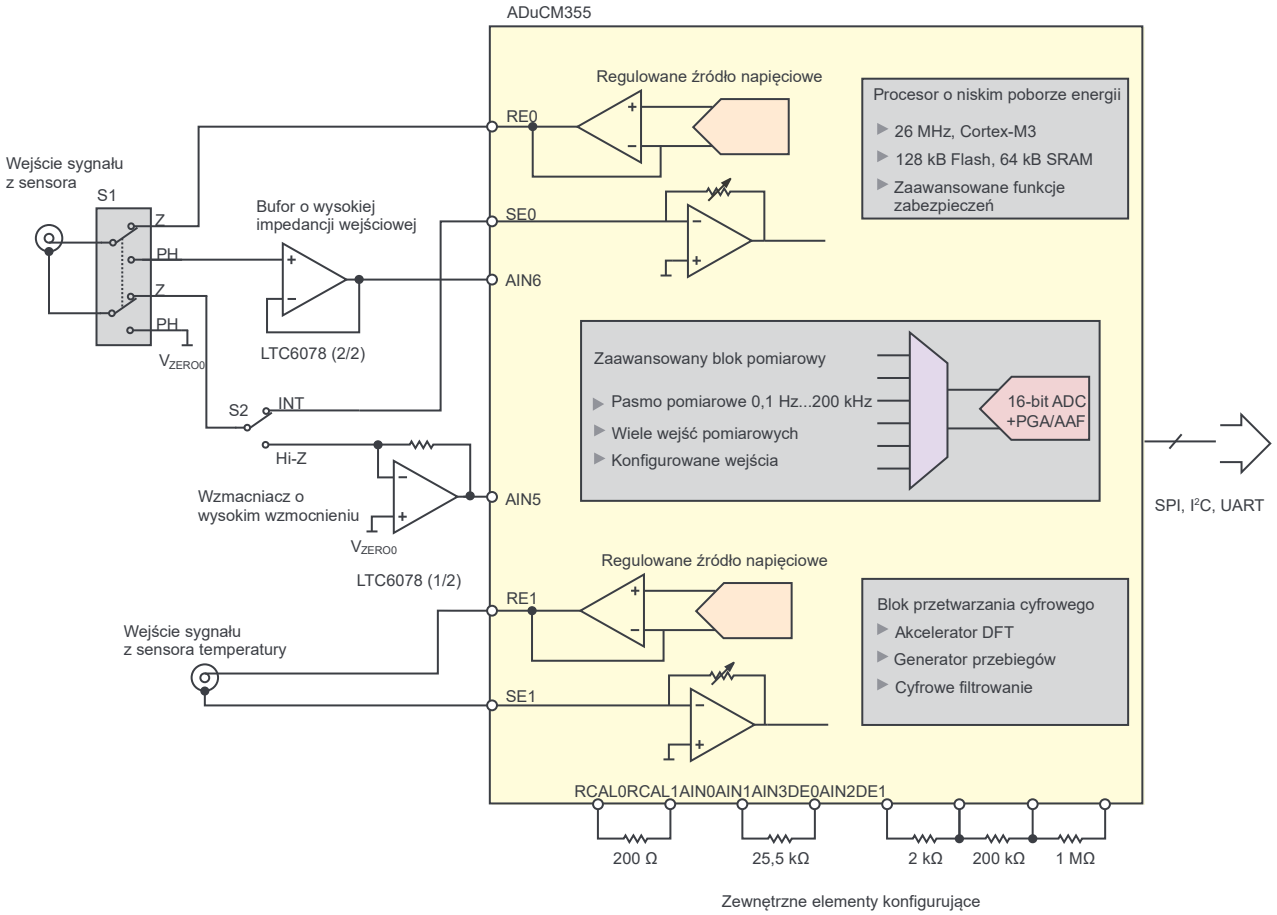
Zmiana temperatury może również zmienić czułość elektrody pomiarowej, co z kolei powoduje błąd pomiaru. Ten błąd jest przewidywalny i można go usunąć, kalibrując sondę w różnych temperaturach, a następnie korygując temperaturę podczas kolejnych pomiarów. Zazwyczaj czujnik temperatury jest zintegrowany z sondą pH. Czujnik temperatury może być termistorem o ujemnym współczynniku temperaturowym (NTC) lub innym czujnikiem rezystancyjnym, takim jak PT100 lub PT1000. Sonda pH z czujnikiem temperatury pokazana jest na **rysunku 3**.

ADuCM355 to zaawansowana i wysoce zintegrowana platforma do pomiaru pH, zapewniająca system do pomiaru ze wszystkimi niezbędnymi funkcjami zintegrowanymi z mikroprocesorem o małym



Fotografia 1. Płytka pomiarowa pH ADuCM355 ze złączami BNC i RCA

eprasa.pl a53a1e2c07



Rysunek 4. Sonda pH ze zintegrowanym czujnikiem temperatury podłączona do ADuCM355

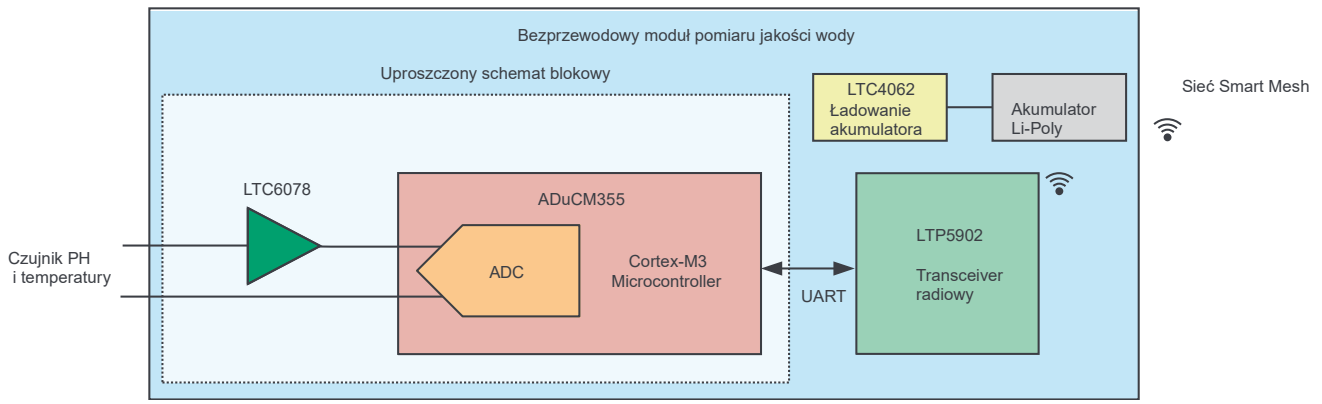
zużyciu energii. ADuCM355 ma nikłe zapotrzebowanie na energię elektryczną i gwarantuje niewielkie wymiary kompletnego rozwiązania, dzięki czemu może być zaimplementowany w obudowie czujnika, zapewniając jednocześnie możliwości przyrządów stacjonarnych. Na **fotografii 1** pokazano płytkę pomiarową do mierzenia pH z ADuCM355 ze złączami BNC i RCA do podłączenia sondy pH i czujnika temperatury. Płytka ta zaprojektowana została zgodnie z projektem referencyjnym CN-0428, a więcej szczegółów na temat płytki można zobaczyć na **rysunku 4**.

Technologia SmartMesh

Łącząc ADuCM355 z transceiverem SmartMesh, utworzono kompaktowy węzeł sensorowy do pomiaru pH. ADuCM355 dostarcza zmierzone dane pH w postaci cyfrowej. Te dane są następnie transferowane przez UART do bezprzewodowego transceivera LTP5902. LTP5902 przesyła dane cyfrowe przez sieć SmartMesh do menedżera SmartMesh IP. Na **rysunku 5** pokazano schemat blokowy omawianego urządzenia.

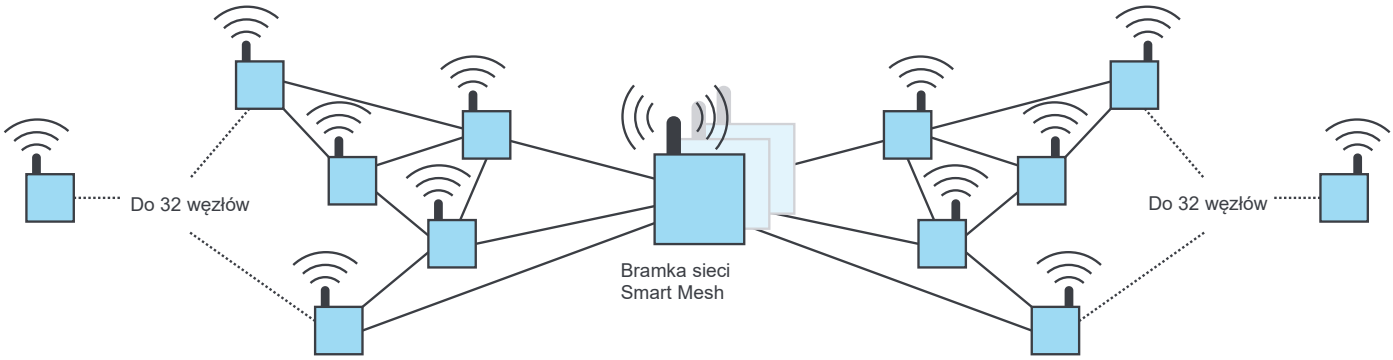
SmartMesh to opatentowane przez firmę Analog Devices rozwiązanie sieci bezprzewodowej multihop pracujące w pasmie 2,4 GHz bazujace na standardzie IEEE 802.15.4e. Obejmuje szyfrowanie i uwierzytelnianie z wykorzystaniem AES 128, zapewniając solidne, kompleksowe zabezpieczenia. Jest to bardzo energooszczędny system, dzięki czemu każdy węzeł czujnika może działać przy zasilaniu bateryjnym.

Wbudowane bezprzewodowe sieci kratowe SmartMesh zapewniają niezawodność przesyłu danych na poziomie >99,999% w trudnych środowiskach przemysłowych i bardzo niski pobór mocy, jak zapewnia producent. Co ciekawe – producent stosuje ten rodzaj sieci w swoich fabrykach urządzeń półprzewodnikowych w Dolinie Krzemowej do monitorowania poziomu gazów procesowych w butlach, aby aktywnie planować uzupełnianie i zapewnić nieprzerwane ich dostawy. Instalacja nie zakłóca pracy fabryki, mieści się w ograniczonej przestrzeni, dostarczając dane w czasie rzeczywistym. Pozwoliło to na skrócenie przestojów i pomogło w planowaniu dostaw gazów oraz zarządzaniu pracą linii.



Rysunek 5. Czujnik pH podłączony do ADuCM355 i bezprzewodowego węzła czujnika SmartMesh

eprasa.pl a53a1e2c07

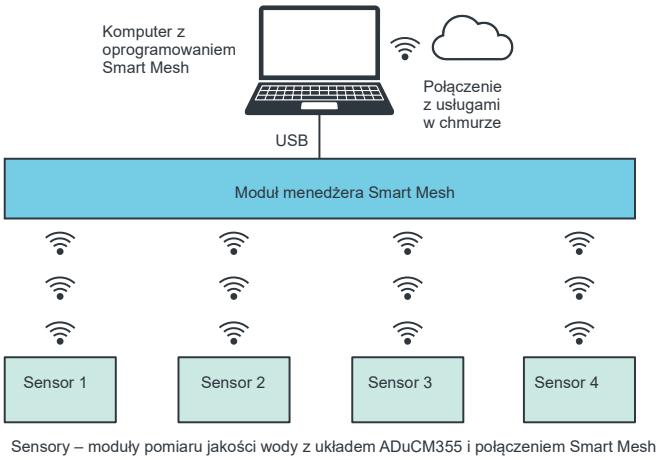


Rysunek 6. Sieć SmartMesh z węzłami czujników i menedżerem sieci IP w obrębie bramy

Sieci SmartMesh komunikują się za pomocą warstwy łącza TSCH (*Time Slotted Channel Hopping*), która zapewnia nadmiarowość łącza. Menedżer sieci SmartMesh (część bramy) koordynuje harmonogram przełączania pomiędzy kanałami, zarządza bezpieczeństwem, wykonuje programowanie bezprzewodowe i aktualizuje, a także automatycznie optymalizuje łączność pomiędzy modułami. Menedżer sieci zapewnia również szczegółowe raporty o stanie sieci. W przypadku małych sieci jeden wbudowany menedżer może obsługiwać do 100 węzłów czujników. Bardziej zaawansowany VManager obsługuje ogromne instalacje do 50 000 węzłów. Na **rysunku 6** pokazano przykładowy model takiej sieci. Warto zwrócić uwagę na istotny aspekt sieci kratowej – urządzenia łączą się nie tylko z centralną bramą, ale także między sobą.

Bezprzewodowy system monitorowania jakości wody, pokazany na **rysunku 7**, składa się z:

- Czterech czujników bezprzewodowych. Każdy składający się z gotowej sondy pH z elektrodą ze zintegrowanym czujnikiem temperatury podłączonym do ADuCM355 i transceivera SmartMesh;
- Menedżera SmartMesh IP podłączonego przez USB do komputera;
- Funkcję bramki w tym systemie pełni komputer PC. Na tym komputerze zainstalowano pakiet Node-Red i SmartMesh SDK, który służy do tworzenia serwera notacji obiektów JavaScript (JSON) dla danych i umożliwia połączenie się z usługami w chmurze, takimi jak IBM Watson, Amazon AWS itp.



Rysunek 7. Bezprzewodowy system monitorowania jakości wody z wykorzystaniem ADuCM355 i SmartMesh

Sieci kratowe

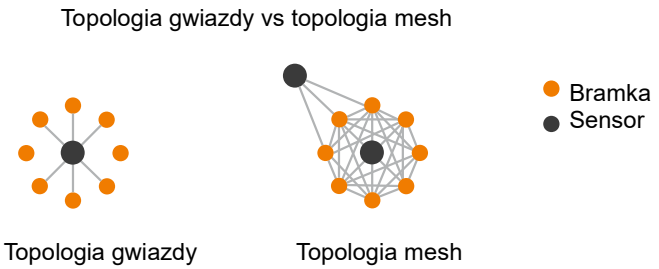
Sieć kratowa to sieć, w której urządzenia – tzw. węzły sieci, są ze sobą połączone, rozgałęziając się na inne urządzenia. Tego rodzaju sieci są skonfigurowane tak, aby skutecznie przesyłać dane pomiędzy urządzeniami do docelowego punktu. Pomaga to polepszyć zasięgi i dostępność poszczególnych węzłów.

Topologie sieci kratowej tworzą wiele tras dla informacji do przemieszczania się między połączonymi węzłami. Takie podejście zwiększa odporność sieci w przypadku awarii węzła lub połączenia. Większe sieci tego rodzaju mogą zawierać również wiele routerów, przełączników i innych urządzeń, które działają, jako dodatkowe węzły. W zasadniczej, podstawowej wersji, węzłami są urządzenia oraz pojedyncza brama. Sieć kratowa może zawierać setki urządzeń bezprzewodowych, co pozwala jej obejmować bardzo duży obszar. Aby zwizualizować sieć typu kratowego najprościej jest ją porównać z siecią o topologii gwiazdy, jak pokazano na **rysunku 8**. W obu systemach występuje taka sama ilość węzłów oraz jedna bramka. Jednak różnią się one wzajemnymi połączeniami. W sieci o topologii gwiazdy, wszystkie węzły komunikują się bezpośrednio z centralną bramką. W przypadku sieci o topologii *mesh* urządzenia komunikują się między sobą i z bramką. Dzięki temu te urządzenia, które nie są w bezpośrednim kontakcie z bramką i tak mogą przesłać do niej dane, korzystając z węzłów pośrednich.

Istnieją różne implementacje sieci kratownicowej. Każdy węzeł w pełnej sieci *mesh* jest bezpośrednio połączony z każdym innym węzłem. Tak nie jest w przypadku częściowej sieci *mesh* – w takim przypadku nie wszystkie węzły są ze sobą połączone. Jest to częstsza implementacja, w przypadku systemów IoT.

Połączenia w pełnej lub częściowej sieci mogą być sieciami przewodowymi lub bezprzewodowymi. Decyzja o zastosowaniu pełnej lub częściowej sieci kratownicowej w danej aplikacji zależy od takich czynników, jak ogólny wzorzec ruchu w sieci oraz stopień, w jakim węzły lub wzajemne połączenia w sieci są zagrożone awarią. Prawie wszystkie sieci wydają się być sieciami typu *full mesh*, ponieważ każdy punkt w sieci może łączyć się ze wszystkimi innymi. Ta pełna łączność jest właściwością protokołów sieciowych, a nie topologii; każda sieć może wyglądać na w pełni zazębioną na poziomie logicznym, jeśli dane mogą być przesyłane między każdym z jej użytkowników. W sieciach *mesh* najważniejsza jest różnica między topologiami logicznymi i fizycznymi.

Przyjrzyjmy się, jako przykładowi sieci Wi-Fi. Ma ona pewnego rodzaju koncentrator, na przykład punkt dostępowy, który służy, jako węzeł centralny, zapewniając pośrednią łączność fizyczną między wszystkimi węzłami. Sieć fizyczna ma topologię w kształcie gwiazdy, ale łączność logiczna to pełna sieć *mesh*. W przypadku sieci kratowych, o jakich mówimy w tym artykule, w przypadku systemów Internetu Rzeczy, mamy na myśli sieci o fizycznej topologii kratowej.



Rysunek 8. Porównanie topologii a) gwiazdy oraz b) mesh

eprasa.pl a53a1e2c07

Węzły w tego rodzaju sieci są mają oprogramowanie, które mówi węzłowi, jak obsługiwać informacje i współdziałać z siecią. Istnieją różne metody przekazywania dalej informacji, jak i towarzyszące im algorytmy. W przypadku stosowania tzw. „routingu" wiadomość przeskakuje od węzła do węzła, aby dotrzeć do miejsca docelowego. Sieć musi mieć ciągłe połączenia i rekonfigurować się, jeśli ścieżka zostanie przerwana, przy użyciu algorytmów tzw. samonaprawiania. Często w jednym momencie występować będzie więcej niż jedna ścieżka między źródłem danych a miejscem docelowym. Techniki „zalewania" polegają na dystrybucji danych z jednego węzła do wszystkich dostępnych z danego punktu w sieci. Dane są wysyłane przez podzbiór węzłów, ponieważ wszystkie węzły mogą nie być dostępne jednocześnie. Każdy węzeł ma pewien podzbiór danych. Protokół wybiera nadawców dla każdej transmisji danych, aby zmaksymalizować przepustowość.

Zalety

- **Możliwość zarządzania dużym natężeniem ruchu:** topologia mesh nie ma relacji hierarchicznej. Dowolne urządzenie próbujące połączyć się z innym bezpośrednio stosuje routing w sieci i nie jest ograniczone maksymalnym transferem centralnego punktu;
- **Awaria jednego urządzenia nie wpływa na sieć:** topologia ta jest wyjątkowa, jeśli chodzi o odporność na problemy. Każdy węzeł sieci odbiera i przekazuje informacje – struktura systemu zapewnia wysoki poziom redundancji;
- **Spójna transmisja danych:** awaria sieci nie zakłóca procesu transferu danych, ponieważ dostępnych jest wiele ścieżek transmisji danych;
- **Dodawanie nowych urządzeń nie wpływa na transmisję danych:** struktura sieci mesh umożliwia użytkownikom dodawanie nowych elementów bez zakłócania komunikacji;
- **Prosta skalowalność:** topologia sieci kratowej nie wymaga dodatkowych routerów, ponieważ każdy węzeł działa jak indywidualny router, który umożliwia wygodną zmianę rozmiaru sieci;
- **Łatwe do dodania nawet w gotowym systemie:** zwykle dodanie sieci o topologii mesh jest łatwe i przebiega bez żadnych problemów. Trzeba połączyć węzły z bramami, aby komunikaty mogły przejść do pozostałej sieci, aby działała. Pozwala na samooptymalizację technologii;
- **Usunięcie sieci jest prawie niemożliwe:** struktura topologii mesh oznacza, że usunięcie sieci w całości jest prawie niemożliwe, chyba, że nastąpi globalna katastrofa, w której wszystkie urządzenia, z których korzystamy, zostaną zniszczone;
- **Brak potrzeby istnienia punktu centralnego:** topologia sieci mesh nie musi obejmować scentralizowanego sterowania przesyłaniem danych. W związku z tym stworzono bezpieczne metody komunikacji, które w umożliwiają m.in. zachowanie anonimowość węzłów;
- **Elastyczność:** topologia mesh ma ogromną elastyczność ze względu na odporność na zmiany czy awarie. Nie trzeba mieć pełnego zestawu połączeń do każdego węzła, aby sieć mogła poprawnie działać;
- **Łatwość zarządzania dużą ilością danych:** Sieć kratowa może obsłużyć ogromną ilość danych w porównaniu z tradycyjnymi systemami, ponieważ możliwe jest jednoczesne podłączenie wielu urządzeń i jednoczesne przesyłanie danych;

Wady

- **Wysoki koszt:** koszt wdrożenia sieci o topologii mesh jest wyższy niż w przypadku innych, ze względu na spore wymaganie, co do sprzętu. Sieć taka nie może działać poprawnie, dopóki w systemie nie znajdzie się cały wymagany sprzęt, okablowania itp.;
- **Czasochłonna budowa i utrzymanie:** po uruchomieniu dodawanie nowych węzłów jest proste, ale początkowy proces tworzenia sieci jest złożony i czasochłonny;
- **Wysokie ryzyko nadmiarowego połączenia:** ponieważ topologia *mesh* może obsługiwać dużą liczbę sieci, istnieje duża szansa na stworzenie nadmiarowych połączeń;
- **Duże obciążenie każdego węzła**: węzły mają wiele obowiązków i każdy z nich musi działać, jako router. Dlatego system jest bardzo złożony;
- **Wysokie opóźnienia**: topologia *mesh* w systemie o niskim poborze mocy nie ma zdolności przetwarzania wymaganej do obsługi transferów danych w odpowiednim czasie. Dlatego istnieje wiele problemów związanych z wysoką latencją.

Podsumowanie

Sieci kratowe mają swoje wady i zalety. Szczególnie teraz, w dobie przeobrażania się sektora IoT, poszczególne aspekty tego rozwiązania są widoczne. Coraz większa penetracja świata przez ogólnodostępne systemy komunikacji bezprzewodowej, dedykowanej dla urządzeń Internetu Rzeczy, sprawia, że sieci kratowe tracą na popularności. Technologie takie jak LoRa czy SigFox pozwalają budować podobne systemy, co kiedyś przy zastosowaniu sieci kratowych, jednak ich implementacja w szeregu wypadków może być droższa, gorzej także się skaluje.

Podsumowując – sieci kratowe, takie jak SmartMesh, proponowany przez Analog Devices, nadal mają swoje miejsce na rynku. Z jednej strony, mają one szereg zalet i przewag nad innymi sieciami bezprzewodowymi w aplikacjach, zakładających masowe wdrażanie tego rodzaju modułów na niewielkiej przestrzeni. Doskonale skalują się kosztowo, w momencie wdrażania tysięcy czy więcej modułów. Dodatkowo, sieci kratowe nie są uzależnione od zasięgu sieci, co sprawia, że idealnie nadają się do instalacji w odległych miejscach lub trudnych warunkach. Z drugiej strony, zwiększające się pokrycie zasięgiem komercyjnych sieci LPWAN sprawia, że w terenie zurbanizowanym sieci kratowe są coraz mniej korzystnym wyborem dla małych i średnich sieci. Zatem – jak to często bywa w tego rodzaju pytaniach – nie można tutaj udzielić jednoznacznej odpowiedzi. Jakie rozwiązanie sprawi się w danej aplikacji najlepiej? Wszystko zależy od detali danego systemu – środowiska pracy, ilości urządzeń i innych czynników.

Nikodem Czechowski, EP

Bibliografia:

- Piyu Dhaker, „*Wireless Water Quality Monitoring System*", Analog Dialogue 54, luty 2020.
- Nota układowa CN-0428 firmy Analog Devices, „*Water Quality Measurement System*", listopad 2018.

REKLAMA



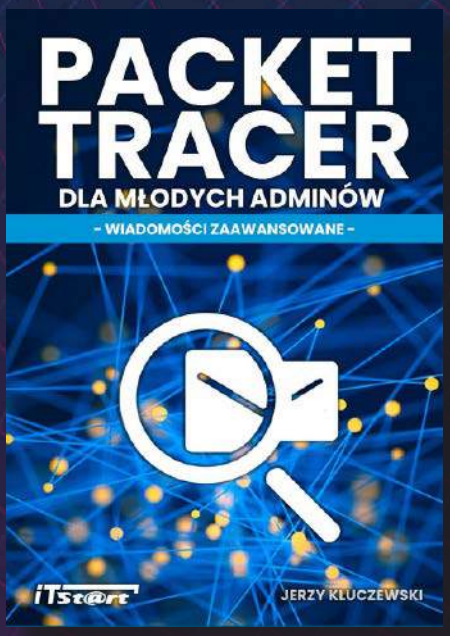
eprasa.pl a53a1e2c07

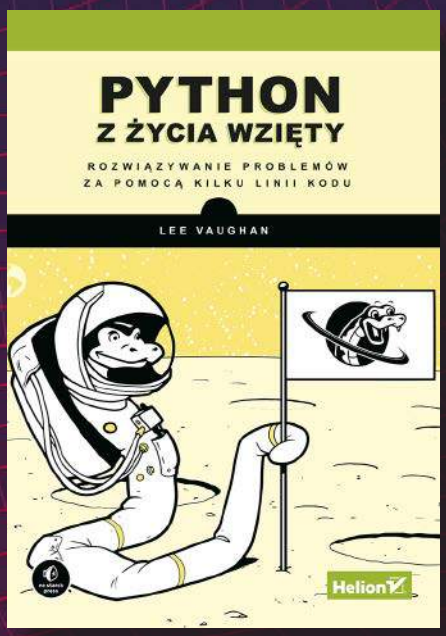
NOWOŚCI W ULUBIONYM KIOSKU

KSIĄŻKI Z RABATEM DO 30%







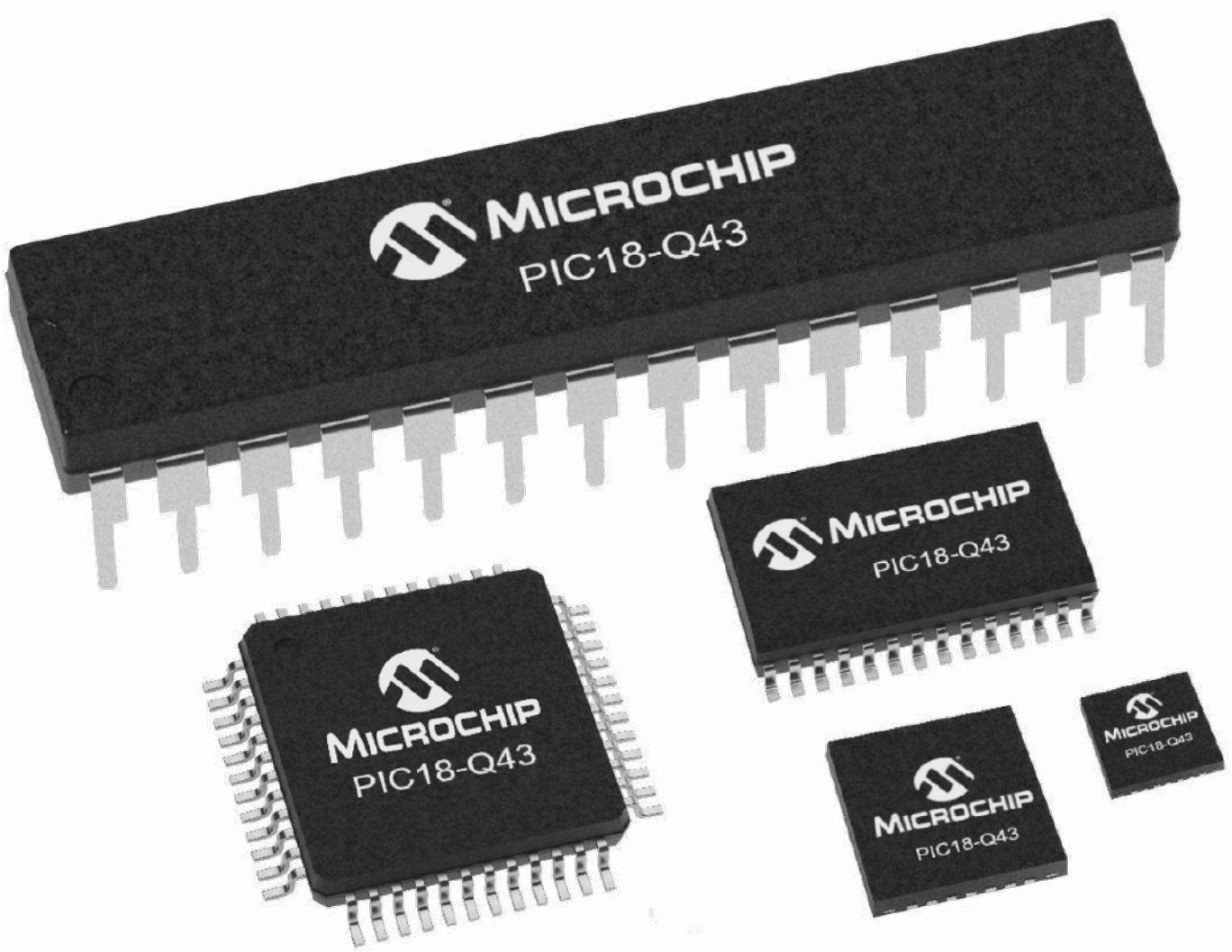






Zobacz pełną ofertę książek i zamów wygodnie na UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl ab3a1e2c07



Wdrażanie mikrokontrolerów przeznaczonych do konkretnych zadań upraszcza złożone projekty

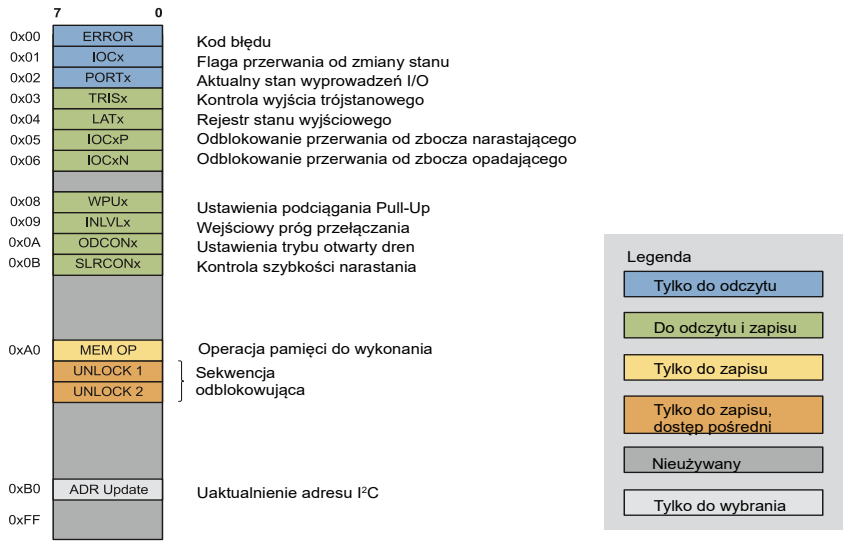
Specjalizowane mikrokontrolery, przeznaczone do określonych zadań, pomagają uprościć proces projektowania aplikacji. Odpowiednio dobrany układ może odciążyć działania podstawowego mikrokontrolera lub mikroprocesora realizując określone zadania bez jego udziału. Takie podejście zmniejsza czas potrzebny do uruchomienia aplikacji oraz zwiększa jej wydajność i sprawność.

W dzisiejszym świecie, w nowoczesnych urządzeniach coraz powszechniejsze są duże 32-bitowe mikrokontrolery (MCU) i mikroprocesory (MPU) na których działają systemy operacyjne czasu rzeczywistego (RTOS). Jednak pojedynczy duży mikrokontroler obsługujący złożoną aplikację może mieć niewystarczające zasoby do realizowania małych zadań, które nie są złożone, ale wymagają zachowania odpowiedniego harmonogramu czasowego. Rozbudowanie systemu o mniejsze układy, takie jak 8- i 16-bitowe MCU, może być idealnym rozwiązaniem – wyręczą one duży 32-bitowy mikrokontroler ze specyficznych zadań a jednocześnie w ten sposób napędzane są innowacje i rozwój w całym spektrum mikrokontrolerów od 8-bitowych do 32-bitowych.

Wiele zadań jest łatwiej wykonać, jeśli niektóre z tych zadań rozdzielimy na podprocesory, które obsługują tylko 1 lub 2 z tych zadań i wymagają przy tym niewielkiego nadzoru. To zwalnia zasoby procesora głównego i zmniejsza złożoność oprogramowania, jednocześnie poprawiając wydajność i czas realizacji. Na przykład, do utworzenia ekspandera we/wy można użyć 8-bitowego MCU. Ekspandery I/O nie są skomplikowanymi urządzeniami, ale zużywają dużo czasu procesora ze względu na częstą obsługę przerwań. Używając odpowiedniego MCU do tego zadania, większe urządzenie może zmniejszyć użycie linii we/wy i przerwań, które musi obsłużyć.
Dodatkowo zestaw funkcji ekspandera we/wy jest ustawiany w oprogramowaniu, co pozwala na jego specyficzne dostosowanie i dostrojenie

eprasa.pl a53a1e2c07

do aplikacji. Największą zaletą tworzenia ekspandera we/wy przy użyciu 8-bitowego MCU jest jego elastyczność. Zestaw funkcji ekspandera we/wy typu ASIC (specjalizowany układ scalony – Application-Specific Integrated Circuit) jest zdefiniowany na stałe w układzie, podczas gdy mikrokontroler definiuje swoje zachowanie na podstawie wykonywanego oprogramowania. Ta elastyczność umożliwia nawet dynamiczne dostosowanie konfiguracji do potrzeb aplikacji końcowej.



Rysunek 1. Tabela Lookup zaawansowanego ekspandera we/wy

Implementacja zaawansowanego ekspandera we/wy

Zaawansowany ekspander we/wy działa w oparciu o strukturę bazującą na tabeli lookup (struktura przechowująca wcześniej przygotowane dane). Przed odczytem lub zapisem wysyłany jest adres wirtualny. Adres ten nie jest skorelowany z rejestrami na mikrokontrolerze – jest tylko specyficzny dla tablicy lookup (**rysunek 1**). Oznacza to, że funkcje nie znajdujące się w rejestrach sprzętowych mikrokontrolera mogą być dodawane w sposób przeźroczysty.

Wpisy w tabeli można również łatwo przestawić do określonych zastosowań. Kolejną zaletą tej struktury jest możliwość dodawania uprawnień do tabeli. Na przykład, aby utworzyć rejestr tylko do odczytu, po prostu pomiń wpis w tablicy wyszukiwania zapisu.

Ta bardziej złożona struktura nadaje się również do niestandardowych funkcji. Polecenie operacji na pamięci – „MEM OP", umożliwia mikrokontrolerowi zapisanie lub załadowanie do pamięci bieżącej konfiguracji wejść i wyjść ogólnego przeznaczenia – GPIO (**rysunek 2)**. W ten sposób można również zresetować konfigurację GPIO do parametrów ustawionych podczas kompilacji. Mikrokontroler można ustawić tak, aby wczytywał zapisane ustawienia po włączeniu zasilania. Wtedy mikrokontroler próbuje załadować ustawienia z konfiguracji 0 (**rysunek 3**). Jeśli konfiguracja nie przejdzie weryfikacji sumy kontrolnej, MCU powróci do parametrów ustawionych podczas kompilacji. Ta funkcja może zostać wyłączona w oprogramowaniu, jeśli nie jest pożądana.

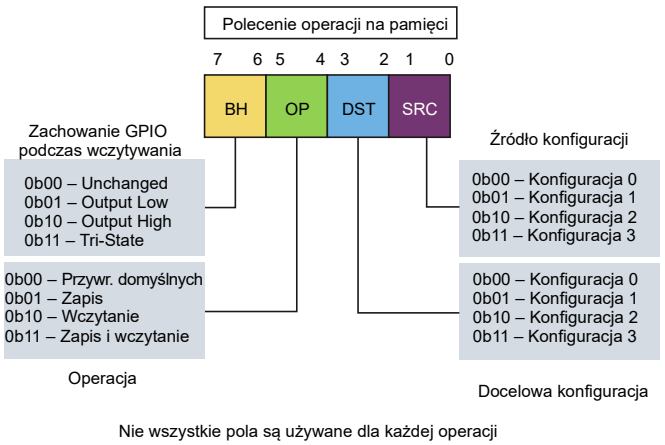
Zaletą rozwiązania bazującego na MCU jest ekstremalna elastyczność. W przeciwieństwie do ASIC dostępnych na rynku, rozwiązanie z MCU można skonfigurować z niestandardowymi funkcjami specyficznymi dla danego zastosowania. Opisana dalej aplikacja została opracowana dla rodziny MCU ogólnego przeznaczenia PIC16F15244. Jej dod źródłowy jest dostępny na stronie Microchip Discover (discover.microchip.com) i Github.

Przetwornik wartości napięcia na częstotliwość (V/F)

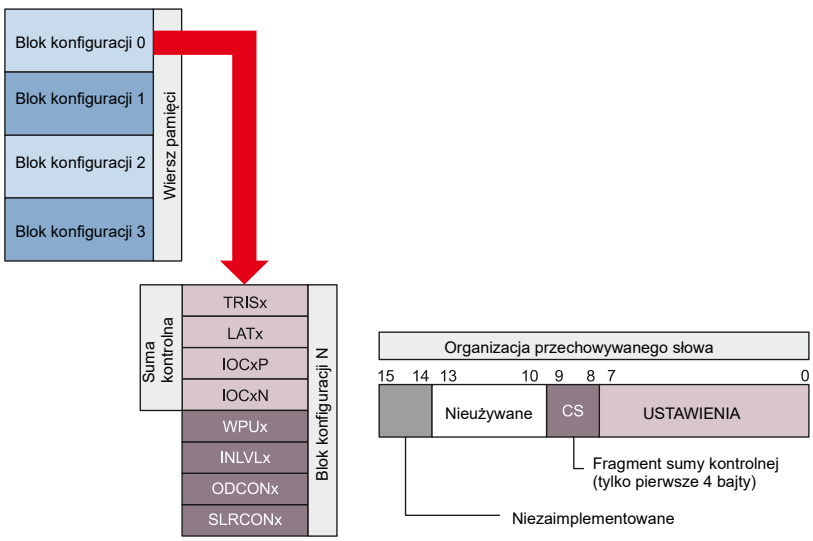
Konwerter napięcia na częstotliwość (V/F) demonstruje użycie sprzętowych urządzeń peryferyjnych do stworzenia funkcji niezależnej od rdzenia, która normalnie musiałaby być realizowana za pomocą zewnętrznego układu scalonego. Jedną z największych zalet takiego rozwiązania jest to, że urządzenia peryferyjne są konfigurowane w oprogramowaniu, co ułatwia modyfikowanie sposobu działania. Kolejną korzyścią jest to, że konwerter jest zaimplementowany w mikrokontrolerze, co zmniejsza listę elementów i wymaganą powierzchnię projektową.

Jednym z wyzwań związanych z podejściem bazującym na MCU jest to, że nie działa tak dobrze, jak rozwiązanie analogowe, ponieważ rozdzielczość wyjścia jest z natury ograniczona przez przetwornik ADCC. Nominalnie ADCC jest 12-bitowy, ale został skonfigurowany do nadpróbkowania w 14-bitowej rozdzielczości. Podobnie, wbudowany oscylator sterowany numerycznie (NCO), który syntetyzuje częstotliwość wyjściową, ma skończoną rozdzielczość i może mieć jitter na wyjściu, w zależności od wartości zmierzonej przez ADC.

W ramach realizacji tego rozwiązania istnieją trzy odrębne bloki urządzeń peryferyjnych – blok próbkowania analogowego, blok oscylatora wyjściowego i generator cyklu pracy (**rysunek 4**).



Rysunek 2. Pamięć przechowywania konfiguracji



Rysunek 3. Budowa polecenia operacji na pamięci

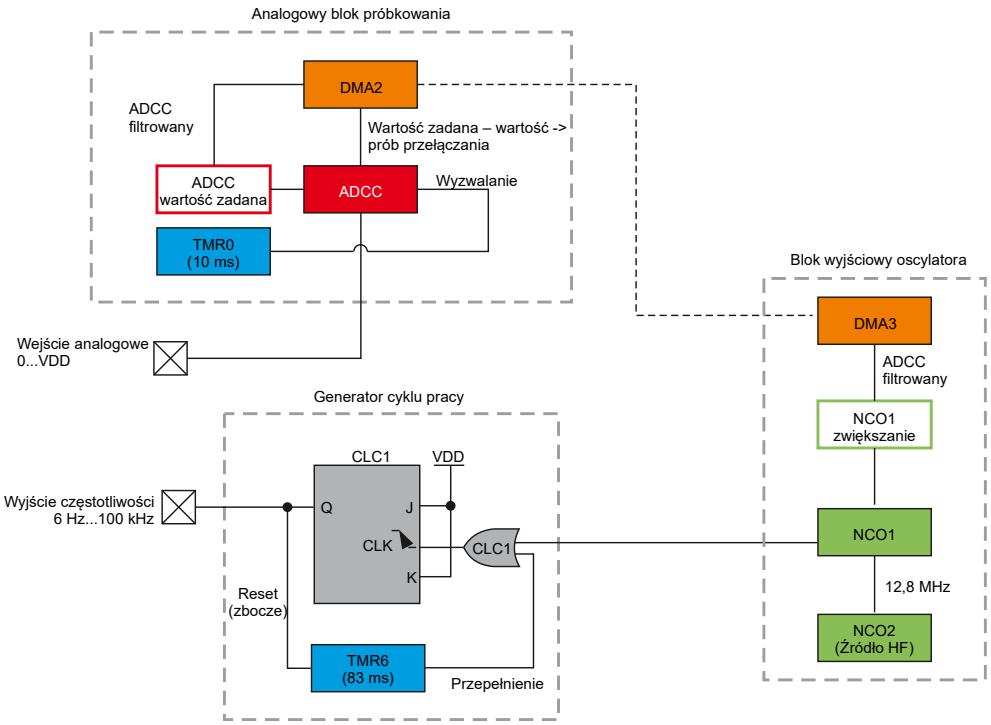
eprasa.pl a53a1e2c07

Blok próbkowania analogowego

Za konwersję analogowo-cyfrową odpowiada blok analogowego próbkowania (**rysunek 5**). Aby uzuskać na wyjściu 100 kHz przy ograniczeniach częstotliwości urządzenia, przetwornik ADCC zostałoskonfigurowany tak, aby gromadzić wiele próbek, a następnie uśredniać, aby uzyskać 14-bitowy wynik z nadpróbkowaniem.

Wadą tego nadpróbkowania jest dodatkowy szum statystyczny dodany do wyniku. Szum jest kompensowany przez uśrednienie nadpróbkowania i dodanie histerezy.

Aby zaimplementować histerezę, wykorzystywana jest funkcja progowego przerwania ADCC (dla uproszczenia, omówione zostaną tylko niektóre szczegóły dotyczące używa funkcji przerwania progowego). Kiedy ADCC zakończy obliczanie uśrednionego nadpróbkowania, wynikowa wartość jest porównywana z rejestrem wartości zadanej. Jeśli różnica między nimi jest większa lub mniejsza niż ustawione progi, to wyzwalane jest przerwanie. Procesor maskuje to przerwanie i nie ma na nie wpływu, jednak przerwanie to przesyła kopię uśrednionego wyniku nadpróbkowania w trybie bezpośredniego dostępu do pamięci (DMA) do rejestru nastaw ADCC, który aktualizuje punkt środkowy histerezy. Jeśli progi nie zostaną przekroczone, ta kopia DMA nie jest uwzględniana i nie spowoduje aktualizacji bloku oscylatora wyjściowego.



Rysunek 4. Schemat blokowy rozwiązania

Blok oscylatora wyjściowego

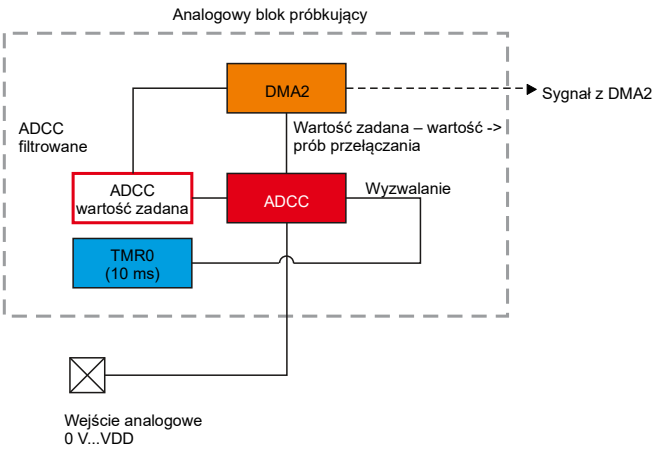
Blok oscylatora wyjściowego tego rozwiązania odpowiada za generowanie sygnału zegarowego o żądanej częstotliwości wyjściowej. Ten sygnał wyjściowy jest wewnętrznie podłączony do generatora cyklu pracy, który zmniejsza o połowę częstotliwość wyjściową, ale tworzy wyjście cyklu pracy 50%. Z tego powodu blok oscylatora wyjściowego pracuje z podwójną częstotliwością na wyjściu (**rysunek 6**).

Sercem bloku oscylatora wyjściowego jest oscylator sterowany numerycznie (NCO). Urządzenie peryferyjne NCO działa poprzez dodanie wartości przyrostu do akumulatora na zboczu narastającym zegara wejściowego. Przepełnienie akumulatora służy do wyprowadzenia sygnału wyjściowego. W tym przykładzie NCO2 został skonfigurowany do wewnętrznego tworzenia wymaganej częstotliwości zegara wejściowego, aby uzyskać wyjście o częstotliwosci 100 kHz z wejścia 14-bitowego. Wynik 14-bitowy jest używany, ponieważ natywny wynik 12-bitowy z ADCC nie jest wystarczająco duży, aby wygenerować 100 kHz bez zewnętrznego źródła zegarowego (**tabela 1**).

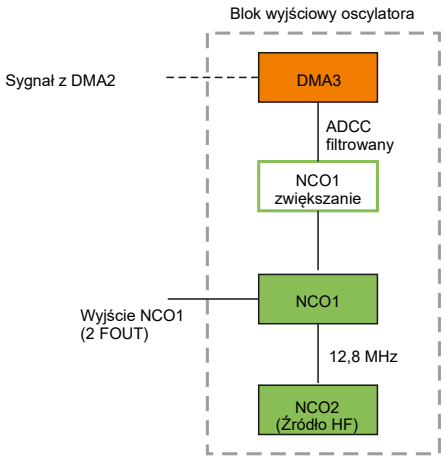
Jeśli częstotliwość wyjściowa NCO2 zostanie zmieniona lub zostanie użyte alternatywne źródło, częstotliwość wyjściowa zostanie przeskalowana do innego zakresu wyjściowego. Na przykład, jeśli NCO2 zostanie zredukowany do 1,28 MHz, wyjście osiąga maksimum przy 10 kHz (**tabela 2**).

Generator cyklu pracy

Ten blok odpowiada za wytworzenie przebiegu o wypełnieniu 50%. Ta funkcja jest opcjonalna – dane wyjściowe można wykorzystać bezpośrednio, chociaż wypełnienie będzie się różniło w szerokim stopniu. Ten generator jest zaimplementowany przy użyciu jednej z konfigurowalnych komórek logicznych CLC. Są to małe bloki dyskretnej, konfigurowalnej logiki, podobne do pojedynczej komórki FPGA (*Field Programmable Gate Array*). CLC mogą być używane jako dyskretne bramki logiczne, takie jak AND-OR lub OR-XOR. Mogą być również skonfigurowane jako zatrzaski lub przerzutniki. W tym rozwiązaniu CLC został zaimplementowany jako przerzutnik J-K z funkcją Reset.



Rysunek 5. Implementacja analogowego bloku próbkowania



Rysunek 6. Struktura bloku oscylatora wyjściowego

eprasa.pl a53a1e2c07

Tabela 1. Wyjścia konwertera V/F dla zakresu 100 kHz z wyłączoną funkcją Watchdog

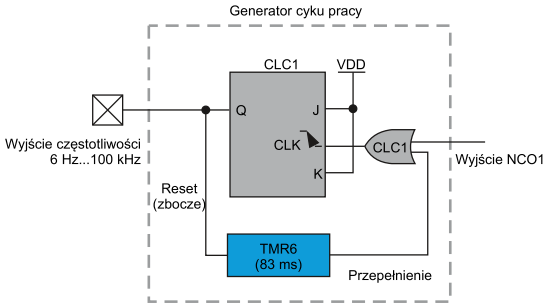
Wynik ADC	Wyjście NCO1 (podwojone)	Częstotliwość wyjściowa
0x0000	0 Hz	0 Hz
0x0001	12,2 Hz	6,1 Hz
0x0100	3,1 kHz	1,6 kHz
0x1000	50 kHz	25 kHz
0x3FFF	200 kHz	100 kHz

Tabela 2. Wyjścia konwertera V/F dla zakresu 10 kHz z wyłączoną funkcją Watchdog

Wynik ADC	Wyjście NCO1 (podwojone)	Częstotliwość wyjściowa
0x0000	0 Hz	0 Hz
0x0001	1,2 Hz	0,6 Hz
0x0100	312,5 Hz	156,3 Hz
0x1000	5 kHz	2,5 kHz
0x3FFF	20 kHz	10 kHz

Sygnały J i K są utrzymywane na poziomie logicznym wysokim. Blok oscylatora wyjściowego jest używany jako zegar dla przerzutnika. Każdy wejściowy impuls zegarowy powoduje przełączenie wyjścia, co generuje 50% współczynnik wypełnienia (uwaga – jitter częstotliwości z bloku oscylatora wyjściowego wpłynie na cykl pracy).

Timer 6 jest używany jako timer watchdog. Jeśli wyjście nie generuje zbocza (wznoszącego lub opadającego), wówczas timer przepełni się i wygeneruje impuls zegarowy do CLC. Kontroluje to dolną stronę zakresu częstotliwości wyjściowej. Zamiast osiągać wartość DC, wyjście przełącza się w połowie częstotliwości timera – 6 Hz.



Rysunek 7. Schemat blokowy generatora cyklu pracy

Wnioski

Do realizacji przykładu wybrano rodzinę układów PIC18-Q43 ze względu na dużą liczbę używanych urządzeń peryferyjnych. Kod źródłowy tego projektu jest dostępny na Microchip Discover (discover.microchip.com) i Github.

Chociaż wysokowydajne mikrokontrolery i mikroprocesory nie znikną, 8- i 16-bitowe mikrokontrolery są nieocenionym narzędziem do wykonywania małych, specjalistycznych zadań. Zadania niekoniecznie są złożone, ale mogą być czasochłonne lub krytyczne czasowo. Odciążając zadania urządzenia 32-bitowego uzyskujemy prostsze implementacje, które poprawiają niezawodność, zmniejszają zużycie pamięci i zmniejszają zużycie energii.

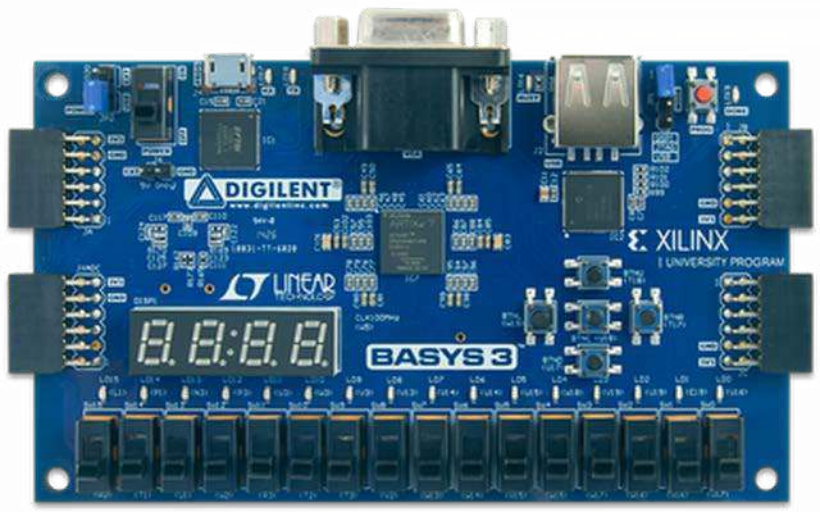
Robert Perkel

Linki do stron internetowych:
- Strona mikrokontrolera PIC16F15244: https://bit.ly/3yN6hXP
- Strona mikrokontrolera PIC18-Q43: https://bit.ly/3MwlCQy
- Baza przykładów i tutoriali od Microchip: https://bit.ly/3sJAYJL
- Baza programów od Microchip: https://bit.ly/3sKP1yG

REKLAMA

Zestawy uruchomieniowe FPGA

Zestaw Basys 3 Artix-7 FPGA Trainer Board http://bit.ly/2MW1wFS



Kod handlowy: FPGA0001 • Producent: Digilent

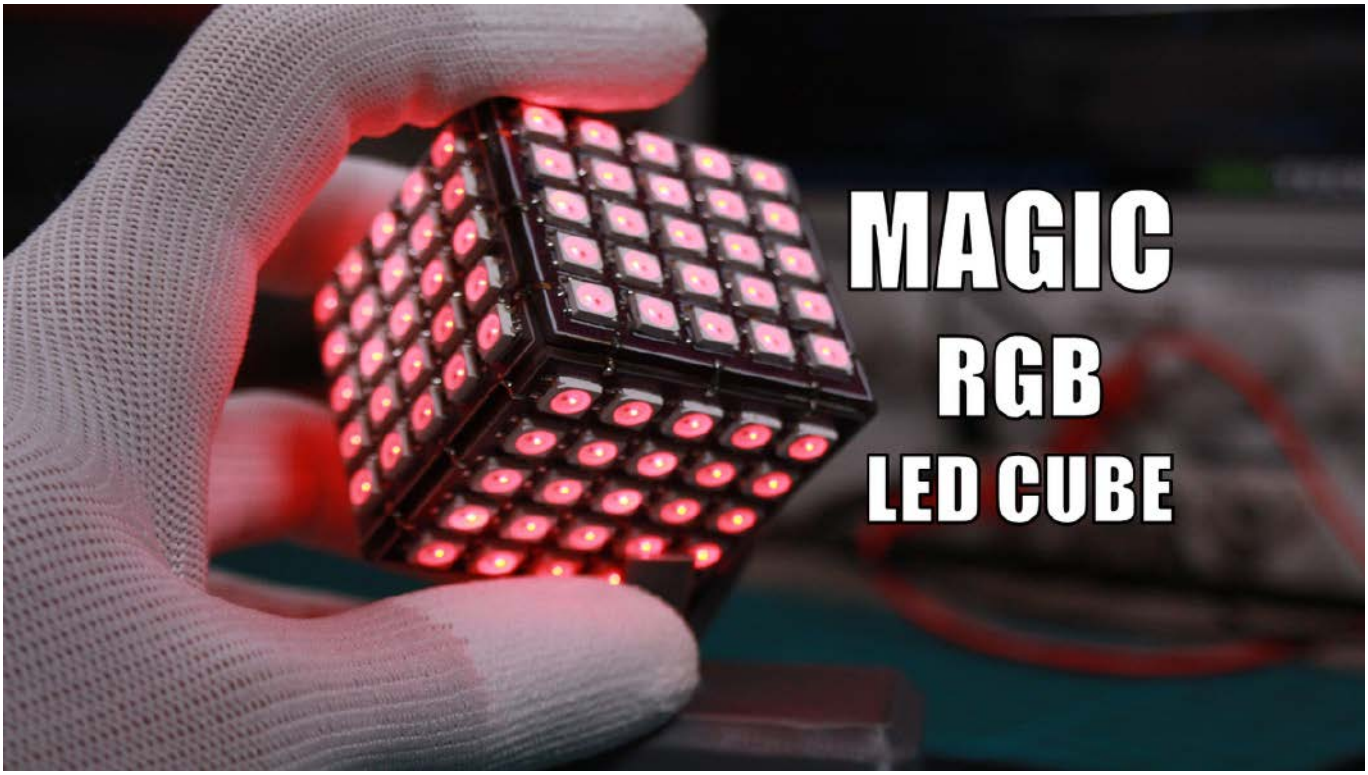
Zestaw Basys 3 jest w szczególności polecany hobbystom i organizatorom kursów poświęconych układom programowalnym, oraz uczestnikom tych kursów. Oryginalny Basys 3 to zestaw do projektowania układów/systemów cyfrowych w środowisku Vivado Design Suite, z układem FPGA w wersji 35-T rodziny Artix 7 firmy Xilinx pozwalającym je praktycznie wdrożyć. Zestaw ten to najnowsza odsłona linii produktów Basys powstała specjalnie z myślą o osobach początkujących i studentach kierunków elektronicznych. W ich ręce producent oddaje gotowy do użycia produkt o dużej liczby peryferii zawierający niezbędne obwody. Tym samym nie ma potrzeby dołączania odrębnych komponentów, by stworzyć określone rozwiązanie. Ostatnie może być przy tym proste (np. bramki logiczne) lub bardziej złożone (np. namiastka domu inteligentnego). Zatem to sprzęt do zastosowań domowych oraz profesjonalnych, w tym do układów czasu rzeczywistego (RTOS).

AVT sklep

AVT SPV Sp. z o.o. 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Sklep stacjonarny czynny jest od poniedziałku do piątku w godzinach: 8.00–16.00, tel. 22 257 84 66
e-mail: handlowy@avt.pl, tel. 22 257 84 51 (w godzinach: 9.00–15.00)

http://sklep.avt.pl

eprasa.pl a53a1e2c07



Magiczna kostka LED RGB na bazie RP2040

Urządzenia z efektami świetlnymi zawsze są ciekawymi projektami – z łatwością przyciągają uwagę oglądających, nawet, jeśli poza aspektem estetycznym dany system oferuje niewiele lub nic. Tak też jest w przypadku zaprezentowanej kostki LED RGB, która skonstruowana została na konkurs Make it Glow, organizowany przez portal Instructables.com. Ta niezwykle urzekająca konstrukcja może być ciekawym elementem wystroju wnętrza, a jednocześnie projektem edukacyjnym, który pozwoli poznać mikrokontroler RP2040.

Zaprezentowany układ został wykonany całkowicie od podstaw. Autor zaprojektował każdy element tego projektu, urządzenie nie jest zawiera gotowych modułów, jak to często bywa z projektami z działu soft. Magiczna kostka LED przeznaczona jest głównie do wyświetlania świetlnych animacji i zasadniczo pełni tylko rolę dekoracji np. warsztatu elektronicznego. System zawiera niesamowity mikrokontroler RP2040, który jest „młodszym bratem" komputera jednopłytkowego Raspberry Pi. Ta niezwykle ciekawa platforma nie jest tak popularna, jak inne mikrokontrolery korzystające z ekosystemu Arduino, ale warto zwrócić na nią uwagę przy swoich projektach.

Wszystkie elementy użyte w systemie są dokładnie opisane. Można pobrać również wszystkie niezbędne pliki projektowe, które są potrzebne do wykonania kopii urządzenia we własnym warsztacie. Dodatkowo, jak wskazuje w oryginalnym artykule sam autor, projekt ma istotną wartość edukacyjną – pozwala poznać:

- podstawy konfiguracji mikrokontrolera RP2040,
- zalety stosowania diod LED RGB WS28xx,
- podstawy montażu urządzeń elektronicznych.

Ponadto projekt z pewnością będzie inspiracją do tworzenia własnych, podobnych konstrukcji.

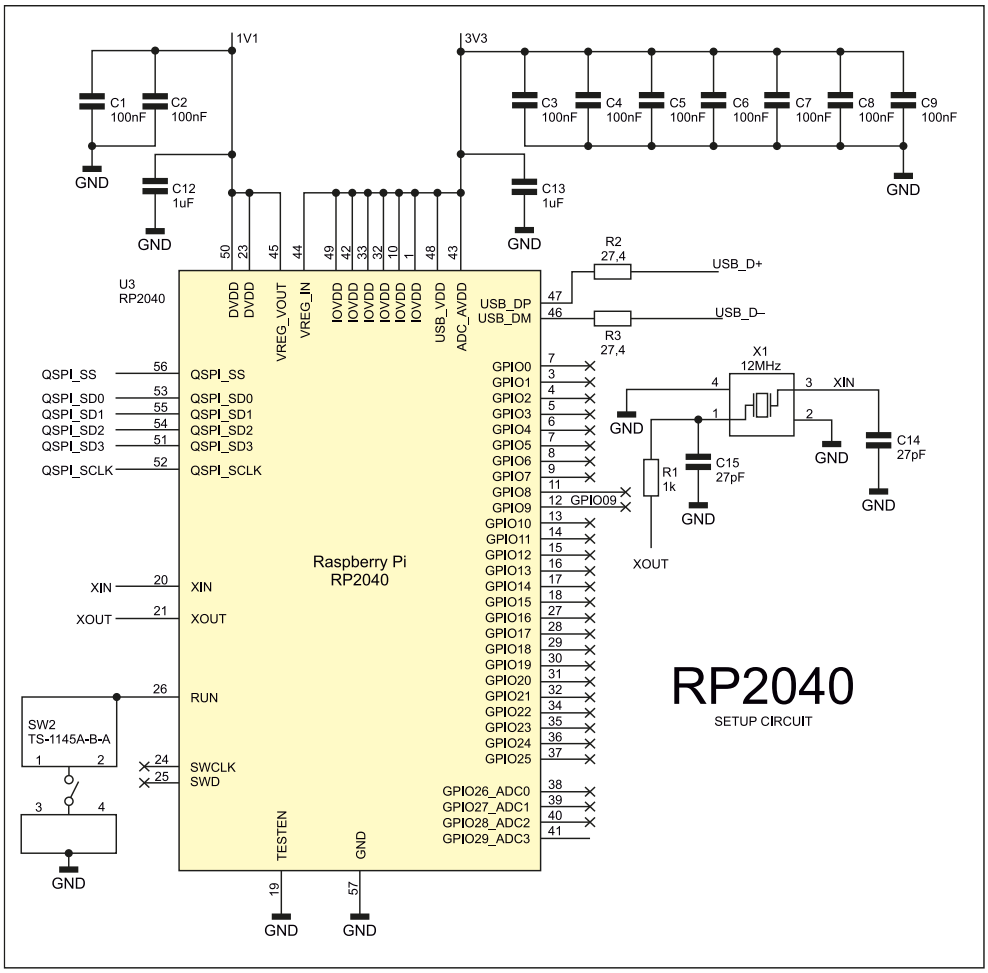
Potrzebne narzędzia

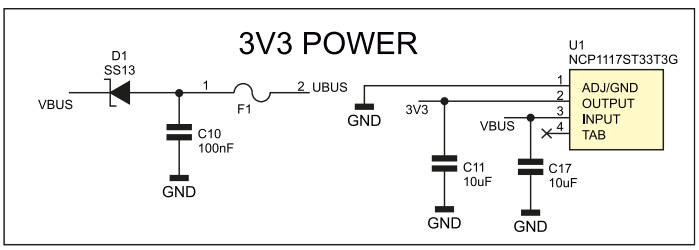
Oprócz elementów elektronicznych potrzebnych do zmontowania urządzenia niezbędne będą również narzędzia – tak fizyczne, jak i programistyczne, które umożliwią zbudowanie, uruchomienie i zaprogramowanie. Oto one:

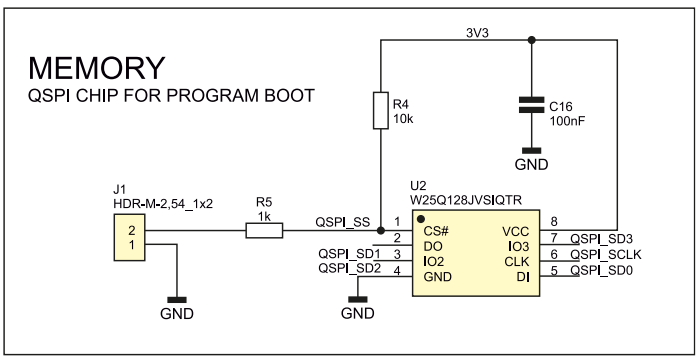
- lutownica – dowolny rodzaj umożliwiający lutowanie niewielkich elementów SMD. Autor użył do lutowania tzw. *hot-plate*, który podgrzewa całą płytkę drukowaną. Zamiast niego można zastosować specjalny piec;
- materiały do lutowania – pasta lutownicza, spoiwo, topnik itp.;
- szpatułka do nakładania pasty lutowniczej oraz maska do jej naniesienia – konieczne jeśli montujemy wszystkie elementy naraz, korzystając z hot-plate lub pieca reflow;
- oprogramowanie Arduino IDE – do skompilowania i zaprogramowania układu;
- aplikacja Cura – do przygotowania elementów do druku 3D;
- oprogramowanie Altium Designer – jeśli chcielibyśmy ingerować w projekt elektroniczny urządzenia (schematy i płytki);
- Solidworks – jeśli chcielibyśmy zmodyfikować projekt mechaniczny obudowy.

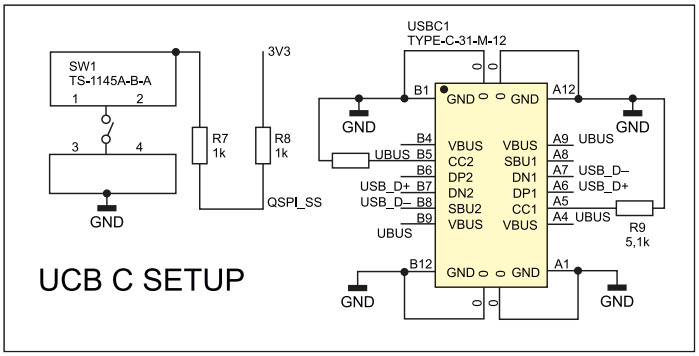
Spośród wymienionych narzędzi Altium Designer oraz Solidworks mogą być najtrudniejsze do pozyskania – to drogie, profesjonalne pakiety do projektowania (odpowiednio) elektroniki i elementów mechanicznych. Nie są one wymagane, jeśli nie chcemy modyfikować

eprasa.pl a53a1e2c07









Rysunek 1. Schemat sterownika układu

projektów autora. Na stronie z projektem udostępnione są pliki edytowalne, jak i wynikowe pliki CAD, które pozwalają na wyprodukowanie niezbędnych elementów, bez konieczności używania tych drogich programów. Oczywiście programy takie, mają alternatywne, darmowe rozwiązania, które oferują zbliżone możliwości – odpowiednio np. KiCad do projektowania PCB oraz FreeCAD do projektów mechanicznych. Jednak autor projektu zdecydował się korzystać z narzędzi komercyjnych, do których pewnie ma zawodowo dostęp.

Projekt układu

Pierwszym i najważniejszym krokiem jest dobór kluczowych komponentów z jakich będzie się składał system. Ponieważ autor zdecydował się na mikrokontroler RP2040 to kluczowe komponenty dobrał bazując na jego karcie katalogowej. Następnie autor postępował zgodnie z zaleceniami projektowymi, aby utworzyć projekt obwodu w programie Altium Designer. Na **rysunku 1** został pokazany uzyskany schemat urządzenia. Jest on podzielony na cztery główne bloki.

RP2040

W tym bloku znajduje się sam mikrokontroler oraz wszystkie elementy niezbędne do jego do pracy. Są to przede wszystkim obwody filtrujące zasilanie (kondensatory), układ resetu w postaci przycisku oraz oscylator kwarcowy do taktowania procesora. Wszystkie te podzespoły są kluczowe dla działania układu. Jakkolwiek np. bez kondensatorów filtrujących zasilanie system powinien działać, to ich stosowanie jest zdecydowanie zalecane, a ich brak może przełożyć się na nieprzewidywane zachowanie układu np. resetowanie się w najmniej spodziewanym momencie. Autor poleca zastosować tutaj kondensatory 100 nF (zgodnie z ogólnie przyjętą praktyką), po jednym na każdy pin zasilania układu, umieszczone blisko wyprowadzeń układu.

Układ pamięci

Mikrokontroler RP2040 jest skonstruowany trochę inaczej niż typowe układy tej klasy, ponieważ potrzebuje zewnętrznej kości pamięci, do której ładowany jest kod programu. W omawianym systemie zastosowano układ pamięci z interfejsem QSPI – układ W25Q128JVS. Jest to pamięć Flash o pojemności 128 Mb. To maksymalny rozmiar pamięci, jaki może zaadresować ten mikrokontroler.

Stabilizator napięcia

Mikrokontroler RP2040 zasilany jest napięciem 1,1 V (rdzeń układu) i 3,3 V (układy peryferyjne i systemy I/O). Pierwsze z tych napięć generowane jest wewnętrznie, przez wbudowany stabilizator napięcia, ale 3,3 V musi być dostarczone z zewnątrz. W module zintegrowano stabilizator liniowy 3,3 V. Stabilizuje on napięcie zasilania, pochodzące z USB, do poziomu wymaganego przez mikrokontroler. Jako że układ ten pobiera niewielki prąd (diody LED zasilane są bezpośrednio z 5 V z USB) liniowy element nie jest problemem nie będzie on wytwarzał nazbyt dużo problematycznego ciepła. Wejście

eprasa.pl a53a1e2c07

zasilania zabezpieczone jest nadprądowo – bezpiecznikiem (F1) oraz diodą (D1), która zabezpiecza przed odwrotnym podłączeniem zasilania do systemu i przepięciami, które mogłyby uszkodzić port USB w komputerze.

USB C

Złącze USB-C, mimo że obecne jest już jakiś czas na rynku, to do projektów hobbystycznych i płytek deweloperskich trafiło dopiero niedawno. Autor projektu, jak sam zaznacza w jego opisie, długi czas miał dylemat nad zastosowaniem tego złącza w swoim urządzeniu. Jednak finalnie zdecydował się na zastosowanie tego rozwiązania. Układ zaprezentowany na schemacie na rysunku 1 można nazwać modelowym rozwiązaniem USB-C dla układów hobbystycznych. Moduł ten można bez problemu przenieść do własnego systemu bez modyfikacji.

Diody LED

Osobnym elementem systemu jest łańcuch złożony z 25 diod LED RGB. Są to sterowane cyfrowo moduły diodowe typu WS2812. Diody te sterowane są szeregowo, za pomocą tylko jednego sygnału wejściowego, co istotnie ułatwia ich implementację w systemie. Dodatkowo, diody WS2812 (i podobne) mogą być łączone ze sobą szeregowo. Moduły mają wejście cyfrowe (DIN) oraz wyjście (DOUT), pomiędzy którymi, w strukturze sterownika diod, znajduje się rejestr przesuwny. Powoduje to, że dioda pobiera dane, które potrzebne są do jej wysterowania, ale może też przekazywać dalsze dane dalej. Dzięki temu można łączyć te diody szeregowo – jedna za drugą, podłączając wejście (DIN) to wyjścia (DOUT) poprzedniej diody. Dzięki temu można sterować łańcuchem takich diod za pomocą jednego wyprowadzenia cyfrowego mikrokontrolera. Na **rysunku 2** pokazano schemat ideowy elementu z diodami LED RGB. Są one połączone ze sobą szeregowo, jak opisano powyżej. Ponadto każda dioda podłączona jest do zasilania VBUS (5 V) oraz masy. Projekt uzupełniają kondensatory filtrujące zasilanie (100 nF) podłączone do linii VBUS równolegle z diodami RGB.

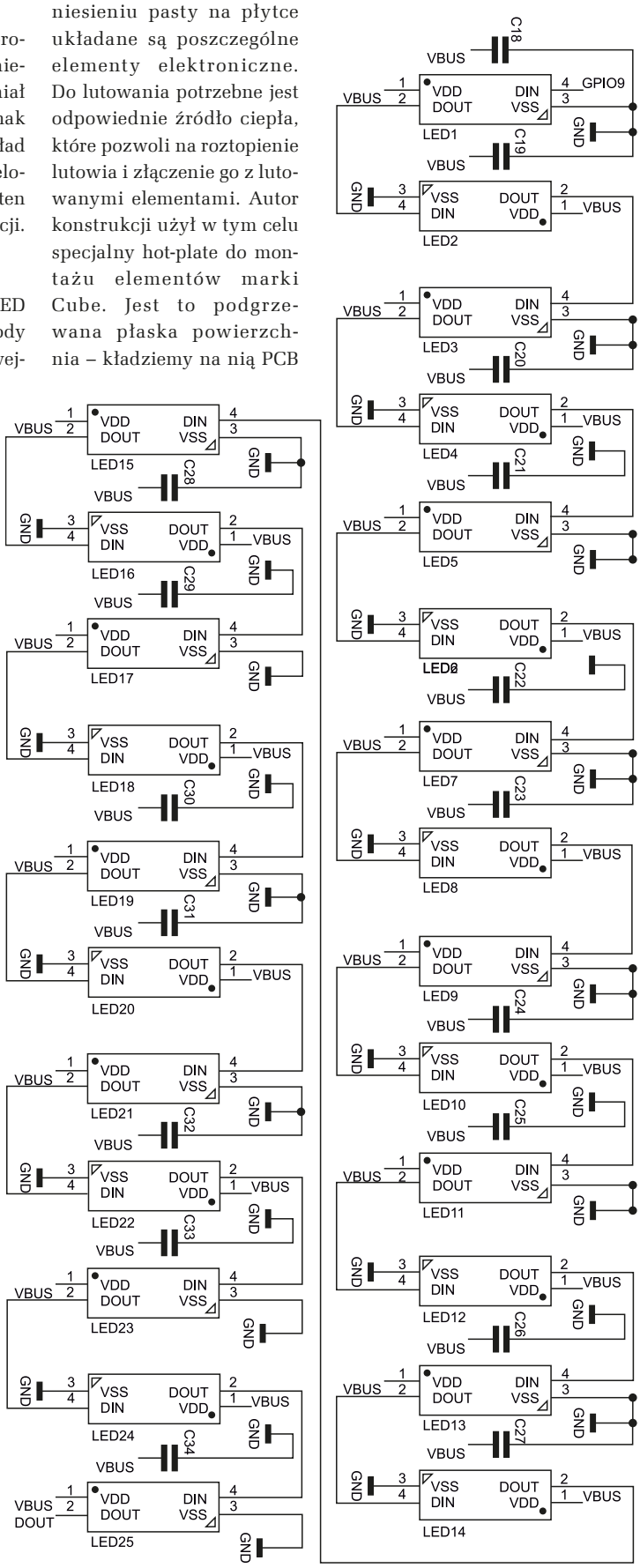
Projekt płytek drukowanych

Projektując PCB można zdecydować, jaki kształt będzie miało całe urządzenie. W przypadku tego projektu, autor zdecydował się na kształt sześcianu, dlatego wszystkie kawałki kostki muszą mieć kształt kwadratów (w tym przypadku założono wymiary 40×40 mm). Można oczywiście wybrać większy rozmiar, ale ten wybrany jest odpowiedni do tego, aby równomiernie rozmieścić diody LED RGB na jednej płytce. Układ rozbity jest na dwa rodzaje płytek. Pierwszą z nich jest kontroler z mikrokontrolerem i elementami zasilania systemu. Jest to także pierwszy moduł w szeregu, podczas łączenia ze sobą poszczególnych modułów. Kolejne moduły to macierze diod LED – po jednej płytce na każdą ze ścianek.

Montaż elementów

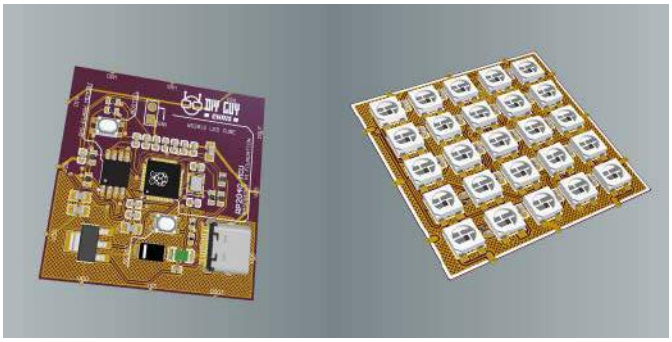
Po zamówieniu i otrzymaniu płytek PCB, kolejne, co trzeba zrobić, to przylutowanie elementów elektronicznych na górnej i dolnej stronie płytki drukowanej kontrolera układu, a następnie przylutowanie diod LED RGB na pozostałych płytkach. Wraz z zamówieniem PCB autor zamówił również szablon do nakładania pasty lutowniczej, co znacznie uprościło montaż całego systemu. Jeśli nie macie doświadczenia w montażu elementów na PCB, można zamówić gotowy, zmontowany układ. Wystarczy, że wraz z zamówieniem PCB (z plikami GERBER) wyślemy również listę materiałową (BoM) oraz plik z lokalizacjami poszczególnych elementów (tzw. plik pick&place). Pliki te można pobrać można ze strony z projektem – link na końcu artykułu.

Jeśli jednak zdecydujemy się na samodzielny montaż systemu możemy, tak jak autor, skorzystać z domowej wersji procesu reflow, który pozwala szybko i łatwo zmontować układ w technologii SMD. Pierwszym krokiem jest naniesienie pasty lutowniczej. Służy do tego wspomniany powyżej szablon. Przykłada się go do laminatu i przez niego nanosi pastę. Po zdjęciu szablonu pasta pozostaje tylko na polach lutowniczych, czyli tam, gdzie jest potrzebna. Po naniesieniu pasty na płytce układane są poszczególne elementy elektroniczne. Do lutowania potrzebne jest odpowiednie źródło ciepła, które pozwoli na roztopienie lutowia i złączenie go z lutowanymi elementami. Autor konstrukcji użył w tym celu specjalny hot-plate do montażu elementów marki Cube. Jest to podgrzewana płaska powierzchnia – kładziemy na nią PCB



Rysunek 2. Schemat łańcucha diod LED RGB

eprasa.pl a53a1e2c07



Rysunek 3. Wizualizacja projektu płytek drukowanych kontrolera oraz modułu diod LED RGB

Listing 1. Program sterujący pracą kostki napisany w Arduino IDE

```
#include <NeoPixelConnect.h>

NeoPixelConnect MyCube(9, 150);

void setup() {
}

void loop() {
  discoMode(5);
  glowLightRandom(2);
  randomLightShow(1000);
  smoothColorShow(3);
  slideMoveFast(3);
}

void discoMode(int repeat) {
  for(int i=0; i<repeat ; i++){
    int colorSetRed=random(0,255)/32;
    int colorSetGreen=random(0,255)/32;
    int colorSetBlue=random(0,255)/32;
    int brightnessRed=colorSetRed*5;
    int brightnessGreen=colorSetGreen*5;
    int brightnessBlue=colorSetBlue*5;
    for(int j=0 ; j<30 ; j++){
      int firstPixel=random(0,149);
      for(int i=0; i<3 ; i++){
        MyCube.neoPixelFill(
        colorSetRed,
        colorSetGreen,
        colorSetBlue,true);
        delay(1);
        MyCube.neoPixelSetValue(
        firstPixel,
        brightnessRed,
        brightnessGreen,
        brightnessBlue,true);
        delay(1);
        MyCube.neoPixelClear();
      }
    }
  }
}

void slideMoveFast(int repeat) {
  for(int i=0 ; i<repeat ; i++){
    MyCube.neoPixelClear(true);
    for(int i=0 ; i<150 ; i++){
      MyCube.neoPixelSetValue(i,
    random(0,128),
    random(0,128),
    random(0,128),true);
      delay(10);
    }
    for(int i=0 ; i<150 ; i++){
      MyCube.neoPixelSetValue(
    i,0,0,0,true);
      delay(10);
    }
  }
}

void smoothColorShow (int repeat) {
  for(int i=0 ; i<repeat ; i++){
    for(int i=255; i>=0; i--){
      MyCube.neoPixelFill((0/10),
    (255/10),(i/10),true);
      delay(3);
    }
    for(int i=0; i<256; i++){
      MyCube.neoPixelFill((i/10),
    (255/10),(0/10),true);
      delay(3);
    }
    for(int i=255; i>=0; i--){
      MyCube.neoPixelFill((255/10),
    (i/10),(0/10),true);
      delay(3);
    }
    for(int i=0; i<256; i++){
      MyCube.neoPixelFill((255/10),
    (0/10),(i/10),true);
      delay(3);
    }
    for(int i=255; i>=0; i--){
      MyCube.neoPixelFill((i/10),
```

z pastą i elementami, a ciepło powoduje stopienie pasty i polutowanie wszystkich elementów. Zamiast takiego podgrzewacza można stosować dowolny piec, zdolny osiągnąć odpowiednią temperaturę – nawet piekarnik się do tego nadaje, jeśli zastosuje się pastę o odpowiednio niskiej temperaturze topnienia. Jednak trzeba pamiętać o tym, że pasty lutownicze, z uwagi na stosowanie chemicznych topników, często pozostawiają po sobie szkodliwe dla człowieka pozostałości.

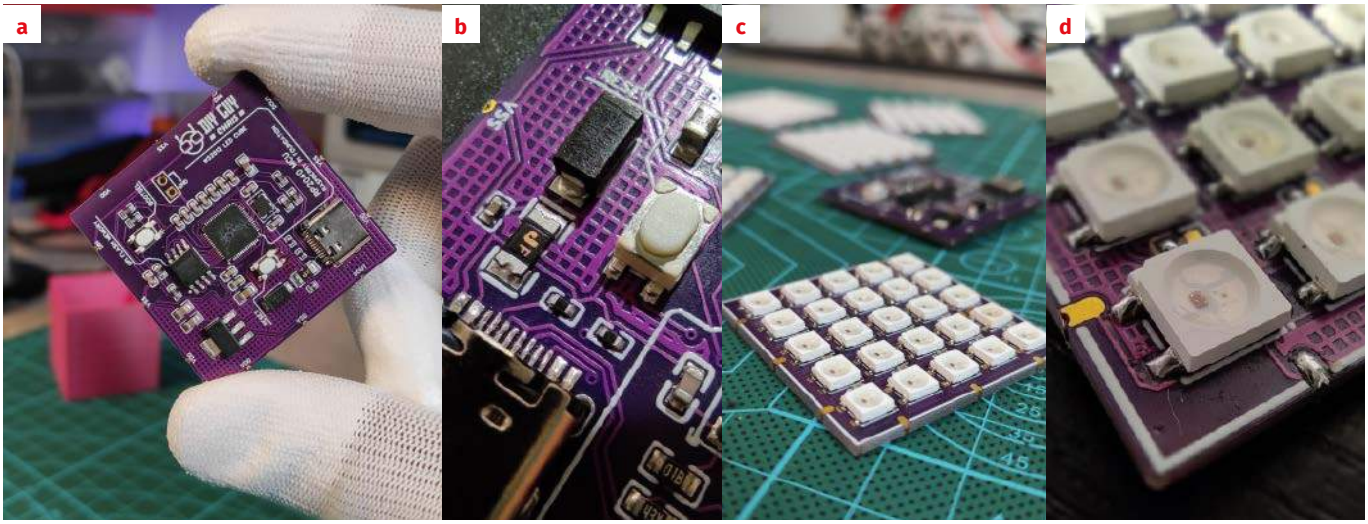
Listing 1. cd.

```
    (0/10),(255/10),true);
      delay(3);
    }
    for(int i=0; i<256; i++){
      MyCube.neoPixelFill((0/10),
    (i/10),(255/10),true);
      delay(3);
    }
  }
}

void glowLightRandom(int repeat) {
  int glowRed=0;
  int glowGreen=0;
  int glowBlue=0;
  for(int i=0 ; i<repeat ; i++){
    int Red=random(0,25);
    int Green=random(0,25);
    int Blue=random(0,25);
    for(int i=0; i<25; i++){
      MyCube.neoPixelFill(
    glowRed,glowGreen,i,true);
      delay(50);
      if(glowRed<Red)
      glowRed++;
      if(glowGreen<Green)
      glowGreen++;
    }
    for(int i=25; i>=0; i--){
      MyCube.neoPixelFill(
    glowRed,glowGreen,i,true);
      delay(50);
      if(glowRed>0)
      glowRed--;
      if(glowGreen>0)
      glowGreen--;
    }
    Red=random(0,25);
    Blue=random(0,25);
    for(int i=0; i<25; i++){
      MyCube.neoPixelFill(
    glowRed,i,glowBlue,true);
      delay(50);
      if(glowRed<Red)
      glowRed++;
      if(glowBlue<Blue)
      glowBlue++;
    }
    for(int i=25; i>=0; i--){
      MyCube.neoPixelFill(
    glowRed,i,glowBlue,true);
      delay(50);
      if(glowRed>0)
      glowRed--;
      if(glowBlue>0)
      glowBlue--;
    }
     Green=random(0,25);
     Blue=random(0,25);
    for(int i=0; i<25; i++)
    {
      MyCube.neoPixelFill(
    i,glowGreen,glowBlue,true);
      delay(50);
      if(glowGreen<Green)
      glowGreen++;
      if(glowBlue<Blue)
      glowBlue++;
    }
    for(int i=25; i>=0; i--){
      MyCube.neoPixelFill(
    i,glowGreen,glowBlue,true);
      delay(50);
      if(glowGreen>0)
      glowGreen--;
      if(glowBlue>0)
      glowBlue--;
    }
  }
}

void randomLightShow(int repeat) {
  for(int i=0; i<repeat ; i++){
    int firstPixel=random(0,149);
    MyCube.neoPixelSetValue(
    firstPixel,
    random(0,255),
    random(0,255),
    random(0,255),
    true);
    delay(1);
    MyCube.neoPixelClear();
    delay(1);
  }
}
```


eprasa.pl a53a1e2c07



Fotografia 1. Zmontowana płytka kontrolera (a i b), zmontowana płytka diod LED RGB (c i d)

Można także do lutowania płytki wykorzystać lutownicę na gorące powietrze, roztapiając pastę pod poszczególnymi elementami. Po zakończonym montażu elementów należy usunąć pozostałości topnika ze zmontowanych płytek. Można w tym celu umyć je np. w izopropanolu. Na **fotografii 1** pokazano gotowe płytki drukowane, przygotowane do uruchomienia.

Oprogramowanie

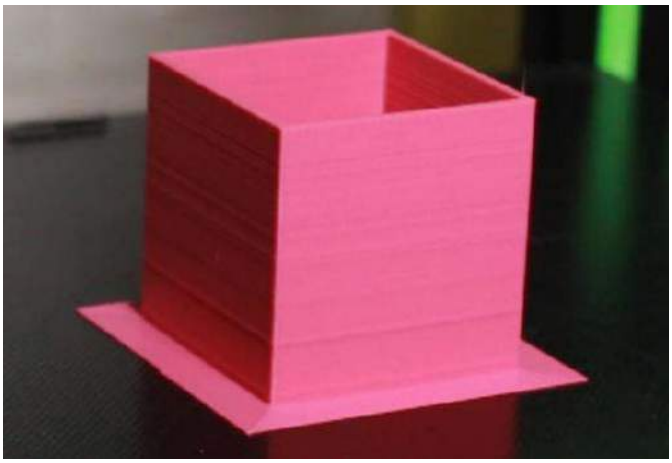
Po zmontowaniu płytek, aby urządzenie zaczęło działać, należy je zaprogramować. Mikrokontrolery RP2040 mogą być programowane w Arduino IDE, co czyni je łatwymi w użyciu. Autor konstrukcji zastosował popularną w Arduino IDE bibliotekę Neopixel, która pozwala w prosty sposób sterować diodami LED RGB WS2812. Wszystkie połączone szeregowo diody mogą być sterowane jednym wyjściem mikrokontrolera. Za pomocą biblioteki Neopixel można wysterować setki diod LED (realnie ich ilość ograniczona jest pamięcią operacyjną mikrokontrolera), co oznacza, że wszystkie 150 diod LED RGB w omawianym systemie nie stanowi dla niej problemu.

W programie, pokazanym na **listingu 1** autor zawarł kilka animacji świetlnych, które posortowane są według niektórych funkcji. Programując płytkę z mikrokontrolerem Raspberry Pi trzeba pamiętać, aby do Arduino IDE dodać wsparcie dla Raspberry Pi Pico za pomocą menedżera płytek, ponieważ ta płytka Raspberry ma taki sam mikrokontroler (RP2040), jaki jest używany w tym projekcie. Konstrukcja tego programu jest identyczna, jak każdego innego szkicu Arduino – składa się on z dwóch funkcji: *setup()* oraz *loop()*. Pierwsza z nich jest uruchamiana jednorazowo po resecie mikrokontrolera. Typowo używana jest do konfiguracji systemu, jednak w tym przypadku jest pusta. Druga z funkcji, to nieskończona pętla, która wywołuje po kolei preprogramowane przez autora efekty (funkcje), gdzie parametr przekazywany do funkcji jest liczbą powtórzeń układu.

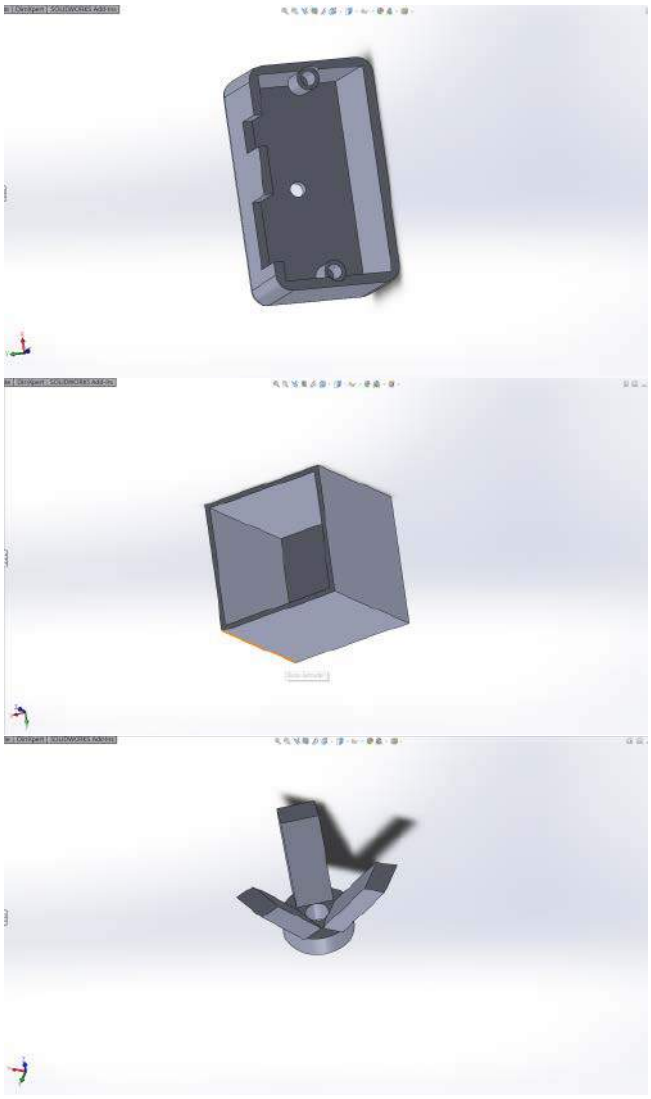
Kluczowa funkcjonalność realizowana jest za pomocą obiektu zdefiniowanego na samym początku programu:

```
NeoPixelConnect MyCube(9, 150);
```

Parametry podane do tego obiektu to, odpowiednio, numer pinu układu, do którego dołączone są diody (w tym przypadku 9) oraz ilość połączonych ze sobą szeregowo diod (w tym przypadku 150).

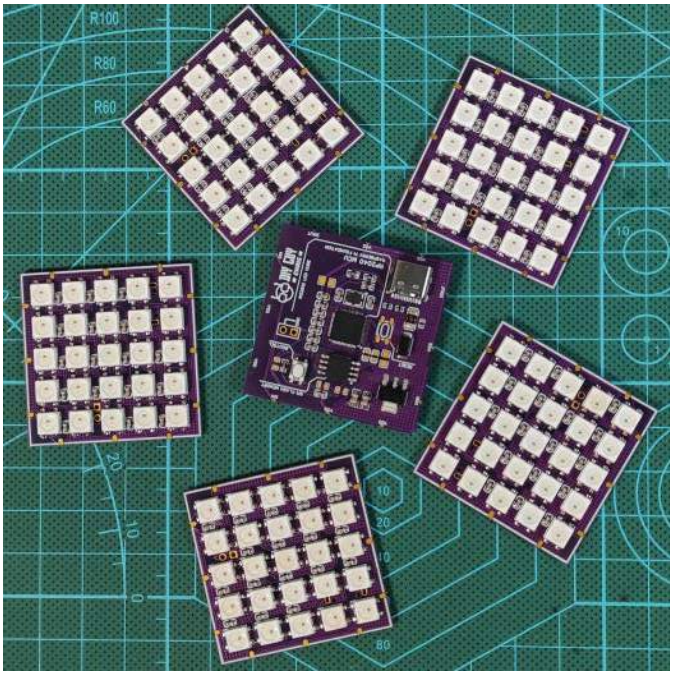


Fotografia 2. Obudowa w trakcie drukowania



Rysunek 4. Projekt elementów przeznaczonych do wydruku 3D

eprasa.pl a53a1e2c07



Fotografia 3. Moduły składowe układu

Funkcje z poszczególnymi efektami używają rozmaitych wbudowanych w bibliotekę efektów, takich jak *neoPixelFill*, *neoPixelSetValue* czy *neoPixelClear*. Dokładny opis działania poszczególnych funkcji znaleźć można w dokumentacji biblioteki (link na końcu artykułu).

Kod programu można pobrać ze strony z projektem. Wystarczy uruchomić go w Arduino IDE, aby po zainstalowaniu sterowników do odpowiedniej płytki możliwe było załadowanie go do pamięci mikrokontrolera.

Uwaga: przy pierwszym uruchomieniu płytka nie pojawi się na liście portów Arduino po podłączeniu jej przez USB, ale wystarczy kliknąć upload i zaakceptować kod, aby przy kolejnym podłączaniu do komputera, moduł pojawiał się na liście portów.

Projekt obudowy

Elementy mechaniczne kostki są wykonane przy użyciu drukarki 3D (**fotografia 2**). Wszystkie potrzebne elementy zostały pokazane na **rysunku 4**, a pliki STL są dostępne na stronie projektu. Wszystkie zaprojektowano w Solidworks, aczkolwiek można je zaprojektować w dowolnym programie CAD 3D, także w darmowym, takim jak FreeCAD. Po złożeniu elementów kostki trzeba połączyć je ze sobą,



Fotografia 4. Sposób połączenia poszczególnych modułów



Fotografia 5. Kostka RGB LED na podstawce

aby uzyskać stabilny kształt sześcianu. Autor zaprojektował elementy w taki sposób, aby montaż był możliwie łatwy. W zestawie plików do wydruku znajduje się także podstawka pod kostkę, która pozwala na estetyczną prezentację gotowej konstrukcji.

Montaż i uruchamianie urządzenia

Urządzenie składa się z pojedynczej płytki kontrolera oraz pięciu płytek z diodami, jak pokazano na **fotografii 3**. Konstrukcja jest realizowana przez wykonanie lutowanych połączeń pomiędzy płytkami (**fotografia 4**), które są wystarczająco wytrzymałe. Płytki należy łączyć po kolei, łącząc linie zasilania (VDD) i masy (VSS) ze sobą, a także łącząc po kolei linie danych, podłączając DOUT jednego modułu do DIN kolejnego, zaczynając od płytki kontrolera. Drugim elementem do złożenia, jest podstawka, w której znajduje się włącznik i gniazdo zasilania, które można podłączyć do klasycznego zasilacza wtyczkowego. Podstawkę pokazano na **fotografii 5**.

Po złożeniu konstrukcji jest ona gotowa do działania zaraz po zaprogramowaniu kontrolera – nie wymaga żadnej dalszej konfiguracji. Może być natomiast doskonałym punktem wyjścia do dalszych projektów z diodami LED RGB czy mikrokontrolerem RP2040.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:

- https://bit.ly/3sT1qAO
- https://bit.ly/3wHBN74
- https://bit.ly/3GaKPxR

eprasa.pl a53a1e2c07



Raspberry Pi 4 jako smart TV

O tym, że Internet wygrywa walkę o dostęp do informacji z klasycznymi mediami (prasa, radio, telewizja) wiadomo od jakiegoś czasu. Kanały radiowe czy telewizyjne, nawet te nastawione tylko na przekazywanie informacji są mniej atrakcyjne niż portale internetowe, w których dostęp do informacji jest stały i natychmiastowy.

Coraz bardziej powszechne wprowadzenie szerokopasmowego Internetu spowodowało, że jesteśmy świadkami rewolucji na rynku domowej rozrywki. Tu również klasyczne kanały dostępu treści rozrywkowej audio i wideo są zastępowane innymi, dużo bardziej atrakcyjnymi i elastycznymi. Miłośnicy muzyki, za cenę miesięcznego abonamentu tańszego niż jedna płyta CD mogą mieć nieograniczony dostęp do milionów utworów przesyłanych strumieniowo. Istnieją rozwiązania, w których jakość przesyłanego materiału audio jest w praktyce nie do odróżnienia od jakości materiału odtwarzanego z płyty CD. Możliwość słuchania na wielu urządzeniach np. telefonie, laptopie, specjalnych odtwarzaczach i tworzenia własnych list utworów tylko podnosi atrakcyjność takich rozwiązań.

Podobnie jest z treściami audiowizualnymi. Klasyczny program telewizyjny od dawna nie jest jednym źródłem rozrywki. Już w latach 80. XX wieku zawrotną karierę zrobił magnetowid VHS pozwalający odtwarzać kasety z filmami z wypożyczalni, ale też nagrywać programy z telewizji lub z kamery VHS. Kolejnymi etapami tej rewolucji były płyty DVD oferujące lepszą jakość niż VHS, a potem płyty Blu-ray. Te ostatnie zależnie od zastosowanych kompresji video i audio mogły już zawierać treści zapisane w wysokiej rozdzielczości HD. Najnowszy format Ultra HD Blu-ray potrafi zapisywać materiał video w rozdzielczości 4k (3840×2160 pikseli), 60 klatek na sekundę bez przeplotu. Jest tu używany system kompresji H265/HEVC z wsparciem dla systemów umożliwiających przesyłanie materiałów video o dużej dynamice HDR10 oraz Dolby Vision.

Wspomniany już Internet szerokopasmowy z możliwością przesyłania danych 40, 50, 100, czy 200 Mbit/s jest idealnym kanałem do przesyłania materiału video dobrej i bardzo dobrej jakości. Korzystają z tego platformy streamingowe oferując w ramach stosunkowo taniego miesięcznego abonamentu usługi VOD (*Video on Demand*). VOD umożliwia wybór i odtwarzanie on-line filmów, seriali, podcastów z bardziej lub mniej rozbudowanej biblioteki. Coraz częściej materiał wideo ma rozdzielczość 4k lub Full HD ze wsparciem Dolby Vision lub HDR10, oraz z kodowaniem dźwięku dookólnego w systemach Dolby Atmos, czy DTS.

Żeby korzystać z takiej oferty trzeba mieć oprócz Internetu szerokopasmowego możliwość uruchomienia specjalnych aplikacji pozwalających na zidentyfikowanie klienta (autoryzacja za pomocą haseł), nawigację po serwisie i uruchomienie odtwarzania zakodowanych strumieni wideo. Najnowsze telewizory z funkcjami smart TV radzą sobie z tym bez problemu. Jest jednak bardzo dużo starszych telewizorów z matrycami dobrej jakości Full HD, czy nawet HD, które nie mają takich możliwości i potrzebują zewnętrznego urządzenia podłączanego do telewizora przez złącze HDMI. Takie przystawki realizujące funkcje Smart TV można kupić w atrakcyjnej cenie. Można je również próbować wykonać samodzielnie. Zaprezentowany projekt jest próbą zbudowania przystawki smart TV bazującej na komputerku Raspberry Pi 4.

Założenia projektowe

Urządzenie będzie bazowało na module Raspberry Pi 4. Ma on zasoby sprzętowe pozwalające na uruchamianie aplikacji pod kontrolą wybranej wersji systemu operacyjnego Linux. Wbudowany procesor BCM2711, 64-bitowy czterordzeniowy Cortex-A72 (ARM v8) SoC taktowany częstotliwością 1,5 GHz. Procesor ma możliwość sprzętowego dekodowania strumieni wideo kodowanych kodekiem H.265 (HEVC) o maksymalnej rozdzielczości 4kp60, lub kodekiem H.264 o maksymalnej rozdzielczości do 1080p60. Wspiera tez obsługę dwu portów HDMI do 4kp60 i jest oferowany z pamięcią RAM o pojemnościach 2 GB, 4 GB, lub 8 GB.

Z przeprowadzonych prób wynika oczywisty wniosek, że im większa pamięć RAM tym lepiej. 4 GB RAM wydaje się rozsądnym kompromisem pomiędzy kosztami i wymaganiami sprzętowymi. Kolejny bardzo ważny element to pamięć micro SD na której będzie zapisane oprogramowanie. Tu się niestety nie bardzo da zaoszczędzić, im szybsza (i droższa) pamięć tym lepiej. Absolutne minimum to klasa C10 (zapis 10 Mbit/sek) . Raspberry Pi 4 używane do odtwarzania strumienia

eprasa.pl a53a1e2c07



Fotografia 1. Wnętrze urządzenia

video może wymagać wymuszonego chłodzenia, bo ten moduł ma znane problemy ze zbyt mocnym nagrzewaniem się procesora.

Do zasilania potrzebny będzie zasilacz napięciu wyjściowym +5 V i wydajności prądowej 3 A. Teoretycznie można do tego celu zastosować ładowarkę do telefonu, ale takie urządzenie nie jest przewidziane do ciągłej pracy. Postanowiłem zastosować przetwornicę o nominalnym napięciu wyjściowym 12 V przeznaczoną do ciągłego obciążenia prądem 3 A przy napięciu wyjściowym 5 V. Założyłem też opcjonalne zastosowanie switch'a Ethernet, ale ten element nie jest konieczny do poprawnego działania. Do połączenia z Internetem preferuję sieć Ethernet jako pewniejszą, ale z dobrym skutkiem można użyć sieci Wi-Fi. Z moich obserwacji moduł Wi-Fi Raspberry Pi 4 ma wyraźnie mniejszą czułość niż mój smartfon, czy laptop. Trzeba to wziąć pod uwagę.

Na **fotografii 1** pokazano prototypowe urządzenie składające się z kilku podstawowych bloków:

- modułu Raspberry Pi 4 z pamięcią RAM o pojemności 4 GB,
- układu zasilania zbudowanego z zasilacza do laptopa o napięciu wyjściowym ok. 18 V zasilającego przetwornicę o napięciu wejściowym z zakresu 10...18 V i napięciu wyjściowym 5 V i wydajności prądowej 3 A,
- opcjonalnego 4 portowego switch'a Ethernet pozwalającego podłączyć sieć Ethernet jednocześnie do Raspbeery Pi 4 i do telewizora,
- wentylatora chłodzącego zasilanego napięciem +5 V.

Wyjście micro HDMI jest połączone z kablem HDMI przez przejściówkę. Można też zastosować kabel micro HDMI – HDMI w tym również kabel certyfikowany przez Raspberry Pi. Do chłodzenia procesora zastosowano wentylator z radiatora procesora komputera PC. Nominalne napięcie zasilania wentylatora +12 V zostało zmniejszone do +5 V. Wydajność chłodzenia jest wystarczająca, a hałas w czasie pracy wentylatora został znacznie został zredukowany.

Oprogramowanie

W trakcie testów rozważałem dwa różne środowiska przeznaczone do odtwarzania strumieniowego. Oba dostępne nieodpłatnie w Internecie. Mimo że do odtwarzania treści z płatnych serwisów były również używane aplikacje nie mające autoryzacji serwisu, to trzeba wyraźnie podkreślić, że w każdym przypadku do odtwarzania jest niezbędne opłacone konto z nazwą użytkownika i hasłem. Jeżeli nie mamy takiego konta, to odtwarzanie nie jest technicznie możliwe. Jak się dalej okaże posiadanie takiego konta nie jest warunkiem wystarczającym do tego by nasze urządzenie pracowało według optymistycznych założeń wstępnych.

Kodi

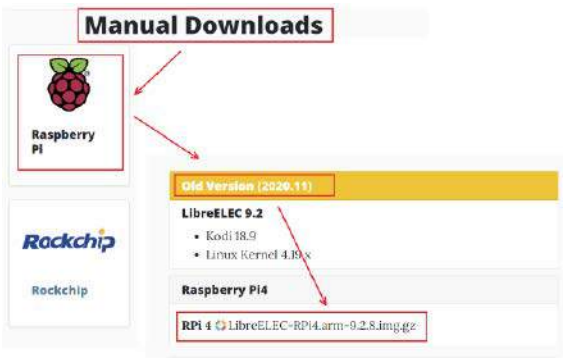
Pierwszym środowiskiem było Kodi media center. To darmowy i otwarty, wieloplatformowy programowy odtwarzacz multimedialny i centrum rozrywki dla mediów cyfrowych przeznaczony dla komputerów HTPC (komputerów kina domowego). Używa interfejsu użytkownika zaprojektowanego jako odtwarzacz multimedialny. Graficzny interfejs użytkownika (GUI) umożliwia użytkownikowi łatwe przeglądanie i oglądanie filmów, zdjęć, podcastów i muzyki z dysku twardego, dysku optycznego, sieci lokalnej i Internetu. Oficjalna wersja Kodi jest tylko zaawansowanym odtwarzaczem nie zawiera żadnych treści. Oznacza to, że dla odtwarzania materiału audiowizualnego trzeba podłączyć lokalnie na przykład napęd DVD, Blu-Ray, dysk HDD, Pendrive przez złącze USB, lub poprzez sieć lokalną LAN. Odtwarzanie zdalne wymaga połączenia z Internetem. Kodi umożliwia instalowanie wtyczek innych firm lub tworzonych przez entuzjastów, które mogą zapewniać dostęp do treści, które są swobodnie dostępne w oficjalnej witrynie dostawcy treści, lub wymagają opłaconego abonamentu. Wszelkie sposoby oglądania treści, które nie byłyby opłacane, nie są wspierane ani zatwierdzane przez zespół Kodi.

Kodi jest w pełni Open-Source i wydany na licencji GPLv2.0+. Może być instalowany i uruchamiany na wielu systemach operacyjnych, w tym Windows, Mac OS, Android, Linux. Dla Raspberry Pi z racji nieco ograniczonych zasobów sprzętowych przygotowano kilka dystrybucji Linuxa zoptymalizowanych do uruchamiania Kodi. Jednym z najbardziej popularnych jest LibreELEC – *Libre Embedded Linux Entertainment Center*. Jest to minimalistyczna dystrybucja Linuksa typu JeOS (zawiera tylko funkcje potrzebne do uruchomienia i działania Kodi). LibreELEC zawiera wszystko co Kodi ma do zaoferowania i po zainstalowaniu jest praktycznie gotowy do działania.

Do zainstalowania (wgrania obrazu) LibreELEC będziemy potrzebowali odpowiednich narzędzi. Pokażę, jak to zrobić w systemie Windows. W pierwszym kroku odwiedzamy stronę https://libreelec.tv/downloads/ i pobieramy LibreELEC USB-SD Creator dla systemu Windows. Po uruchomieniu pojawia się okno pokazane na **rysunku 1**. Powinniśmy w polu 1. móc wybrać wersje Rasberry Pi, a polu 2. wersję obrazu systemu i potem napęd, do którego jest podłączona karta SD. Na koniec w kroku 4 należy zapisać obraz. Plik obrazu trzeba pobrać ręcznie. Na tej samej stronie trzeba w sekcji Manual Download wybrać Raspberry Pi i pobrać odpowiedni obraz systemu – **rysunek 2**. Pierwszym moim wyborem była najnowsza stabilna wersja z marca 2022. Niestety z jakichś powodów w tej wersji nie mogłem potem zainstalować wtyczek do odtwarzania platform streamingowych. Po kilku nieudanych próbach zainstalowałem starsza wersję 9.2 i tu nie było tego problemu. Teraz w kroku 2.



Rysunek 1. Okno kreatora LibreELEC USB-SD



Rysunek 2. Ręczne pobieranie obrazu LibreElec

eprasa.pl a53a1e2c07

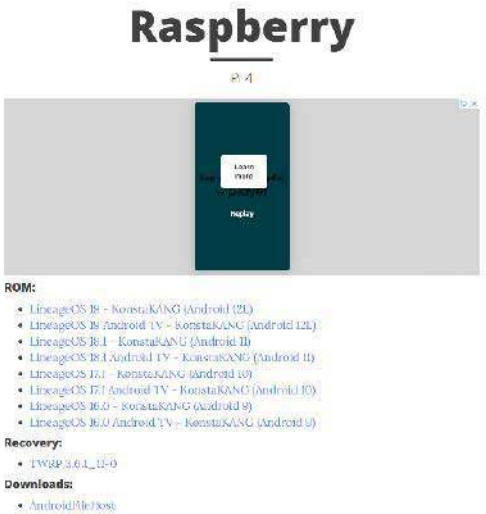
kreatora wybieramy lokację pobranego pliku i uruchamiamy zapis obrazu na sformatowanej karcie.

Zapisaną kartę wkładamy do złącza Raspberry Pi i włączamy zasilanie. Moduł łączymy z telewizorem kablem HDMI. Kodi uruchamiany pod LibreElec pracował stabilnie i płynnie, po pobraniu i zainstalowaniu wtyczek można było testować różne funkcje w tym odtwarzanie (z różnym skutkiem) serwisów VOD. Taki zestaw był używany jakiś czas głównie do odtwarzania HBO Go a potem HBO MAX. Do sterowania zdalnego użyłem androidową bezpłatną aplikację Kore dostępną w sklepie Google Store. To kwestia gustu i być może przyzwyczajenia, ale jakoś nie zachwycił mnie graficzny interfejs użytkowania Kodi, sposób poruszania się po menu, wyszukiwanie tytułów itp. W pewnym momencie wpadł mi do głowy pomysł użycia systemu Android TV.

Android TV

Ten system nie ma zbyt pochlebnych opinii, jeżeli chodzi o szybkość działania i stabilność, ale pomyślałem sobie, że jego użycie rozwiąże kilka problemów Kodi, w tym konieczność instalowania nieautoryzowanych wtyczek do używania platform VOD. Autoryzowane aplikacje powinny być dostępne w sklepie Google Store i wszystko powinno dobrze działać. Dodatkowym bonusem była możliwość zainstalowania pod Android TV aplikacji Kodi z jej zaletami i wadami. Po wielu różnych testach okazało się, że było to było życzeniowe myślenie. Ale po kolei.

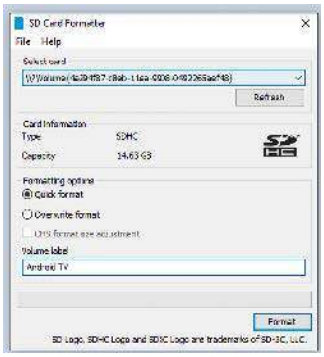
W sieci nie ma oficjalnej kompilacji Android TV na moduł Raspberry Pi 4, ale można znaleźć na stronie https://konstakang.com/devices/rpi4/ działające nieautoryzowane kompilacje LineageOS (https://lineageos.org) na komputerek Raspberry Pi 4. Aktualnie można pobrać i zainstalować Android TV dla Raspberry Pi w wersjach 9, 10, 11 i 12 L – **rysunek 3.** Obraz systemu można pobrać tylko do użytku osobistego lub edukacyjnego – więcej o licencji na stronie https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/.



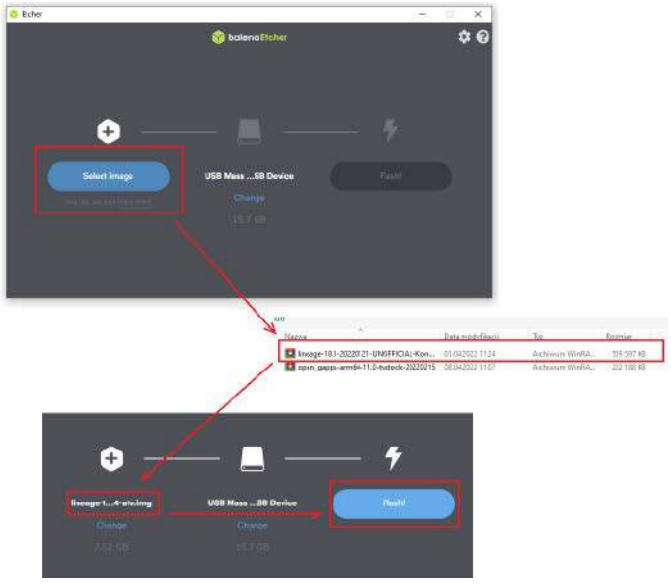
Rysunek 3. Strona Kostakang z wyborem wersji Android TV

Instalację zaczynamy od ściągnięcia na dysk spakowanego pliku z obrazem wybranego systemu operacyjnego. Całkowicie przetestowałem wersje 10 i 11. Najlepiej działała wersja 10. W wersji 11 odtwarzany materiał się wyraźnie zacinał. Dla wersji 12 L nie ma jeszcze gotowej nakładki Open Gapps, a wersja 9 działała bardzo wolno.

W kolejnym kroku trzeba zapisać obraz systemu na karcie SD.



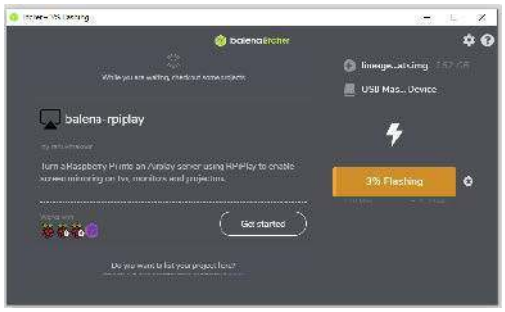
Rysunek 4. Formatowanie karty SD



Rysunek 5. Zapisanie obrazu systemu Android TV na karcie SD

Do tego celu będziemy potrzebowali aplikacji BalenaEtcher w wersji portable dostępnej na stronie https://www.balena.io/etcher/. Wkładamy sformatowaną kartę do czytnika. Kartę można wcześniej sformatować za pomocą aplikacji SD Card Formatter – **rysunek 4**, która automatycznie wykrywa napęd z kartą SD i usuwa wszystkie ewentualne partycje. Otwieramy aplikację balenaEtcher, klikamy Select Image i wybieramy plik na przykład linage-18.1 dla Android TV 11 – **rysunek 5**. Aplikacja wykrywa czy w napędzie jest karta SD o odpowiedniej pojemności (zalecane minimum 16 GB). Jeżeli wszystko jest w porządku to klikamy na przycisk Flash – **rysunek 6**. BalenaEtcher rozpakowuje plik obrazu i zapisuje go na karcie, a po zapisie weryfikuje jego prawidłowość. Trochę to trwa i trzeba się uzbroić w cierpliwość.

Kartę z obrazem systemu wkładamy do złącza Raspberry Pi 4, podłączamy komputerek do telewizora za pomocą kabla HDMI i włączamy zasilanie. System przy pierwszym uruchomieniu zgłasza się ekranem powitalnym – **rysunek 7**, a następnie prosi o ustawienie języka (dostępny polski), oraz strefy czasowej. Na **rysunku 8** pokazano ekran po pierwszym uruchomieniu Android TV.

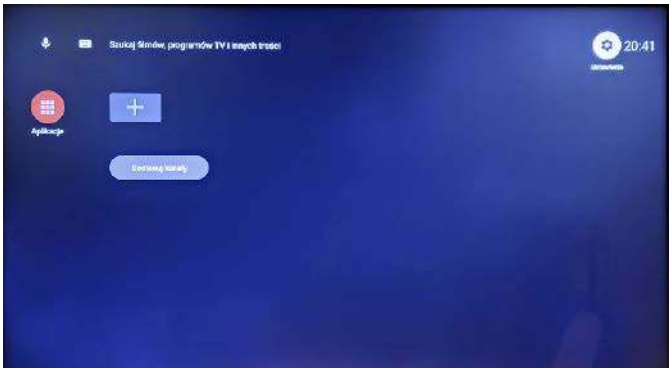


Rysunek 6. Zapisywanie obrazu na karcie SD



Rysunek 7. Ekran powitalny przy pierwszym uruchomieniu

eprasa.pl a53a1e2c07



Rysunek 8. Ekran Android TV

„Goły" Android TV potrzebuje nakładki potrzebnej do wyszukiwania aplikacji ze sklepu Google Store. Wykorzystamy tutaj aplikację Open GApps (*Open Google Apps Project*). Open GApps umożliwia sprawdzenie dostępności aplikacji w sklepie Google Store oraz ich pobranie i zainstalowanie. Jest sposobem na pobranie aplikacji między innymi przeznaczonych do odtwarzania serwisów strumieniowych VOD, aplikacji typu Kodi oraz wielu innych dostępnych w sklepie Google Store dla Android TV.

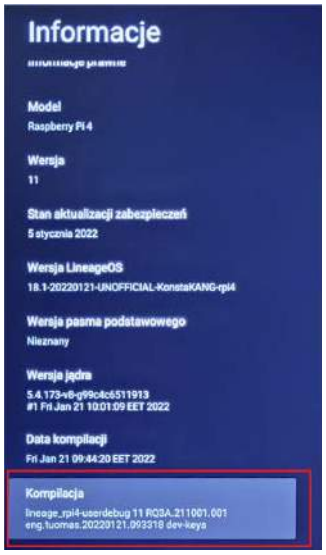


Rysunek 9. Pobieranie aplikacji OpenGapps dla Android TV 11

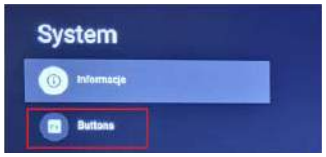
Odwiedzamy stronę https://opengapps.org/ i pobieramy spakowaną aplikację właściwą dla wybranego systemu Android tak jak to pokazano na **rysunku 9**. Żeby zainstalować Open Gapps trzeba włączyć w systemie Android tryb zaawansowanego restartu (reboot) z opcją odtwarzania (recovery). W każdej wersji systemu jest to trochę inaczej zorganizowane. W wersji 9 i 10 trzeba wejść w tryb programisty. Na ekranie głównym klikamy w ikonę ustawień (prawy górny róg), następnie wybieramy System i Informacje – **rysunek 10**. W oknie Informacje klikamy 5 razy na okno z numerem kompilacji (**rysunek 11**) włączając w ten sposób tryb programisty. Teraz w oknie System pojawi się okno Tryb programisty, a w nim opcje restartu, w których trzeba wybrać zaawansowane uruchamianie. W systemie Android TV 11 w ogóle nie trzeba wchodzić w tryb programisty. W oknie System wybieramy okno Buttons (**rysunek 12**) i zaznaczamy opcję zaawansowanego restartu. Zależnie od systemu i kompilacji sposób wyboru zaawansowanych opcji restartu może się różnić i być może trzeba będzie trochę poszukać. Również ponowne uruchamianie jest równie nazywane, może to być reboot, lub restart. Tak czy inaczej musimy uruchomić ponowne uruchamianie z opcją odzyskiwania Recovery. Przy ponownym starcie systemu uruchomi się aplikacja Team Win Recovery Project. Z jej głównego okna wybieramy opcję Install – **rysunek 13**. Na pendrive kopiujemy pobraną już wcześniej aplikację OpenGapps, wkładamy go do portu USB Raspberry Pi 4, klikamy na ikonę Select Storage i wybieramy „napęd" USB, a nim spakowany plik obrazu OpenGapps. Jeżeli wszystko jest gotowe to wybieramy ikonę Install Image – **rysunek 14**.



Rysunek 10. Wybór ustawienia System —> Informacje



Rysunek 11. Odblokowanie trybu programisty przez 5 krotne kliknięcie okna Kompilacja



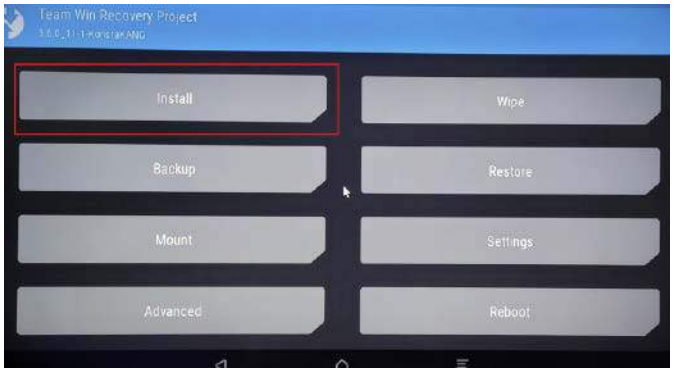
Rysunek 12. Włączanie opcji zaawansowanego restartu w Android TV 11

Na **rysunku 15** pokazano uruchomienie instalacji, a na **rysunku 16** jej przebieg. Po prawidłowym zainstalowaniu OpenGapps i ponownym uruchomieniu systemu ekran wygląda tak jak na **rysunku 17**.

Zainstalowany OpenGapps umożliwia korzystanie ze sklepu Google Store czyli pobieranie i instalowanie aplikacji przeznaczonych dla systemu Android – **rysunek 18** i **19**.

Użytkowanie przystawki Smart TV

Głównym powodem wybrania systemu Android TV do budowy przystawki Smart TV była chęć odtwarzania płatnych serwisów VOD. Jednak okazało się, że nie udało się tego zrealizować, tak jak sobie to założyłem. Pierwszym sygnałem alarmowym był brak w Google

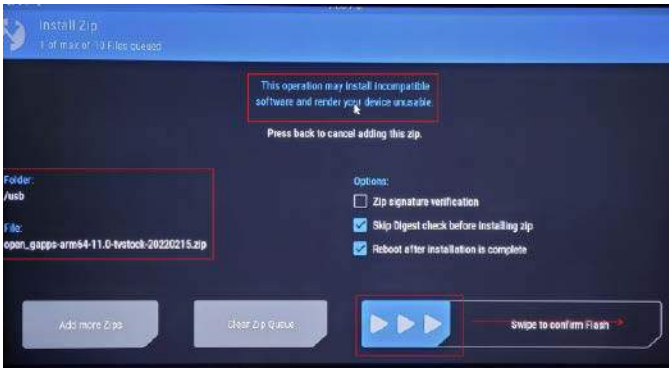


Rysunek 13. Team Win Recovery Project



Rysunek 14. Wybranie skompresowanego pliku obrazu OpenGapps

eprasa.pl a53a1e2c07



Rysunek 15. Uruchomienie instalacji OpenGapps



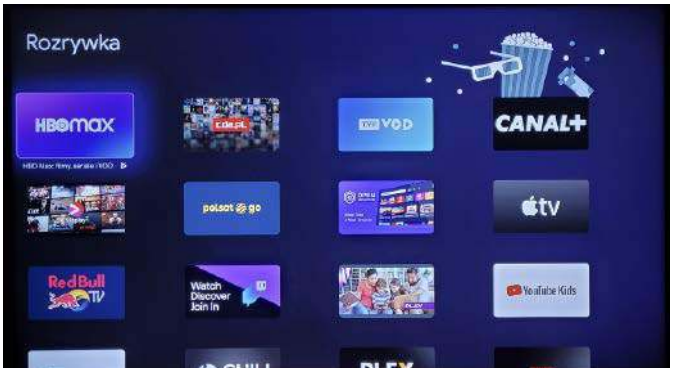
Rysunek 16. Przebieg instalacji OpenGapps



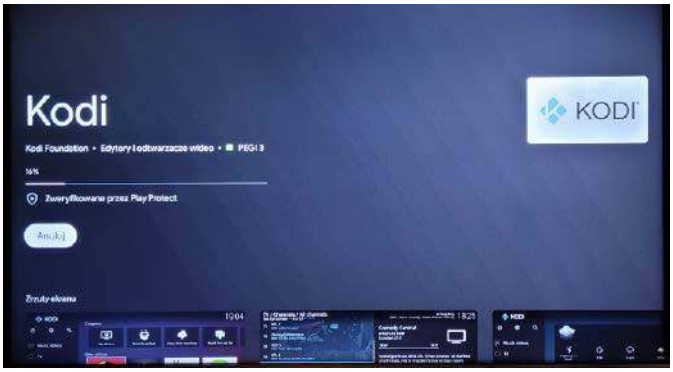
Rysunek 17. Ekran po zainstalowaniu OpenGApps

Store aplikacji Netflix, czyli obecnie najpopularniejszej platformy VOD. Netflix oficjalnie wspiera szereg rozwiązań układowych, w tym telewizory i przystawki smart TV konkretnych producentów. Na tej liście nie ma jak się łatwo domyśleć Raspberry Pi 4 z Android TV. Próba zainstalowania i użycia najnowszej aplikacji (pobranej poza Google Store) kończy się komunikatem o braku kompatybilności z użytym sprzętem. Można w Internecie znaleźć starsze oficjalne aplikacje, które się zainstalują pod kontrolą Android TV i będą działały, ale odtwarzany materiał ma niską jakość SD. Jak wiemy Raspberry Pi 4 bez problemu może wyświetlać co najmniej materiał Full HD (1080p @50/60 Hz). Jakość jest ograniczana do SD po wykryciu, niekompatybilnego sprzętu nie wspieranego przez platformę o czym powiemy dokładniej za chwilę.

Kolejne niepowodzenie spotkało mnie przy próbie odtwarzania PrimeVideo Amazona. Tu aplikacja była dostępna w Google Store. Można ją było pobrać i zainstalować. Działa poprawnie do momentu wyboru odtwarzania wybranego materiału wideo. Po chwili wyświetlała się strona z informacją o błędzie i materiał nie był odtwarzany. Tak było z Androidem TV wersji 10 i 11 (wersja 9 nie była testowana). Co ciekawe aplikacja po wpisaniu kodu aktywacyjnego sygnalizowała, że dodaje się do zarejestrowanych urządzeń, ale nie pojawiała się na liście zarejestrowanych urządzeń



Rysunek 18. Okno aplikacji Google Store z aplikacjami działu Rozrywka



Rysunek 19. Okno instalacji Kodi z poziomu sklepu Google Store

na koncie użytkownika. Problem jest opisywany szeroko w Internecie. Można znaleźć szereg wpisów zirytowanych użytkowników, którzy mają opłacane konta, ale nie mogą sobie odtwarzać ulubionych treści na dowolnym sprzęcie. Przyczyną jak się można domyśleć są systemy zabezpieczeń przed ogólnie pojmowanym piractwem, czyli nieautoryzowanym dostępem do konta, czy nieuprawnionym kopiowaniem materiałów w wysokiej rozdzielczości. Dostawcy VOD stosują technologię DRM dostępną dla trzech głównych systemów operacyjnych: Windows DRM – Microsoft PlayReady, Google (linux) – Widevine i Apple – FairPlay.

DRM (*Digital Rights Management*) umożliwia dostawcy treści, zanim przekaże dane odbiorcy, zabezpieczanie ich przed odczytem przez zaszyfrowanie uniemożliwiające odtworzenie pierwotnej postaci pliku. Klucze odszyfrowania danych nie są ujawniane odbiorcy. Muszą być umieszczone w odpowiednio zaprojektowanej aplikacji odtwarzacza multimedialnego lub na platformie sprzętowej (np. komputerze PC z układami TPM (*Trusted Platform Module*). DRM jest dość skuteczny w zabezpieczaniu przed nieautoryzowanym dostępem dla przeciętnego użytkownika, ale... jest podatny na ataki prowadzone przez zdeterminowane osoby z większą wiedzą techniczną. Powszechnie znanymi przykładami ataków jest złamanie zabezpieczeń DRM stosowanych na nośnikach DVD, Blu-ray, czy HD DVD. Złamanie mechanizmów DRM umożliwia nielegalne kopiowanie zawartości czy tworzenie odtwarzaczy programowych open-source. Kopiowanie treści wysokiej jakości jest też możliwe przez stosowanie tak zwanej dziury analogowej. Używa się tu odtwarzacze smart TV z wyjściem analogowym. Taki sygnał analogowy wysokiej jakości można bez problemu przekonwertować na plik HD za pomocą odpowiedniego sprzętu i oprogramowania.

W przypadku naszego odtwarzacza jest stosowana właściwa dla Google technologia Widevine. Wiemy, że nie mamy specjalnego zamkniętego i certyfikowanego oprogramowania, ani sprzętowego rozwiązania TPM znanego z komputerów PC i z odtwarzania HD z platform VOD korzystających z DRM nic nie będzie. Widevine ma wbudowane trzy poziomy bezpieczeństwa: L1, L2 i L3. Najbezpieczniejszy jest L1. Zarówno operacje kryptograficzne, jak

eprasa.pl a53a1e2c07

i operacje przetwarzania nośników odbywają się w zaufanym środowisku wykonawczym (TEE). Ten poziom umożliwia przesyłanie treści bez ograniczeń w tym w rozdzielczości 4k i technologii HDR. Dla naszego Raspberry Pi 4 z DRM programowym dostępny jest poziom L3 z ograniczoną rozdzielczością do 480p. Co ciekawe znalazłem z sieci informację, że DRM dla VOD został złamany i jest możliwe nielegalne odtwarzanie wszystkich VOD z DRM bez posiadania konta, o certyfikowanym sprzęcie nie wspominając. Jak widać DRM nie ogranicza zbytnio działań nielegalnych, ale może skutecznie utrudnić życie legalnym użytkownikom platform VOD.

Można też znaleźć sposoby na obejście (legalne) ograniczeń. Jednym z nich jest zainstalowanie w Android TV wersji mobilnych aplikacji na przykład dla PimeVideo. Jest z tym pewien kłopot, bo takie aplikacje nie są natywne dla Android TV i nie będą wyświetlane na liście aplikacji. Żeby je uruchamiać trzeba użyć kolejnej aplikacji Sideload Launcher. Ja spróbowałem, ale nie udało się zainstalować aplikacji mobilnej i dalej nic nie działało.

Jedyną aplikacją VOD z DRM, która działała w naszym Android TV jest aplikacja HBO GO i zastępująca ją aplikacja HBO Max. Po pobraniu, zainstalowaniu i zalogowaniu działa i odtwarza, ale raczej nie jest to HD. Ale jak już wspominałem tylko w wersji 10 systemu Android TV. Podobnie jest z serwisem YouTube. Działa też Kodi i najprawdopodobniej wiele innych aplikacji nie korzystających z technologii DRM.

Podsumowanie

Przeprowadzone testy wykazały, że Smart TV na Raspberry Pi 4 z systemem Android TV może być ciekawym i użytecznym rozwiązaniem pod warunkiem, że nie chcemy odtwarzać serwisów VOD z technologią DRM. W tym przypadku mimo posiadania legalnych opłacanych kont odtwarzanie albo nie jest możliwe, albo ograniczane do niskiej jakości SD. Zatem założenie, że będąc właścicielem legalnego konta będę mógł używać legalnych aplikacji do odtwarzania pobranych z oficjalnego sklepu Google Store okazało się zbyt optymistyczne. Same zasoby: dość wydajny procesor, spory RAM i sprzętowe kodeki wideo nie wystarczają. Niezbędny chyba byłby sprzętowy moduł kryptograficzny, coś w rodzaju TPM akceptowany przez DRM, tak by można było osiągnąć poziom L1 Widevine.

Oprogramowanie to jeden z aspektów powodzenia budowy odtwarzacza. Nie każdy potrzebuje płatnych platform VOD z DRM i urządzenie może być w takim przypadku całkiem funkcjonalne. Drugim aspektem, który możemy brać pod uwagę to finanse. Jeżeli będziemy zmuszeni kupić wszystkie elementy składowe: moduł, kartę SD, zasilacz, obudowę i inne drobne elementy to budowa może niezbyt się opłacać. Jak już wspominałem na rynku można znaleźć gotowe układy smart TV w podobnej cenie z lepiej lub gorzej dopracowanym oprogramowaniem i sterowaniem za pomocą pilota. Z drugiej strony, jeżeli mamy już komputerek z kartą na przykład z innego już nie aktualnego projektu, to realizacja odtwarzacza może być ciekawym doświadczeniem. Nie można nie docenić waloru edukacyjnego, czy satysfakcji z samodzielnej budowy urządzenia.

W obecnej chwili działającym rozwiązaniem smart TV jest zastosowanie starego 6-letniego laptopa z pamięcią RAM 4 GB i portem HDMI z układem TPM na płycie głównej i działającego pod kontrolą Windows 10. Wszystkie aplikacje działają bezproblemowo, a jeżeli nie ma aplikacji dla Windows 10, to zawsze można użyć przeglądarki Google Chrome, lub Firefox. Laptop uzupełniony o myszkę i klawiaturę Bluetooth może pełnić rolę centrum multimedialnego dla platform VOD i dla serwisów strumieniowych audio takich jak Spotify czy Tidal. W takim przypadku potrzebne jest urządzenie akceptujące przesyłanie strumienia audio przez złącze USB. Może to być przetwornik DAC z popularnym układem Amanero lub jego odpowiednikiem.

Tomasz Jabłoński, EP

Raspberry Pi 400

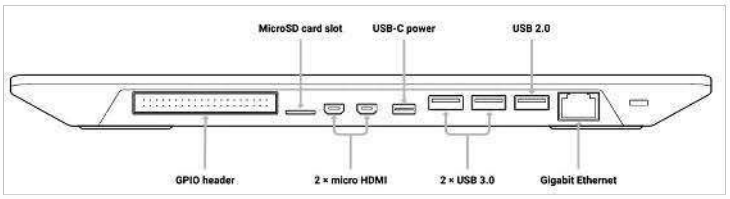
Raspberry Pi 400 to potężny, łatwy w użyciu komputer wbudowany w zgrabną i przenośną klawiaturę

Wyposażony jest w czterordzeniowy 64-bitowy procesor, 4 GB pamięci RAM, sieć bezprzewodową, 2 wyjścia micro HDMI (możliwa praca z dwoma wyświetlaczami i odtwarzanie wideo 4K), 2 porty USB 3.0, port USB 2.0 a także 40-pinowe złącze GPIO.

RASP0015
530zł



W zestawie:
- Komputer z amerykańskim układem klawiatury
- Kabel micro HDMI - HDMI
- Mysz
- Zasilacz
- Karta SD z fabrycznie załadowanym systemem operacyjnym Raspberry Pi
- Oficjalny przewodnik dla początkujących w formie drukowanej publikacji (w języku angielskim)





AVT SPV Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Dział Handlowy tel. 22 257 84 51
e-mail: handlowy@avt.pl
sklep.avt.pl

REKLAMA

eprasa.pl a53a1e2c07

Inteligentne rozwiązania IoT

Wzrost znaczenia informacji i rosnące umiejętności ich zastosowania w procesie planowania, zarządzania i kontroli, przyczyniły się do wzrostu zapotrzebowania na rozwiązania, które mogą te informacje dostarczyć. Rosnące zapotrzebowanie na aktualne, wiarygodne i dostępne od ręki dane obserwujemy w wielu działach gospodarki. Rodzaj i charakter urządzeń, zakres funkcjonalności rozwiązania i potencjalne korzyści z jego stosowania mogą być ściśle dopasowane do konkretnej branży, jej specyfiki i wynikających z niej potrzeb.

Więcej informacji:
Sabur Sp. z o.o.
02-785 Warszawa, ul. Puławska 303
sabur@sabur.com.pl, www.sabur.com.pl

Smart Building

Monitorowanie temperatury, wilgotności i jakości powietrza (poziom CO_2 i VOC) jest niezbędnym elementem nowoczesnych systemów automatyki budynkowej. Parametry te mają kluczowe znaczenie w kontekście zapobiegania dewentylacji pomieszczeń oraz funkcjonowania aparatury chłodniczej i grzewczej (pod kątem optymalizacji efektywności energetycznej). Połączenie modułów zdalnych z systemem alarmowania stanowi ochronę przed sytuacjami nietypowymi i skuteczną metodę walki z przekroczeniami kluczowych wartości.

Modem radiowy ACW-TH-O [1] (**fotografia 1**) serii Atim Cloud Wireless jest wyposażony w cyfrowy czujnik temperatury i wilgotności. Monitoruje dane w czasie rzeczywistym ale zaimplementowany nowy tryb pracy – Eco-energy umożliwia takie działanie, że wysyłanie informacji o temperaturze/wilgotności następuje w przypadku przekroczenia ustalonych przez użytkownika wartości progowych. Eco-energy trzykrotnie wydłuża czas działania baterii w porównaniu do trybu cyklicznego, gdzie komunikacja odbywa się z określonym interwałem czasowym. Dzięki kompaktowej konstrukcji z wbudowaną anteną urządzenie znakomicie realizuje zadania w sektorze usługowym, przemysłowym a nawet w rolnictwie. Wartości temperatury i wilgotności są przekazywane do platformy internetowej za pośrednictwem sieci Sigfox lub LoRaWan.



Fotografia 1. Modem radiowy ACW-TH-O serii Atim Cloud Wireless wyposażony w cyfrowy czujnik temperatury i wilgotności

Smart Metering

Inteligentne czujniki pomiarowe to rozwiązania do bezprzewodowej transmisji odczytów z liczników elektrycznych, gazu i wody. Centralizacja danych o zużyciu i okresowe ich monitorowanie pozwalają dostawcom energii w zautomatyzowany sposób wyznaczać zużycie oraz szacować przyszłe zapotrzebowanie na energię, a tym samym oferować konkurencyjne ceny. Zdalny monitoring nie tylko zmniejsza nakłady pracy związane z odczytem, ale też pozwala na szeroką analizę i poprawę wydajności energetycznej budynków, i w efekcie – optymalizację koszów.

Moduł radiowy ACW-MR2-EX [2] (**fotografia 2**) serii ATIM Cloud Wireless jest wyposażony w dwa wejścia cyfrowe i służy do transmisji impulsów z liczników np. energii lub wody lub monitorowania stanów urządzeń. Jego konfiguracja odbywa się poprzez port USB a dane pomiarowe są przekazywane do chmury za pośrednictwem sieci Sigfox lub LoRaWan. Może pracować w strefach zagrożonych wybuchem (certyfikat ATEX dla strefy II, 3G).



Fotografia 2. Moduł radiowy ACW-MR2 -EX wyposażony w dwa wejścia cyfrowe do transmisji impulsów z liczników

Smart Industry

Rewolucja przemysłowa 4.0 polega na podłączaniu urządzeń do wspólnej

Najważniejsze cechy systemu komunikacji bezprzewodowej

- Wydajny przesył danych drogą bezprzewodową przy możliwie niskim poborze energii;
- Skuteczny monitoring i kontrola poziomu kluczowych wartości (np. temperatury, wilgotności), lub stanów (np. wycieku, poziomu napełnienia, otwarcia/zamknięcia) itd., zarówno w obiektach jak i na zewnątrz;
- Realizacja pomiaru zgodnie z zadaną częstotliwością i dokładnością;
- Szeroki zasięg i bezpieczeństwo komunikacyjne na najwyższym poziomie;
- Wykrywanie nieprawidłowości, anomalii i związanych z nimi usterek (włącznie z funkcja alarmowanie);
- Przesyłanie danych do centralnej aplikacji (wydajnie i tanio);
- Przemysłowa jakość wykonania gwarantującą długą, bezawaryjna pracę nawet w niesprzyjających/trudnych warunkach (pod ziemią, w szerokim zakresie temperatur itd.).

eprasa.pl a53a1e2c07

sieci w celu zdalnego monitorowania ich parametrów i sterowania nimi. Od prostego raportowania stanów wejść do monitorowania zużycia energii. Od ograniczenia ryzyka pożaru po zdalny odczyt licznika i modyfikację docelowych parametrów. Centralizacja danych oferowana przez technologie IoT pomaga firmom zoptymalizować zużycie i zwiększa ich reaktywność na awarie i przestoje. Globalne rozwiązania do zdalnego nadzoru, zwiększają produktywność i efektywność obiektów przemysłowych przy jednoczesnym obniżeniu kosztów.

Urządzeniami do takich zastosowań są kompaktowe moduły radiowe firmy Atim typu ACW-DIND80-G i ACW-DIND160-G [3] (**fotografia 3**). Są zgodne z wymogami przemysłowego internetu rzeczy (IIoT) i komunikują się za pośrednictwem sieci LpWAN (LoRaWAN). Wyposażone są w 8 lub 16 wejść cyfrowych/licznikowych oraz moduł GPS.

Modemy radiowe M2M

Funkcjonowanie rozległych sieci IoT wymaga stosowania bezprzewodowej transmisji danych między sterownikami PLC a urządzeniami. W takiej roli sprawdzą się radiomodemy ARM-SE [4] (**fotografia 4**). Mają wiele trybów pracy, dzięki czemu mogą sprostać nawet najbardziej wyśrubowanym wymaganiom (jakość przemysłowa). Zapewniają transmisję danych między stacjami sterującymi, nadzorczymi (scada) i izolowanymi sterownikami PLC na odległość do kilku kilometrów. Pracują w paśmie 868 MHz o regulowanej mocy (1...500 mW) i oferują prędkość transmisji na poziomie 19,2 kbit/s. Mogą pełnić funkcje stacji bazowej, repeatera lub routera. Mają wbudowany web-serwer, dzięki czemu użytkownicy mogą skonfigurować modem do pracy oraz przeprowadzać testy diagnostyczne z poziomu strony webowej. Znakomity zasięg sygnału radiowego – ponad 5 km (Line-of-sight), wysoka stabilność komunikacji radiowej, a także doskonała czułość pozwalająca na pracę w bardzo trudnych warunkach hal przemysłowych, mobilnych maszyn, dźwigów etc. to największe zalety radiomodemów serii ARM.

Smart Utilities

Autonomiczne i kompaktowe czujniki do wykrywania obecności i pomiaru poziomu ułatwiają monitorowanie istotnych parametrów i zabezpieczanie instalacji lub obiektów. Funkcja alertów, prawidłowo skonfigurowana, pozwala na szybkie wykrycie wycieku cieczy, przegrzania czy wzrostu szybkości napełniania zbiornika, monitoring zajętości pomieszczeń, wykrywanie włamań w odizolowanych lokalizacjach. Urządzeniem tego typu jest moduł radiowy ACW-WL [5] (**fotografia 5**). Detektory cieczy stanowią system wczesnego ostrzegania o wycieku wody lub nieszczelności w podziemnych rurach, w sieciach grzewczych lub chłodniczych. Przetworniki ultradźwiękowe umożliwiają pomiar poziomu wody w rzekach, objętości materiału pozostającego w silosie rolniczym czy grubości pokrywy śniegu.



Fotografia 3. Kompaktowy moduł radiow ACW-DIND80-G zgodny z wymogami przemysłowego internetu rzeczy IIoT



Fotografia 4. Modem radiowy M2M typu ARM-SE odznacza się znakomitym zasięgiem sygnału radiowego – ponad 5 km Line-of-sight



Fotografia 5. Moduł radiowy ACW-WL przeznaczony do wykrywania wycieków

Podsumowanie

Rosnąca popularność bezprzewodowych rozwiązań komunikacji sprawia, że obserwujemy coraz więcej wdrożeń wynikających ze świadomego wyboru, a coraz mniej z braku innych możliwości. Na rezygnację z tradycyjnych sposobów komunikacji duży wpływ ma wiedza na temat rozwiązań zdalnych, świadomość zalet takich rozwiązań i znajomość wynikających z nich korzyści, np.:

- Krótki czas i prosta procedura wdrożenia i uruchomienia;
- Duża swoboda w tworzeniu instalacji wynikająca z szerokiego wachlarza dostępnych modułów;
- Obsługa setek urządzeń w ramach jednaj sieci;
- Niskie koszty użytkowania urządzeń (większość modułów zasilana bateryjne);
- Monitoring danych w czasie rzeczywistym;
- Automatyczna lub zdarzeniowa transmisja danych;
- Długi czas pracy na baterii gwarantujący bezawaryjną wieloletnią pracę urządzeń;
- Szybki zwrot z inwestycji, dzięki niskim kosztom uruchomienie i użytkowania.

SABUR, jako dostawca urządzeń i rozwiązań z obszaru komunikacji bezprzewodowej, przyjmuje na siebie rolę edukatora. Posiadana wiedza, szerokie kompetencje i bogate doświadczenie stanowią solidną podstawę, którą wykorzystujemy nie tylko w procesie sprzedaży i wdrażania rozwiązań z naszej oferty, ale także prowadzonej przez nas od lat działalności szkoleniowej i konsultacyjnej.

[1] https://bit.ly/3MYdtVu
[2] https://bit.ly/3aur6xf
[3] https://bit.ly/3a2MrgY
[4] https://bit.ly/3NFAMTR
[5] https://bit.ly/3zdWmLn

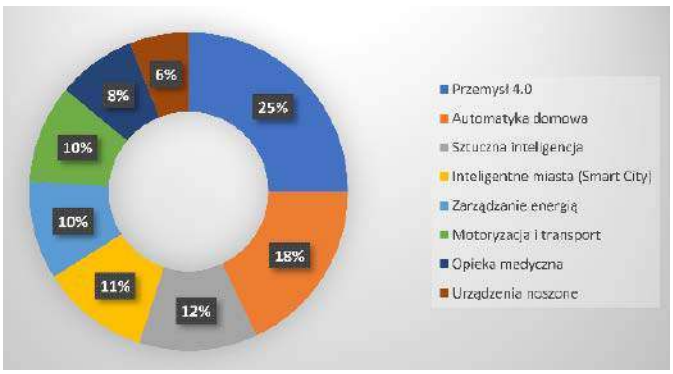
eprasa.pl a53a1e2c07



Najnowsze zestawy i moduły dla IoT

Liczne opracowania i raporty firm analitycznych, choć różnią się od siebie przyjętą metodologią, założeniami i kryteriami analizy, nie pozostawiają wątpliwości – globalna rewolucja IoT dzieje się na naszych oczach. Standardy komunikacji i wymiany danych są stale ulepszane, wydajność układów cyfrowych pokonuje kolejne granice, przy jednoczesnym zmniejszaniu zapotrzebowania na energię, usługi chmurowe stają się łatwiej dostępne i bardziej bezpieczne… Dzięki temu branża IoT ma coraz większe możliwości i kreuje nowe zastosowania ale ta dynamika wymaga też nieustannego śledzenia. Dlatego przygotowaliśmy przegląd nowych oraz wyjątkowo interesujących komponentów, modułów i płytek uruchomieniowych, które umożliwiają szybką realizację aplikacji IoT.

Liczba urządzeń zaklasyfikowanych do grupy IoT szacowana była na ok 20 miliardów na całym świecie w 2021 roku. Przy uwzględnieniu kilku kwestii możemy całkiem śmiało założyć, że na każdego Czytelnika EP przypada nawet 5 i więcej takich urządzeń.



Rysunek 1. Główne obszary aplikacji IoT oraz ich udział w branży przewidywany na najbliższe lata

To całkiem duża ilość, jak na sprzęt zaliczany do jednej kategorii, i potwierdza, że IoT ma bardzo szerokie spektrum zastosowań. Główne obszary aplikacji oraz ich udział przewidywany na najbliższe lata, został pokazany na **rysunku 1**.

Zasadniczą wspólną cechą urządzeń IoT jest możliwość wymiany danych za pośrednictwem internetu (Internet of Things). Choć

eprasa.pl a53a1e2c07

można to zadanie realizować na różne sposoby, to dominującą rolę odgrywa komunikacja bezprzewodowa. Tylko takie rozwiązanie pozwala stosować urządzenia rozproszone po obiektach będące elementami systemów pomiarowych, sieci sensorycznych czy systemów sterowania. Tym bardziej rośnie znaczenie usług związanych z obsługą zdalną takich aplikacji. Aby możliwe było zainstalowanie czujnika w niedostępnym miejscu, konieczne jest zapewnienie bezobsługowości, czyli możliwości aktualizacji oprogramowania drogą radiową, monitorowania stanu, diagnozowania działania itd. Połączenia przewodowe stosowane są przede wszystkim w aplikacjach z zakresu automatyki, gdzie potrzebna jest większa przepustowość łącza lub realizowane są ścisłe uwarunkowania czasowe. Połączenie przewodowe zapewnia też większe bezpieczeństwo danych.

Możliwość wymiany danych za pośrednictwem internetu nie oznacza, że każde urządzenie musi być stale dołączone do sieci Wi-Fi. W wielu zastosowaniach komunikacja odbywa się tylko w krótkich okresach całego czasu działania i ma na celu przesłanie zebranych danych i zaktualizowanie ustawień. Powszechne są również rozwiązania z udziałem modułów pośredniczących (tzw. bamek, *gates*). Ich funkcja polega na zarządzaniu komunikacją z urządzeniami rozproszonymi, z użyciem prostszych, wyspecjalizowanych, energooszczędnych standardów radiowych, takich jak LoRa, i przekazywanie zebranych danych, już poprzez internet do docelowego serwera. Dlatego w aplikacjach IoT stosowane są zarówno różne generacje Wi-Fi, jak i sieci bazujące na rozwiązaniach GSM, Bluetooth czy LoRa. Do dyspozycji są też inne rozwiązania otwarte, takie jak 6LoWPAN oraz własnościowe protokoły, takie jak Mi-Wi czy Wireless Mbus. Do tego jeszcze RFID coraz częściej zastępowane implementacjami NFC, które także umożliwiają dwukierunkową komunikację bezprzewodową. Razem tworzy to ogromne możliwości i wybranie optymalnego rozwiązania do projektu jest coraz trudniej.

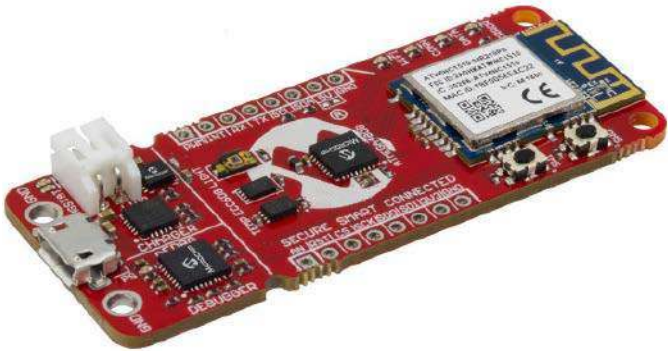
Nietrudno dostrzec, że w obszarze IoT mamy do dyspozycji coraz bardziej zaawansowane i uniwersalne platformy sprzętowe. Łatwiej jest kupić rozwiązania prawie gotowe, takie które wymagają jedynie konfiguracji, niewielkiej integracji (obudowa, zasilanie, podłączenie czujnika) i tym samym wysiłek projektanta kieruje się w stronę aplikacyjną, integracyjną oraz związaną z analizą danych. Jest to słuszny kierunek, bo przecież nie ma sensu, aby każdy inżynier zajmujący się IoT i komunikacją bezprzewodową rozwiązywał podstawowe problemy z tworzeniem hardware i firmware, bo duża część jest w zasadzie zawsze podobna. Dlatego przyjrzyjmy się temu co oferują najwięksi producenci w branży.

AVR-IoT WG od Microchip

Komunikacja poprzez Wi-Fi, choć zapewnia łączność w szeroko rozpowszechnionym standardzie, to jednocześnie stawia spore wymagania sprzętowe i programowe urządzeniom IoT, które powinny być proste i tanie. Konieczne jest stosowania protokołów TCP/IP i trzeba mieć na pokładzie moduł radiowy pracujący w odpowiednich pasmach. Niezależnie od szyfrowania standardu Wi-Fi, musimy też zapewnić algorytmy szyfrowania swoich danych. Przykładem gotowego rozwiązania sprzętowego i programowego spełniającego wymagania urządzenia IoT pracującego w sieci Wi-Fi jest płytka firmy Microchip typu AVR-IoT WG [1] pokazana na **fotografii 1**. Na płytce znajdują się:

- mikrokontroler 8-bitowy AVR ATmega4808,
- układ szyfrujący ATECC608A,
- certyfikowany moduł kontrolera Wi-Fi typu WINC1510,
- czujnik temperatury MCP9808 z interfejsem I²C,
- czujnik światła typu TEMT6000.

Ponadto moduł ma zintegrowany programator/debugger oraz rozbudowany blok zasilania z funkcją ładowania akumulatora litowego. Dzięki umieszczonemu na płytce złączu mikroBUS, możliwe jest dołączenie różnych modułów rozszerzeń. Pozwalają one w prosty sposób rozszerzać funkcjonalność AVR-IoT WA na przykład o dodatkowe czujniki. Wybór jest naprawdę duży – od czujników gazu, smogu,



Fotografia 1. Płytka uruchomieniowa AVR-IoT WG

ciśnienia, temperatury czy wilgotności, poprzez czujniki (mierniki) prądu, pola magnetycznego, żyroskopy, akcelerometry i wiele innych. Zasilanie 5 V jest doprowadzane z interfejsu USB, ale jest możliwość pracy z akumulatora. Zastosowany układ MCP73871 umożliwia ładowanie i nadzór nad ogniwem Li-Ion/Li-Poly o maksymalnym napięciu 4,2 V. Ogniwo automatycznie zasila moduł przy zaniku napięcia z USB.

Producent modułu przygotował oprogramowanie i oraz tutoriale umożliwiające połączenie modułu z usługami chmurowymi oferowanymi przez Google (Google Cloud IoT Core) oraz Amazon (Amazon Web Services – AWS). Są to przykłady o niewielkich możliwościach ale są dobrym punktem wyjściowym do własnym caplikacji.

Warto wiedzieć, że producent oferuje również bliźniacze moduły:

- PIC-IoT WG wyposażony w 16-bitowy mikrokontroler PIC24FJ128GA705,
- SAM-IoT WG wyposażony w 32-bitowy mikrokontroler ATSAMD21G18 (Cortex-M0+).

Wszystkie są aktualnie dostępne u wielu dystrybutorów w cenie nieco powyżej 200 zł.

Mikrokontroler ATmega4808

Mikrokontroler ATmega4808 jest wyposażony w szybki 8-bitowy rdzeń AVR ze sprzętowym układem mnożenia. Może być taktowany sygnałem o częstotliwości do 20 MHz i ma wbudowane 48 kB pamięci programu Flash, 6 kB pamięci danych SRAM i 256 bajtów pamięci EEPROM. Wyposażenie w układy peryferyjne nie odbiega od standardu przyjętego w produktach Microchipa. Należy tu wspomnieć o 10 bitowym przetworniku ADC z własnym źródłem napięcia referencyjnego, komplecie interfejsów komunikacyjnych (UART, SPI, I²C), układach CMP (Capture/Compare/PWM) i odpowiedniej ilości liczników. Układ może być zasilany w szerokim zakresie napięć – od 1,8 do 5 V.

Moduł Wi-Fi ATWIN1500

Układ ATWINC1500 firmy Microchip jest zintegrowanym kontrolerem przeznaczonym do pracy w sieci IEEE 802.11 b/g/n (Wi-Fi). Według zapewnień producenta jest zoptymalizowany do pracy w urządzeniach IoT. Jest to idealne rozwiązanie dla małych układów mikroprocesorowych, które potrzebują funkcji sieciowych. ATWINC1500 łączy się poprzez interfejs SPI z dowolnym MCU. Ma zintegrowany wzmacniacz mocy (PA), niskoszumny wzmacniacz LNA, switch, moduł zarządzania energią, oraz zintegrowaną antenę umieszczoną na płytce drukowanej. Dostępna jest też wersja z mikro złączem RF co-ax (U.FL) do podłączenia zewnętrznej anteny. Wyposażony jest w wewnętrzną pamięć Flash o pojemności 4 MB do przechowywania oprogramowania systemowego Atmel Software Framework. Oprogramowanie jest darmowe i można je pobrać/uaktualniać na przykład poprzez framework MPLAB Harmony. Oprogramowanie wspiera protokoły: DHCP, DNS, TCP/IP (IPv4), UDP, HTTP i HTTPS. Układy wyposażone w ten moduł i tanie mikrokontrolery 8-bitowe mogą bez problemu pracować z protokołami sieciowymi i realizować połączenia internetowe.

eprasa.pl a53a1e2c07

ATECC608A CryptoAuthentication

Układ ATECC608A CryptoAuthentication realizuje zaawansowane funkcje kryptografii krzywej eliptycznej (ECC). Dzięki wbudowanym funkcjom ECDH i ECDSA urządzenie jest idealne dla szybko rozwijającego się rynku IoT, ponieważ zapewnia pełny zakres zabezpieczeń, na który składają się: poufność, integralność danych i uwierzytelnianie. Może być stosowany w systemach z MCU lub MPU z algorytmami szyfrowania/deszyfrowania. Podobnie jak wszystkie produkty Microchip CryptoAuthentication, nowy ATECC608A zawiera bardzo bezpieczne sprzętowe przechowywanie kluczy kryptograficznych i kryptograficzne środki zaradcze, które eliminują potencjalne backdoory związane ze słabymi punktami oprogramowania. Do komunikacji z mikrokontrolerem zastosowano standardowy interfejs I²C. Układ ATECCC608A zapewnia niskie zużycie energii i pracuje w dość szerokim zakresie napięć zasilania – od 2 do 5,5 V.

Espressif i ESP32

Marka Espressif została założona w 2008 roku w Szanghaju, obecnie ma swoje przedstawicielstwa w Singapurze, Indiach, Brazylii i Czechach. Ogromna popularność firmy wynika z komercyjnego sukcesu na niespotykaną wcześniej skalę, jaki osiągnął opracowany przez firmę układ. Na bazie układu ASIC, łączącego blok radiowy obsługujący Wi-Fi w paśmie 2,4 GHz (protokoły 802.11 b/g/n) i wyposażony w jeden z kilku typów 32-bitowych procesorów, powstała obszerna seria modułów, produkowanych zarówno przez samego producenta, jak i markę AI-Thinker. Najbardziej rozwiniętą serią produktów Espressif są układy ESP32 występujące w kilku wersjach. Najpopularniejsze z nich to:

- **ESP32-D0WD** – dodatkowa komunikacja poprzez Bluetooth Low Energy (Bluetooth LE) kompatybilne w wieloma starszymi urządzeniami, dwurdzeniowy procesor z regulowaną częstotliwością taktowania w zakresie od 80 MHz do 240 MHz, prąd uśpienia mniejszy niż 5 µA, dzięki czemu nadaje się do zastosowań z zasilaniem bateryjnym;
- **ESP32-S2** – wysokowydajny jednordzeniowy procesor o taktowaniu do 240 MHz, który odznacza się bardzo niskim poborem mocy – wyposażony w funkcję dynamicznego skalowania napięcia i częstotliwości, realizuje sprzętowe wsparcie dla algorytmów AES, SHA i RSA;
- **ESP32-S3** – dodatkowa komunikacja poprzez Bluetooth 5 (LE), dwurdzeniowy procesor Xtensa LX7 o taktowaniu do 240 MHz, szybki interfejs Quad SPI/Octal SPI, który umożliwiają podłączenie zewnętrznej pamięci flash i zewnętrznej pamięci RAM, zapewnia akcelerację dla obliczeniowych sieci neuronowych i przetwarzania sygnałów;
- **ESP32-C2** – dodatkowa komunikacja poprzez Bluetooth 5 (LE), 32-bitowy procesor RISC-V o taktowaniu do 120 MHz;
- **ESP32-C3** – dodatkowa komunikacja poprzez Bluetooth 5 (LE), 32-bitowy procesor RISC-V o taktowaniu do 160 MHz, wsparcie sprzętowej akceleracji algorytmów kryptograficznych (AES-128/256, Hash, RSA, HMAC).

Na bazie tych układów powstały gotowe moduły radiowe w postaci niewielkich płytek z padami krawędziowymi. Zawierają mikrokontroler, pamięci Flash i RAM oraz elementy toru radiowego łącznie z anteną na PCB i/lub złączem anteny. Najbardziej znane są moduły WROOM i WROOVER. Do szybkiego prototypowania z użyciem układów ESP32 powstała cała seria płytek oznaczonych DevKit. Najnowszą wersją jest płytka ESP32-S3-DevKitC-1 [2] pokazana na **fotografii 2**, która zawiera:

- moduł radiowy – ESP32-S3-WROOM-1 lub ESP32-S3-WROOM-1U lub ESP32-S3-WROOM-2, odpowiedzialny za komunikację Wi-Fi i Bluetooth 5 LE. Każdy z nich zawiera układ ESP32-S3 oraz pamięć Flash 8, 16 lub 32 MB i pamięć PSRAM 0, 2 lub 8 MB. Pierwszy i drugi zawierają zintegrowaną antenę PCB, natomiast ESP32-S3-WROOM-1U jest wyposażony w złącze anteny zewnętrznej;
- złącze micro USB dołączone do interfejsu USB OTG układu ESP32-S3 – zgodny ze specyfikacją USB 1.1 full-speed, może służyć do programowania układu, komunikacji z układem za pomocą protokołu USB 1.1 oraz do debugowania JTAG;
- konwerter USB-UART – używany do programowania mikrokontrolera oraz jako prosty interfejs do debugowania;
- przyciski – służące do resetowania i uruchamiania trybu programowania – boot mode;
- dioda LED RGB;
- układ zasilania – dostarczający napięcie 3,3 V uzyskane z 5 V dołączonego do złącza micro USB.

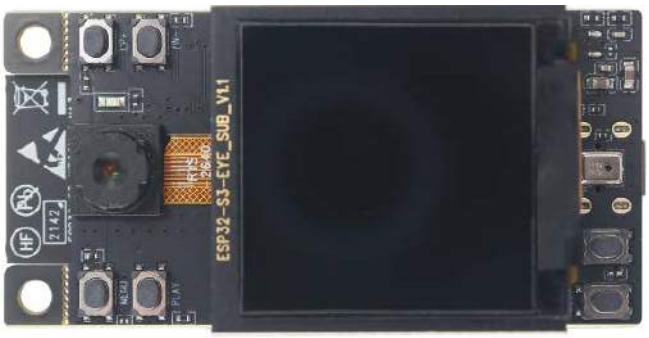
ESP32-S3-EYE

Płytki serii DevKit pozwalają na rozpoczęcie prac z układami rodziny ESP32, jednak będą niewystarczające w wielu praktycznych aplikacjach – wymagają do tego znacznej rozbudowy. Interesującą płytką rozwojową, która pozwoli wykorzystać znacznie więcej możliwości układu ESP32-S3, jest ESP32-S3-EYE [3] pokazana na **fotografii 3**. Została wyposażona w takie peryferia jak kamera, mikrofon i wyświetlacz więc sprawdzi się w nowoczesnych zastosowaniach. Dokładna specyfikacja płytki jest następująca:

- Moduł ESP32-S3-WROOM-1 – zawiera wariant układu ESP32-S3R8, który zapewnia łączność Wi-Fi i Bluetooth 5 (LE), a także oferuje wsparcie w obliczeniach w sieciach neuronowych i przetwarzaniu sygnału. Oprócz zintegrowanej pamięci Octal SPI PSRAM o pojemności 8 MB, moduł jest również wyposażony w 8 MB pamięci Flash;
- miniaturowa kamera typu OV2640 – oferuje 2 miliony pikseli, pole widzenia 66,5° i maksymalną rozdzielczość 1600×1200 px;
- wyświetlacz LCD – ekran o przekątnej 1,3 cala, podłączony do ESP32-S3 przez magistralę SPI;
- cyfrowy mikrofon MEMS – komunikuje się poprzez interfejs I²S, czułość wynosi 61 dB SNR;
- gniazdo kart pamięci microSD – pozwala zastosować w aplikacji magazyn na dane o znacznej pojemności;
- akcelerometr trójosiowy – typ QMA7981, może posłużyć do obracania treści ekranu ekranu;

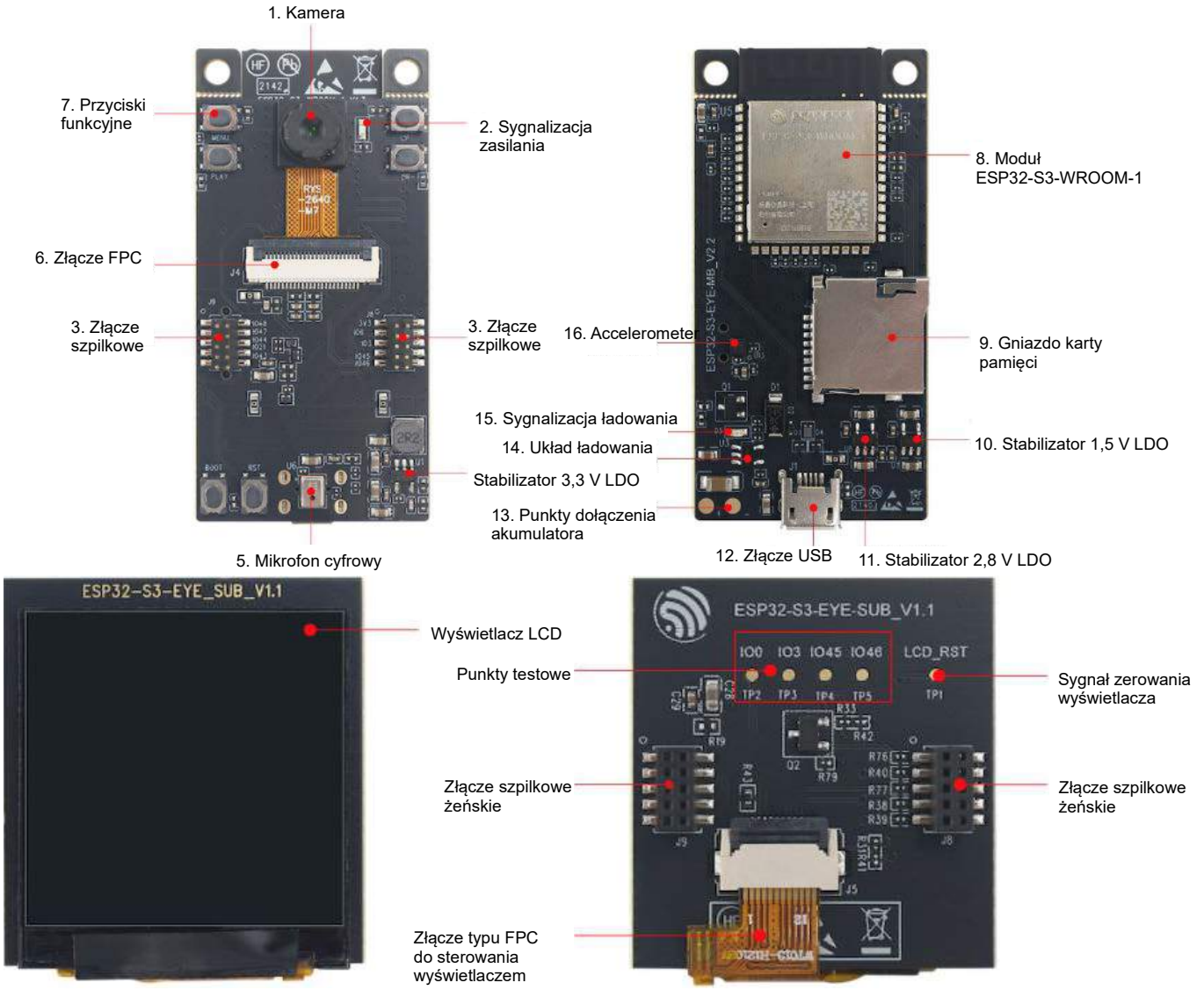


Fotografia 2. Płytka uruchomieniowa ESP32-S3-DevKitC-1 z modułem ESP32-S3-WROOM-1



Fotografia 3. Rozbudowana płytka uruchomieniowa ESP32-S3-EYE

eprasa.pl a53a1e2c07



Rysunek 2. Budowa modułu ESP32-S3-EYE

- układ ładowarki akumulatora – liniowa ładowarka akumulatorów litowo-jonowych typu ME4054BM5G, źródłem zasilania do ładowania jest port USB;
- złącze micro USB – służące do zasilania płytki napięciem 5 V, a także do komunikacji z układem ESP32;
- 4 mikroprzyciski – do sterowania funkcjami docelowej aplikacji.

Moduł ESP32-S3-EYE to niewielka płytka rozwojowa, która jest kompatybilna z ESP-WHO, czyli platformą programistyczną firmy Espressif ułatwiającą realizowanie aplikacji z zastosowaniem AI oraz z zakresu przetwarzania obrazu i dźwięku. Zawiera przykłady gotowe do zastosowania, pozwalające opracować różnorodne aplikacje AIoT, takie jak inteligentny dzwonek do drzwi, systemy nadzoru, rozpoznawanie twarzy, rozpoznawanie gestów itp.

Moduł składa się z dwóch płytek – płytki bazowej i płytki wyświetlacza (**rysunek 2**). Jest to relatywnie nowy produkt więc jest dostępny u niewielu dystrybutorów. Cena wynosząca nieco ponad 200 zł jest naprawdę dobrą ofertą za system z tak bogatymi możliwościami. Warto wiedzieć, że jest też starsza wersja tego modułu oznaczona ESP32-EYE, która oferuje dużo mniejsze możliwości.

M5Stack Core2

Moduły serii M5Stack to coś więcej niż zestawy ewaluacyjne dla IoT – to w zasadzie gotowe urządzenia zamknięte w estetycznej obudowie (**fotografia 4**). Skierowane są zarówno do hobbystów konstruktorów, jak i profesjonalistów projektujących inteligentne aplikacje IoT, a także do instytucji edukacyjnych takich jak uczelnie techniczne. Urządzenia M5Stack bazują na układach ESP32 i dostępnych jest kilka ich wersji, a jedną z nowszych jest właśnie wersja Core2 [4].

W drugiej generacji modułu (Core2) zastosowano dwurdzeniowy mikrokontroler ESP32-D0WD-V3 taktowany zegarem do 240 MHz. Niemal cały panel frontowy stanowi ekran o przekątnej 2 cale ze zintegrowanym pojemnościowym panelem dotykowym oraz 3 przyciski pojemnościowe, których funkcje można programować. Na bocznych ściankach znajdują się złącza różnych interfejsów a na tylnej ściance jest duże złącze do modułów rozszerzających funkcje urządzenia. Zasilania dostarcza wbudowany akumulator o pojemności 390 mAh. Dokładna specyfikacja urządzenia wygląda następująco:



Fotografia 4. Moduł M5Stack Core2

eprasa.pl a53a1e2c07



Fotografia 5. Moduł Nordic Thingy:91



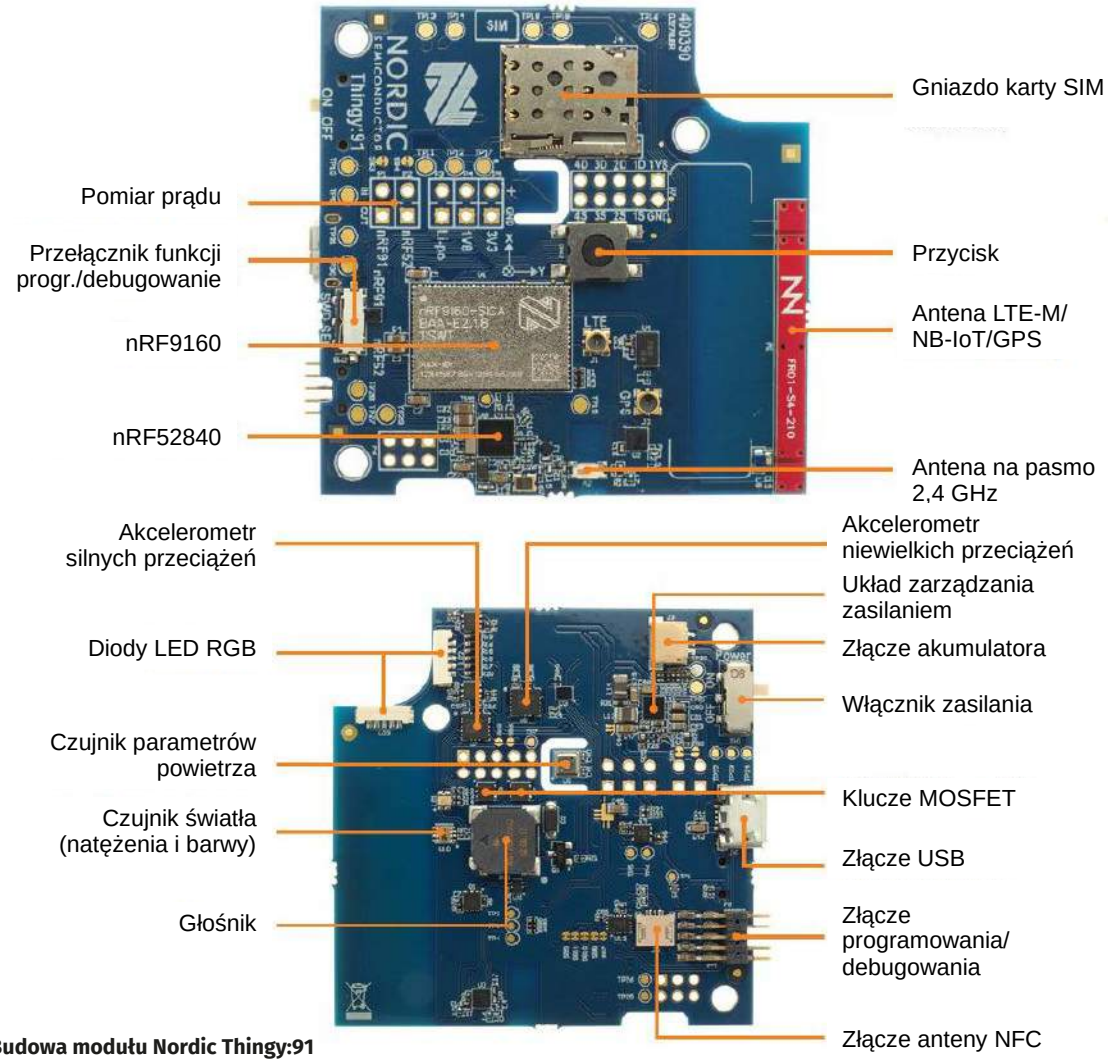
Fotografia 6. Wygląd modułu nRF9160 realizującego komunikację LTE-M i NB-IoT oraz umożliwiającego odbiór sygnału GPS

- mikrokontroler – ESP32-D0WD-V3, dwa rdzenie Xtensa 32-bitowe, taktowane do 240 MHz,
- komunikacja – Wi-Fi 2,4 GHz i Bluetooth
- pamięć – 16 MB flash oraz 8 MB PSRAM, gniazdo karty pamięci microSD do 16 GB;
- wyświetlacz – TFT, przekątna 2 cale, rozdzielczość 320×240, kontroler ILI9342C, panel dotykowy z kontrolerem FT6336U;
- audio – mikrofon – typu SPM1423, wzmacniacz mocy I²S NS4168, głośnik 1 W;
- IMU – 6-osiowy MPU6886;
- zegar czasu rzeczywistego – BM8563;
- kontroler zasilania – typu AXP192 z ładowaniem akumulatora litowego 3,7 V/390 mAh;
- Interfejsy – USB typ C, I²C, UART, IO;
- dodatkowe – silnik wibracyjny, przycisk zasilania, przycisk reset, 3 przyciski pojemnościowe na panelu frontowym;
- zasilanie – 5 V/500 mA poprzez USB;
- wymiary – 54×54×16 mm;
- masa – 52 g.

Seria M5Stack obejmuje kilkadziesiąt modułów, które są ze sobą w pełni kompatybilne, dzięki czemu można je łączyć w stos realizujący wiele procesów jednocześnie. Dodatkową uniwersalność tych modułów zapewnia możliwość programowania w kilku popularnych językach programowania, w tym: C/C++, Arduino, Blockly czy też MicroPython. Zestaw znakomicie sprawdzi się w projektach związanych z IoT, jako moduł edukacyjny STEM czy w urządzeniach Smart Home. Jego cena to ok. 300 zł.

Platforma do prototypowania dla mobilnego IoT

Opisane wcześniej moduły są skoncentrowane na komunikacji poprzez Wi-Fi. Oczywiście daje duże możliwości ale w wielu przypadkach może być przeszkodą nie do pokonania. Tam gdzie nie ma zasięgu sieci Wi-Fi dobrym rozwiązaniem jest komunikacja za pośrednictwem sieci telefonii komórkowej. Standard NB-IoT (*Narrowband IoT*)



Rysunek 3. Budowa modułu Nordic Thingy:91

eprasa.pl a53a1e2c07

należy do rodziny LPWAN (*Low Power Wide Area Network*). Jego podstawowe zalety to niskie zapotrzebowanie na energię (*Low Power*), które umożliwia zasilanie z użyciem pojedynczej baterii przez wiele lat, nawet w przypadku częstego przeprowadzania komunikacji i przy uwzględnieniu takich aspektów, jak samoczynne rozładowanie i degradacja baterii. Drugą bardzo istotną cechą NB-IoT jest duży obszar działania (*Wide Area*). Dane w sieci mobilnej przesyłane są nawet w trudnych warunkach, np. na obszarach miejskich, gdzie sygnał radiowy narażony jest na wiele przeszkód zakłócających transmisję lub w miejscach tłumiących fale radiowe, takich jak piwnice czy instalacje podziemne.

Nordic Thingy:91

Interesującą platformą do prototypowania komórkowego IoT przy użyciu NB-IoT, ale także LTE-M, jest zestaw Thingy:91 [5] (**fotografia 5**) firmy Nordic Semiconductor. Jest zbudowany na bazie modułu komunikacyjnego typu nRF9160 i ma certyfikat dla szerokiego zakresu pasm LTE na całym świecie. Dodatkowo oferuje funkcje pozycjonowania GNSS co czyni moduł idealnym rozwiązaniem do zaawansowanych aplikacji śledzenia zasobów. Zestaw zawiera wiele czujników: temperatury, wilgotności, ciśnienia, jakości powietrza, koloru i poziomu oświetlenia, dwa czujniki ruchu oraz wiele elementów dodatkowych, takich jak dwa przyciski, trzy diody RGB LED, głośniczek. Na płytce jest też wieloprotokołowy układ komunikacji radiowej typu nRF52840, który obsługuje standardy BLE i NFC. Moduł zawiera trzy osobne anteny: dla komunikacji NFC, dla komunikacji BLE oraz trzecią dla komunikacji GPS, LTE-M i NB-IoT.

Moduł nRF9160 SiP integruje procesor ARM Cortex-M33 taktowany zegarem 64 MHz, z dużą pamięcią Flash do 1 MB oraz RAM do 256 kB [6]. Zawiera modem LTE, układ GPS, układy peryferyjne i zarządzające zasilaniem w obudowie o rozmiarach 10×16×1,2 mm (**fotografia 6**). Oferuje kompletne rozwiązanie do pracy z komunikacją mobilną IoT. Wymaga tylko zewnętrznej baterii, karty SIM oraz anteny (pojedyncze wyprowadzenie 50 Ω). Ważniejsze cechy modułu nRF9160:

- obsługuje komunikację w standardach:
  - 3GPP LTE release 13: Cat-M1 (eMTC) oraz Cat-NB1 (NB-IoT),
  - 3GPP LTE release 14: Cat-NB1 (NB-IoT) oraz Cat-NB2 (NB-IoT),
  - zakresy pracy LTE: 700…960 MHz, 1710...2200 MHz;
- obsługuje interfejs UICC (*Universal Integrated Circuit Card*) – oznacza to obsługę kart standardowych oraz eUICC (*Embedded UICC*);
- ma certyfikat GFC do pracy na całym globie;
- ma rozwiązania gwarantujące bezpieczeństwo bezpieczeństwo aplikacji – ARM TrustZone, ARM CryptoCell;
- moc wyjściowa programowana do 23 dBm.

Układ scalony nRF52840 bazuje na rdzeniu ARM Cortex-M4F taktowany zegarem 64 MHz z dużą pamięcią Flash do 1 MB oraz RAM do 256 kB [7]. Ważniejsze cechy tego układu:

- umożliwia komunikację w pasmie 2,4 GHz w sieciach z protokołem Bluetooth 5 (2 Mbps, 1 Mbps, Long Range), Bluetooth mesh, Thread, Zigbee, IEEE 802.15.4 oraz ANT;
- możliwa jest jednoczesna obsługa transmisji z obsługą stosu BLE 5 oraz stosu OpenThread;
- programowana moc wyjściowa w zakresie od –20 dBm do +8 dBm;
- zapewnia bezpieczne bootowanie oraz aktualizację oprogramowania poprzez tor radiowy;
- może pracować z różnymi systemami RTOS włącznie z systemem FreeRTOS;

Wygląd płytki zestawu Thingy:91 został pokazany na **rysunku 3**. W środku, w specjalnym wycięciu, jest umieszczony czujnik temperatury, wilgotności, jakości powietrza i temperatury BME680 (U9). Na lewo od niego jest umieszczony 3 osiowy czujnik przyspieszeń dużej wartości ADXL372 (U7). Na prawo jest umieszczony 3 osiowy

REKLAMA

Inteligentne rozwiązania IoT

SABUR Systemy automatyki







Redukcja kosztów
działalności w branży budowlanej dzięki bieżącemu zdalnemu nadzorowi i sterowaniu.

Ograniczenie liczby awarii
(trudnodostępnych instalacji) dzięki centralizacji informacji i stałej kontroli.

Poprawa efektywności
energetycznej budynków poprzez ograniczenie zużycia energii elektrycznej (i innych mediów) i emisji CO2.

Zadzwoń
+48 22 549 43 53
lub napisz
sabur@sabur.com.pl
i umów się na spotkanie

www.sabur.com.pl

eprasa.pl a53a1e2c07

czujnik przyspieszeń niskiej wartości ADXL362 (U8). U góry zostało umieszczone gniazdko dołączania baterii J3 oraz wyłącznik zasilania POWER (SW1). Obok jest zamontowany układ scalony zarządzania zasilaniem ADP536x (U11) typu PMIC. Poniżej jest zamontowane gniazdko USB-micro (J6). Jeszcze niżej jest zamontowane złącze do podłączania anteny NFC (J5) i złącze debugowania P8 (na krawędzi). W lewym górnym rogu, obok wycięcia w płytce, są umieszczone dwie diody LED RGB typu MSL0104RGBU1 (LD2, LD3). Poniżej znajduje się scalony czujnik koloru BH1749NUC (U10) oraz dioda LED RGB (LED1). Prawie w środku płytki znajduje się brzęczyk AST7525MATRQ (Bz1) sterowany poprzez tranzystor. Na obu stronach płytki drukowanej rozmieszczone są zworki, punkty pomiarowe oraz pola lutownicze dla dodatkowych złącz.

Zasilanie zestawu Thingy:91 jest pobierane z akumulatorka typu Li-Poly 440 mAh 3,7 V. Złącze Micro-USB (5 V) dostarcza napięcia VBUS do układu scalonego ADP536x firmy Analog Devices. Służy on do ładowania akumulatora i dostarczania napięć zasilania zestawu.

Moduł nRF9160 SiP pracuje w standardowej konfiguracji. Wyprowadzenie mocy radiowej ANT modułu jest doprowadzone do gniazdka typu SWF z wyłącznikiem. Sygnał jest następnie dołączony do dynamicznego układu dopasowującego. Dwa multipleksery radiowe typu QM12038 (U2, U3) umożliwiają modułowi nRF9160 SiP wybór optymalnego układu dopasowania w zależności od pasma pracy. Jedna z konfiguracji pracy układu dopasowania pozwala na pracę układu GPS modułu nRF9160. Dobre dopasowanie systemu antenowego jest bardzo istotne w systemach radiowych małej mocy. Tym bardziej, że stosowane w zestawach anteny mają typowo bardzo małe rozmiary. Ma to szczególne znaczenie dla pasm LTE poniżej 1 GHz. Obecnie dostępne aplikacje umożliwiają pracę zestawu Thingy:91 w następujących pasmach LTE: 2, 3, 4, 8, 12, 13, 20 oraz 28 [13]. Sygnał radiowy GPS, ze wspólnej z sygnałem LTE anteny A1, jest podawany do gniazdka typu SWF z wyłącznikiem. Umożliwia to dołączenie bardziej wydajnej anteny zewnętrznej. Dalej sygnał jest podawany na niskoszumny wzmacniacz U4 i wejście GPS modułu nRF9160.

Układ scalony nRF52840 pracuje w standardowej konfiguracji. Wyprowadzenie mocy radiowej ANT modułu jest doprowadzone do scalonego filtru SAFFB2G45MA0F0A (F1) typu SAW skonfigurowanego na pasmo ISM 2,4 GHz. Dalej sygnał jest dołączony do osobnej anteny A2. Zestaw jest wyposażony w antenę NFC dołączoną do gniazdka J5 i dalej bezpośrednio do dwóch wyprowadzeń układu scalonego nRF52840. Wyprowadzenia zasilania gniazdka USB-micro (J6) zestawu Thingy:91 są dołączone do układu zasilania zestawu (zasilanie całości i ładowanie baterii). Dostarcza ono także zasilanie dla modułu peryferyjnego USB układu scalonego *nRF52840* (U6). Sygnały danych są bezpośrednio dołączone do wyprowadzeń *D*– oraz *D*+ układu scalonego nRF52840 Wyprowadzenia P0.18 do P0.25 modułu nRF9160 SiP są połączone z odpowiednimi wyprowadzeniami układu scalonego nRF52840 – zapewnia to bezpośredni interfejs komunikacyjny pomiędzy dwoma układami.

Nordic Thingy:91 jest dostarczany wraz z kartą SIM do użytku globalnego od iBasis, która ma darmowy plan transmisji danych 10 MB, aby natychmiast zacząć działać. Thingy:91 i SIM mogą być monitorowane za pomocą nRF Cloud, która jest platformą demonstracyjną, ewaluacyjną i testową Nordic Semiconductor w chmurze. Producent udostępnia dla zestawu liczne aplikacje, kody źródłowe oprogramowania firmowego oraz schematy i projekty sprzętowe. Cena zestawu wynosi ok. 700 zł.

Arduino MKR NB 1500

Kolejnym polecanym modułem przeznaczonym do realizacji komunikacji przez sieci NB-IoT i LTE-M jest Arduino MKR NB 1500 [8] (**fotografia 7**). Jest to jeden z nowszych modułów rodziny Arduino, zawierający procesor ATSAMD21, bazujący na wydajnej i niskomocowej architekturze ARM Cortex-M0+ i wyposażony w sporą pamięć



Fotografia 7. Moduł Arduino MKR NB 1500

Flash 256 kB oraz aż 32 kB pamięci RAM. Komunikację drogą radiową realizuje moduł renomowanej marki U-BLOX typu SARA-R410M, obsługujący łączność w standardach NarrowBand-IoT oraz LTE Cat M1. Taka konstrukcja doskonale nadaje się do projektów, które wymagają niskiego poboru mocy i prawidłowej komunikacji nawet w odległych, niedostępnych miejscach miejscach. MKR NB 1500 jest kompatybilny z Arduino IoT Cloud, co ułatwia testowanie i uruchamianie aplikacji. Najważniejsze cechy modułu to:

- mikrokontroler SAMD21 Cortex-M0+, pamięć Flash: 256 kB, pamięć SRAM: 32 kB, 48 MHz;
- moduł UBLOX SARA-R410M-02B – NB-IoT i LTE-M;
- sprzętowe zabezpieczenie kryptograficzne typu ECC508;
- 22 cyfrowe we/wy, 12 wyjść PWM, 7 wejść analogowych (ADC 8/10/12 bitów), wyjście analogowe (DAC 10 bitów);
- Interfejsy: UART, SPI, I²C, I²S, USB Full-Speed i wbudowany host;
- obsługiwany akumulator 3,7 V Li-Poly.

Wbudowana ładowarka akumulatorów litowo-polimerowych o pojemności do 250 mAh zwalnia użytkownika z konieczności zapewnienia zewnętrznych obwodów zasilania – ładowarek, przetwornic DC/DC itp. Obecność modułu radiowego wysokiej klasy i wydajnego, energooszczędnego procesora sprawia, że moduł MKR NB nadaje się do wszelkiego rodzaju aplikacji z zakresu Internetu Rzeczy, w tym inteligentnych budynków, sieci sensorycznych czy nawet zdalnie sterowanych robotów. Dodatkową zaletą jest wsparcie ze strony środowiska programistycznego Arduino IDE, co gwarantuje bogaty zasoby gotowych bibliotek programowych i przykładów. Moduł jest dostępny w cenie ok. 450 zł.

Podsumowanie

Branża IoT jest niezwykle dynamicznym rynkiem, zarówno od strony technologicznej, produktowej jak i użytkowej, programowej. To spowodowało, że oferta produktów przeznaczonych dla tej technologii niezwykle szybko się rozrasta. W artykule zostały zaprezentowane tylko wybrane moduły i płytki uruchomieniowe, które spełniały 3 warunki:

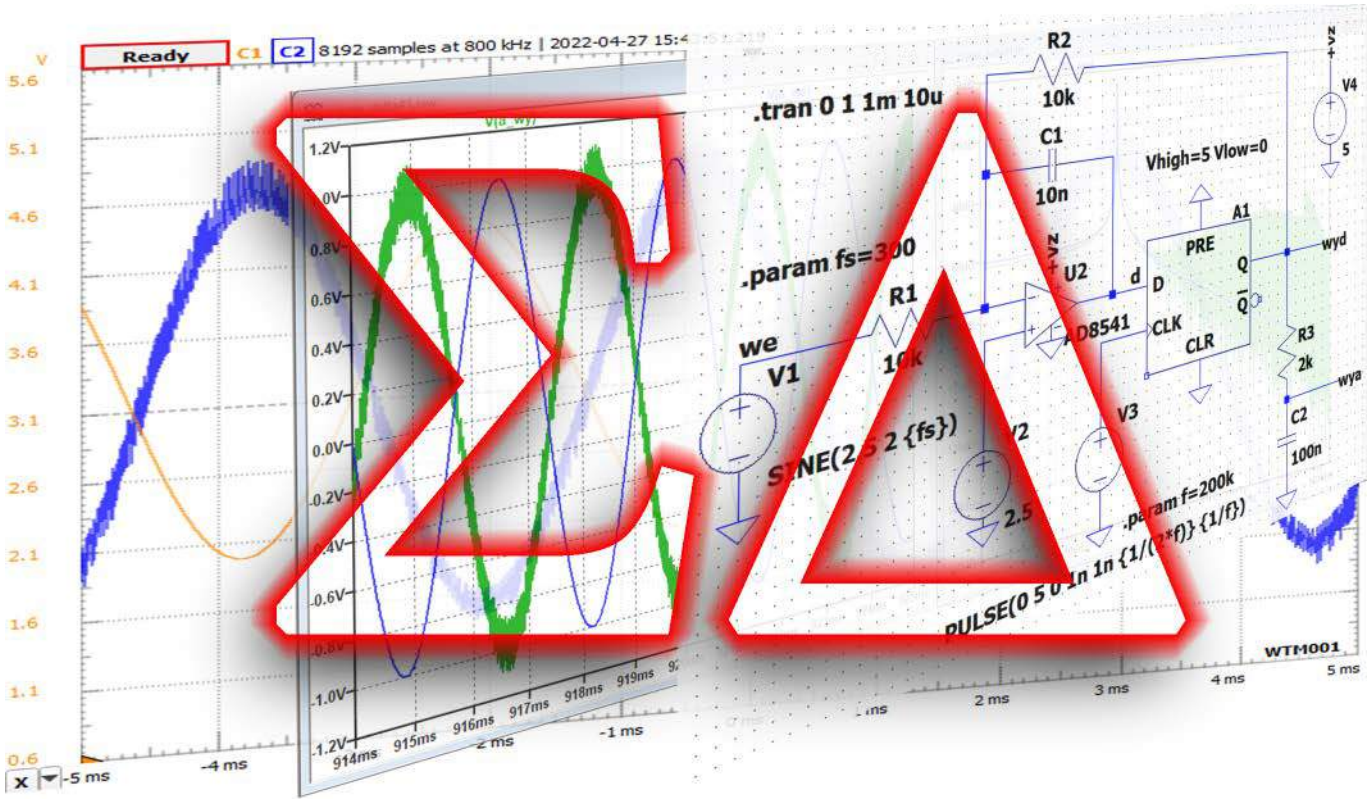
- są dostosowane do zasilania z akumulatorka (zawierają układ ładowania),
- charakteryzują się niewielkimi, kompaktowymi wymiarami,
- oraz są aktualnie dostępne w sprzedaży.

Takie cechy, choć nie dotyczą sfery czysto technicznej, mają istotne znaczenie w przypadku zastosowań IoT.

Damian Sosnowski, EP

[1] https://bit.ly/3wKri4h
[2] https://bit.ly/3wA7ss2
[3] https://bit.ly/39I8IjY
[4] https://bit.ly/3G8DX3U
[5] https://bit.ly/3lAsDUA
[6] https://bit.ly/3wAcqUs
[7] https://bit.ly/3PEu6af
[8] https://bit.ly/3sPg5g8

eprasa.pl a53a1e2c07



Przetworniki typu sigma-delta

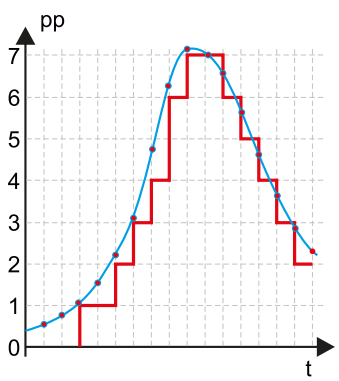
Nie ma chyba elektronika, który nie miałby do czynienia z przetwornikami analogowo-cyfrowymi i cyfrowo-analogowymi. Stosujemy je niemal bezwiednie, nie zastanawiając się nad tym, jak w rzeczywistości działają. Niestety na podstawie samych danych katalogowych czasami nie jest możliwe określenie np. ograniczeń danego podzespołu. W artykule dokładnie wyjaśnimy działanie przetwornika typu sigma-delta oraz omówimy jego cechy, zwłaszcza te niekatalogowe.

O przetwornikach delta-sigma czy sigma-delta słyszał na pewno każdy elektronik, a wielu z nich nawet zastosowało je w swoich projektach. Dobierając przetworniki zwykle rozpatrujemy najpierw ich parametry, takie jak maksymalna częstotliwość próbkowania, rozdzielczość, dynamika, szumy, liniowość itp., nie zastanawiamy się natomiast nad zasadą działania. Postępowanie takie jest poniekąd słuszne, bo jeśli dany przetwornik spełnia nasze wymagania, to informacja o tym, na jakiej zasadzie działa jest w sumie nieistotna. Trudno, abyśmy analizowali budowę wewnętrzną każdego elementu używanego do budowy urządzeń. Owszem, taka wiedza jest przydatna, gdyż na podstawie tylko samych danych katalogowych czasami nie jest możliwe określenie np. ograniczeń danego podzespołu wynikających z jego konstrukcji i zasady działania. W dalszej części przyjrzymy się bliżej bardzo popularnemu przetwornikowi analogowo-cyfrowemu typu sigma-delta.

Próbkowanie i kwantyzacja

Przetwarzanie analogowo-cyfrowe to proces polegający na zamianie analogowego sygnału wejściowego, np. napięcia, na dyskretne wartości cyfrowe. Dyskretne, czyli takie, które stanowią skończony, policzalny zbiór wartości. Dyskretyzacji podlega zarówno czas, jak i poziom sygnału. W literaturze opisującej zagadnienia związane z przetwarzaniem sygnałów spotykamy się z dwoma charakterystycznymi dla tego procesu pojęciami: próbkowaniem i kwantyzacją. Próbkowanie to pobieranie wartości chwilowych sygnału w określonych, najczęściej stałych odstępach czasu. W wyniku kwantyzacji każdej próbce nadawana jest konkretna, jednoznaczna wartość liczbowa opisująca chwilową wartość sygnału w momencie próbkowania (**rysunek 1**). Liczba takich wartości jest zależna od rozdzielczości przetwornika. Jest to zwykle wielokrotność liczby 2.

Spotykamy się często z określeniem, że jakiś przetwornik jest n-bitowy. Oznacza że uzyskiwane z niego wartości przybierają 2^n poziomów. Przykładowo, w 3-bitowym przetworniku uzyskujemy 8 poziomów (od 0 do 7), tak jak to pokazano na rysunku 1. Jest to dość oczywisty i naturalny



Rysunek 1. Sygnał cyfrowy uzyskany w przetworniku analogowo-cyfrowym

eprasa.pl a53a1e2c07

opis procesu próbkowania. Osobną kwestią pozostaje natomiast metoda przypisywania wartości liczbowej każdej próbce, ale nie będziemy się tu zajmować tym zagadnieniem. Przyjmujemy zatem, że mamy na przykład jakiś n-bitowy rejestr z wyjściami równoległymi, do którego są wpisywane kolejne wartości próbek zbieranych w takt specjalnego zegara. W ustalonych odstępach czasu uzyskujemy więc pełną informację o wartości sygnału w chwili próbkowania. Cyfrowa postać takich danych nadaje się świetnie na przykład do zapisywania ich w pamięci, a także do niemal dowolnej obróbki przez jakiś procesor. Powstaje jednak pytanie czy konieczne jest przekazywanie pełnej informacji o wartości każdej próbki? Można wyobrazić sobie na przykład metodę, w której przekazywana jest jedynie różnica wartości kolejnych próbek. Taka koncepcja mogłaby teoretycznie uprościć przesyłanie danych z przetwornika do układu nadrzędnego, np. do procesora. Czy jest to dobry tok myślenia, przeanalizujemy w dalszej części artykułu.

Sigma-delta czy delta-sigma?

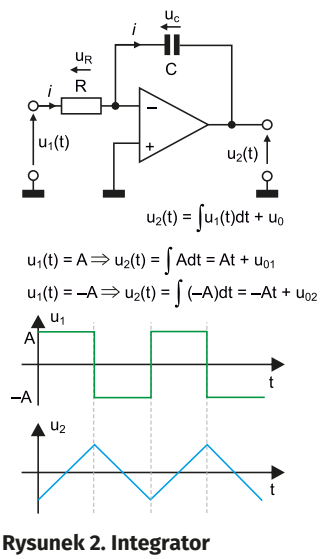
Pomysł przesyłania różnic pomiędzy kolejnymi próbkami zamiast pełnych próbek powstał jeszcze w latach 40. XX wieku, ale praktyczne zastosowania można datować dopiero w okolicach początku lat 50. XX wieku. Prowadzono wówczas prace nad modulatorami PCM (Pulse Code Modulation) i technikami transmisji danych. Teoria związana z tą tematyką w zasadzie dopiero powstawała. Pojawiały się nieliczne publikacje, zgłaszano pierwsze patenty. Szczególne znaczenie miały dwie prace opublikowane w latach 1962 i 1963, w których opisano zagadnienia związane z kształtowaniem szumu i nadpróbkowaniem zastosowanym w przetworniku 1-bitowym. Autorzy użyli po raz pierwszy terminu „delta-sigma". W kolejnych publikacjach był on konsekwentnie powtarzany, aż do lat 70. XX wieku. W tym czasie inżynierowie AT&T nie wiedzieć czemu zaczęli stosować nazwę „sigma-delta". Oba terminy są od tego czasu używane zamiennie. Każdy z nich jest poprawny. Oba dotyczą też tego samego urządzenia. Specjaliści uznają jednak, że nazwa „sigma-delta" jest z jakichś powodów bardziej poprawna.

Integrator

Zasada działania przetwornika sigma-delta jest w gruncie rzeczy bardzo prosta, lecz do jej poznania zniechęcają spotykane w publikacjach schematy blokowe i rozważania o szumach kwantyzacji. Wielu czytelników kończy lekturę artykułu na samym leadzie widząc tajemnicze bloki z symbolami całek, a także liczne wzorki z logarytmami i tajemniczymi liczbami, które nie wiadomo skąd się biorą,. Nie unikniemy tych elementów i w niniejszym opracowaniu. Zrozumienie zasady działania przetwornika sigma-delta nie wymaga jednak dogłębnej analizy zagadnień matematycznych, stosowne fragmenty można spokojnie pominąć.

I to jest właśnie ten moment, w którym muszą pojawić się informacje znacznie ułatwiające zrozumienie dalszej zżęci artykułu, ale sięgające po aparat matematyczny. Jednym z kilku bloków funkcjonalnych wchodzących w skład przetwornika sigma-delta jest integrator, czyli nieszczęsny układ całkujący widoczny na każdym schemacie przetwornika sigma-delta.

Podstawowy schemat integratora został pokazany na **rysunku 2**. Jak widać, składa się on ze wzmacniacza operacyjnego pracującego w konfiguracji z wejściem odwracającym.



Rysunek 2. Integrator

Zamiast spotykanego zwykle rezystora sprzężenia zwrotnego został dołączony kondensator C. Przeanalizujmy działanie tego układu przy założeniu, że mamy do czynienia z idealnym wzmacniaczem operacyjnym. Z takiego założenia wynika, że wzmacniacz ma nieskończenie wielkie wzmocnienie, do wejść U– i U+ nie wpływają żadne prądy, napięcie między wyjściami U– i U+ jest równe zero. Z faktu, że do wejść nie wpływają żadne prądy wynika, że przez rezystor R i kondensator C płynie jeden prąd **i**. Skoro wejście U+ jest dołączone do masy, to potencjał wejścia U– jest również równy zero, można więc napisać, że prąd $i=u_1/R$. Wiemy też, że pojemność elektryczna jest definiowana jako stosunek zmian ładunku do zmian napięcia:

$$C = \frac{dq}{du_c}$$

Zmiany ładunku są więc równe:

$$dq = Cdu_c$$

Ale zmiany ładunku w czasie definiują też prąd. Mamy więc:

$$dq = idt$$

czyli

$$dq = \frac{u_1}{R}dt$$

Na tej podstawie możemy napisać:

$$Cdu_c = \frac{u_1}{R}dt$$

Zauważmy, że napięcie na kondensatorze u_C jest (zgodnie ze strzałkowaniem przyjętym na schemacie) równe: $u_c=-u_2$. Napięcia u_1, u_2 i u_c są zmienne w czasie, dla podkreślenia tego faktu zastosujemy oznaczenia: $u_1(t)$, $u_2(t)$ i $u_c(t)$. Mamy więc:

$$-Cdu_2(t) = \frac{u_1(t)}{R}dt$$

czyli:

$$du_2(t) = -\frac{u_1(t)}{RC}dt$$

Po obustronnym scałkowaniu równania otrzymujemy:

$$u_2(t) = \int\left(-\frac{u_1(t)}{RC}\right)dt = -\frac{1}{RC}\int u_1(t)dt + u_0$$

Jak widać, rzeczywiście w przedstawionym układzie napięcie wyjściowe integratora jest równe całce z napięcia wejściowego. Znak minus oznacza, ze zostanie zmieniona faza sygnału wyjściowego, czynnik u_0 ustala natomiast warunki początkowe.

Zobaczmy teraz, co będzie się działo, jeśli do wejścia zostanie doprowadzony symetryczny przebieg prostokątny o amplitudzie A. Możemy przyjąć, że w przedziale od 0 do T/2 reprezentuje on funkcję stałą $u_1(t)=A$, a w przedziale od T/2 do T $u_1(t)=-A$

Napięcie wyjściowe dla pierwszego przedziału jest więc równe:

$$u_2(t) = -\frac{1}{RC}\int Adt = -\frac{A}{RC}t + u_{01}$$

dla drugiego przedziału natomiast:

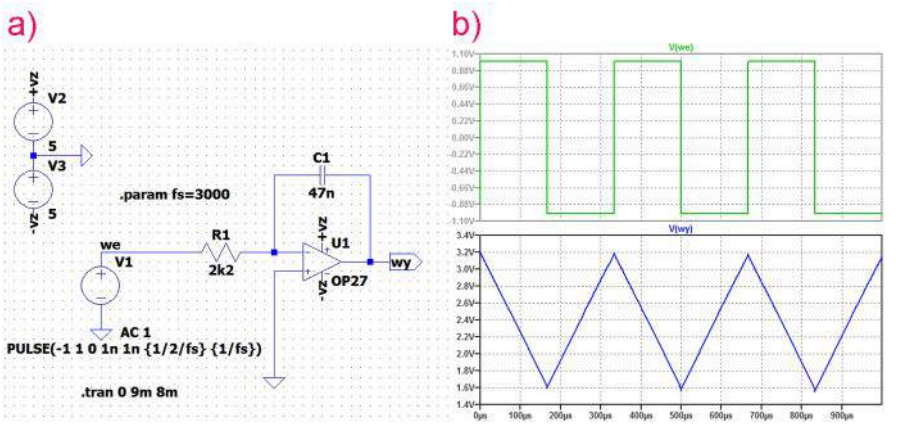
$$u_2(t) = -\frac{1}{RC}\int(-A)dt = \frac{A}{RC}t + u_{02}$$

Z powyższych wyrażeń wynika, że przykładając napięcie prostokątne do wejścia integratora uzyskamy na jego wyjściu przebieg liniowo opadający (dla t z przedziału od 0 do T/2) i liniowo narastający (dla t z przedziału od T/2 do T), jest to więc przebieg trójkątny. Wynika z tego ważny wniosek: dodatnie stałe napięcie wejściowe integratora powoduje generowanie przebiegu liniowo opadającego, zaś ujemne

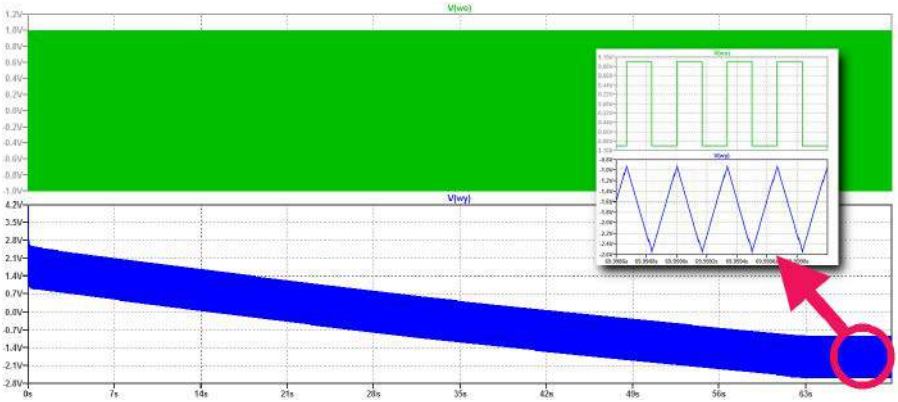
eprasa.pl a53a1e2c07

stałe napięcie wejściowe powoduje generowanie przebiegu liniowo narastającego.

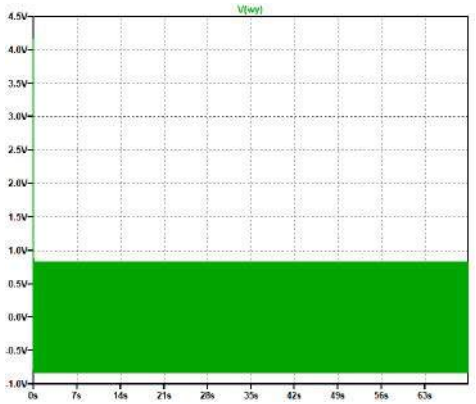
Sprawdźmy to w programie LTspice. Na **rysunku 3a** został pokazany schemat integratora utworzony w symulatorze. Zastosowano w nim układ operacyjny OP27. Widoczne na rysunku 3b wyniki potwierdzają wcześniejsze rozważania teoretyczne. Dodatniemu napięciu wejściowemu towarzyszy opadające napięcie wyjściowe, zaś ujemne napięcie wejściowe powoduje generowanie napięcia narastającego na wyjściu. Do symulacji został przyjęty czas symulacji równy 1 ms, przy czym uwzględniono 8 milisekundowy czas przeznaczony na eliminację ewentualnych stanów nieustalonych. Wydaje się, że wszystko jest w porządku, ale nieco niepokojący jest stosunkowo wysoki offset przebiegu wyjściowego. Jego wartość średnia powinna być równa teoretycznie zero, a jest równa 2,39 V. Zobaczmy więc co się stanie, jeśli czas symulacji wydłużymy drastycznie np. do 70 sekund. Wynik takiej symulacji jest widoczny na **rysunku 4**. Okazuje się, że na skutek niedoskonałości elementów uwzględnionych nawet w modelu układu OP27, integrator nie pracuje stabilnie. W tym przypadku średnie napięcie wyjściowe ulega stopniowemu zmniejszaniu. Aby zabezpieczyć układ przed takimi zjawiskami najczęściej dodaje się równoległy do kondensatora rezystor o dużej rezystancji, tak aby nie wpływała na warunki pracy integratora, a kompensowała jedynie jego niedoskonałości. Zwykle wystarczający jest rezystor rzędu kilkuset kiloomów. Sprawdźmy, czy rezystor 300 kΩ okaże się wystarczający? Wynik symulacji dla poprawionej konstrukcji pokazano na **rysunku 5**.



Rysunek 3. Przebieg wyjściowy integratora sterowanego przebiegiem prostokątnym



Rysunek 4. Stan nieustalony integratora

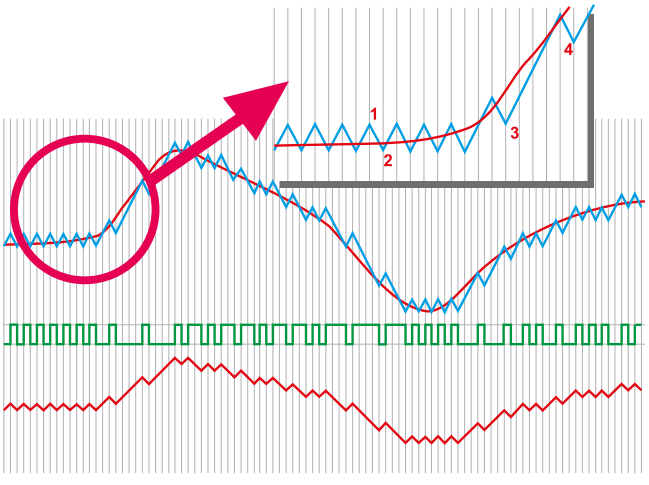


Rysunek 5. Przebieg wyjściowy integratora z dołączonym rezystorem równoległym

Modulator delta – zasada działania

Powróćmy do koncepcji zapisywania w kolejnych próbkach nie pełnej wartości sygnału w chwili próbkowania, a jedynie różnicy w stosunku do poprzedniej próbki. Wymaga to zastosowania jakiegoś mechanizmu na bieżąco śledzącego sygnał wejściowy, co najmniej w zakresie dwóch próbek – bieżącej i poprzedniej. Układ zrealizowany według tej koncepcji jest nazywany modulatorem „delta". Śledzenie przebiegu wejściowego polega na wytworzeniu porównywanego z nim przebiegu piłokształtnego (**rysunek 6)**. Jeśli w momentach wyznaczonych zegarem taktującym przebieg piłokształtny ma wyższy poziom niż przebieg wejściowy następuje przełączenie kierunku zmian. Na przykład w chwili „1" (rysunek 6) narastający sygnał śledzący ma wartość większą niż sygnał wejściowy, zostaje zatem przełączony kierunek zmian.

Okazuje się, że już w kolejnej próbce malejący sygnał ma wartość mniejszą niż sygnał wejściowy, a więc ponownie następuje zmiana kierunku, Jak można wywnioskować na podstawie tego przykładu, sygnał wyjściowy modulatora dla stałego sygnału wejściowego nigdy nie będzie stały, lecz będzie „myszkować" wokół tej wartości. W punkcie „3" z rysunku 6 ściganie napięcia wejściowego trwa aż 4 takty zegara próbkującego (do chwili „4"). Do przełączania kierunku zmian napięcia śledzącego zastosowano przerzutnik „D". Do jego wejścia zegarowego jest doprowadzony sygnał z generatora taktującego decydującego o częstotliwości próbkowania. Z kolei do wejścia D jest doprowadzony wynik porównania uzyskany na przykład z komparatora. Należy zauważyć, że przerzutnik generuje strumień danych cyfrowych niosący informację o analogowym



Rysunek 6. Zasada działania modulatora delta

eprasa.pl a53a1e2c07

sygnale wejściowym. Układ może więc pełnić funkcję przetwornika analogowo-cyfrowego. Jeśli do wyjścia przerzutnika zostałby dołączony filtr dolnoprzepustowy, na jego wyjściu uzyskalibyśmy odtworzony sygnał wejściowy.

Sprawdźmy działanie takiego układu w symulatorze LTspice (**rysunek 7**). Sygnał wejściowy – sinusoida o częstotliwości 300 Hz, amplitudzie 1 V ze składową stałą 2,5 V jest tworzony przez źródło napięciowe V3. Sygnał ten jest porównywany przez komparator U1 (LTC6752) z piłokształtnym sygnałem integratora zbudowanego na układzie U2 (OP491). Wyjście komparatora przyjmuje stan wysoki lub niski, zależnie od wyniku porównania. Stan ten jest zatrzaskiwany w przerzutniku „D" (A1). Wyjście przerzutnika jest dołączone do wejścia integratora. Jeśli na tym wejściu występuje stan niski, integrator generuje liniowy przebieg narastający. Zamienia się on w przebieg opadający, gdy na wejściu jest stan wysoki. Jako przerzutnik został zastosowany standardowy element biblioteczny LTspice'a dflop pobrany z sekcji „Digital". Z uwagi na zastosowane zasilanie +5 V konieczne jest dopisanie w jego właściwościach linii:

```
Vhigh=5 Vlow=0
```

Są w niej zdefiniowane poziomy logiczne dla tego elementu. Wejście zegarowe jest sterowane przebiegiem impulsowym generowanym przez źródło V2. Przebieg ten jest zdefiniowany formułą:

```
PULSE(0 5 0 10n 10n {1/(2*f)} {1/f})
```

Jak widać, zastosowano tu parametryczne określenie częstotliwości próbkowania, którą łatwo można zmienić komendą:

```
.param f=200k
```

Domyślnie przyjęto 200 kHz.

Warto by było jeszcze ocenić jakość przetwarzania. Najlepszy będzie odsłuch sygnału oryginalnego i przetworzonego. W tym celu zostały użyte komendy:

```
.wave oryg300Hz.wav 16 41k v(we)
.wave delta300Hz.wav 16 41k v(a_wy)
```

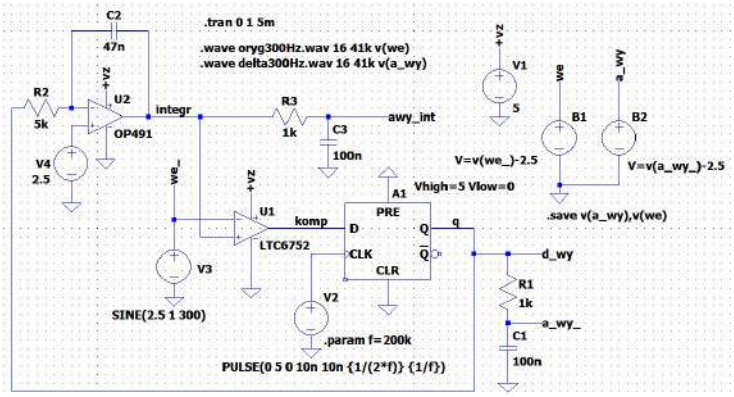
Powodują one wygenerowanie dwóch plików dźwiękowych o nazwach *oryg300Hz.wav* (oryginał) i *delta300Hz.wav* (sygnał wyjściowy modulatora). Po zakończonej symulacji można je odsłuchać w dowolnym odtwarzaczu plików .wav. Konieczny jest jednak do tego pewien zabieg polegający na odcięciu składowej stałej, która spowodowałaby nieprawidłową pracę odtwarzacza. W tym celu zostały użyte dwa napięciowe źródła *behavioral* (B1 i B2), które odejmują wartość 2,5 od przebiegów z węzłów V(we_) i (V(a_wy_)).

Ponadto zapisywane sygnały powinny być na tyle długie, abyśmy mogli cokolwiek usłyszeć. Przyjęto więc założenie, że 1-sekundowy dźwięk powinien być wystarczająco długi. Choć wydaje się, że jedna sekunda to niewiele, dla symulatora jest to jednak poważne zadanie. Symulacja może trwać nawet do kilkudziesięciu minut. Aby przynajmniej częściowo przyspieszyć obliczenia została użyta komenda:

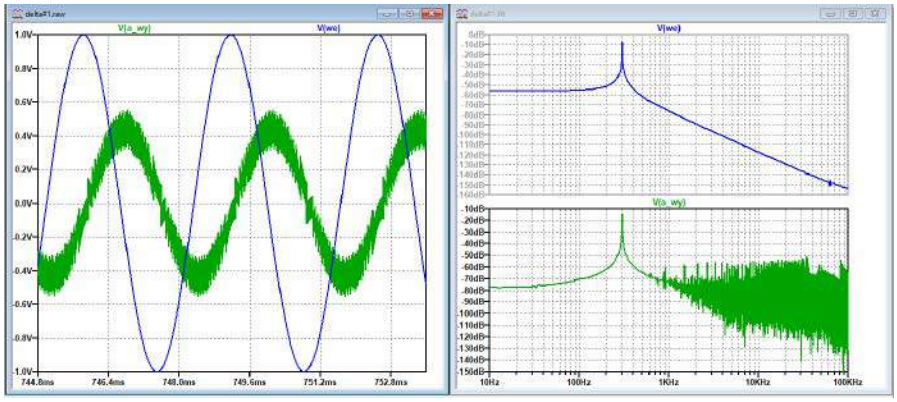
```
.save v(a_wy),v(we)
```

powodująca matrycowanie tylko wskazanych w niej węzłów. Po jej zastosowaniu nie ma wprawdzie możliwości podglądania przebiegów w innych węzłach, ale szybkość obliczeń znacząco się zwiększa.

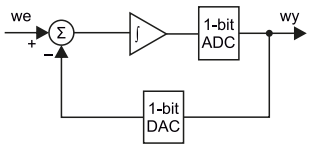
No cóż, na podstawie wzrokowej oceny nie można powiedzieć, aby jakość sygnału uzyskanego z takiego przetwornika była oszałamiająca, ale pamiętajmy, że jest to zaledwie model eksperymentalny, w dodatku tylko wirtualny. Przebiegi wejściowy wyjściowy zostały pokazane na **rysunku 8**. Uwzględniono na nich również analizę FFT.



Rysunek 7. Układ symulowanego modulatora delta



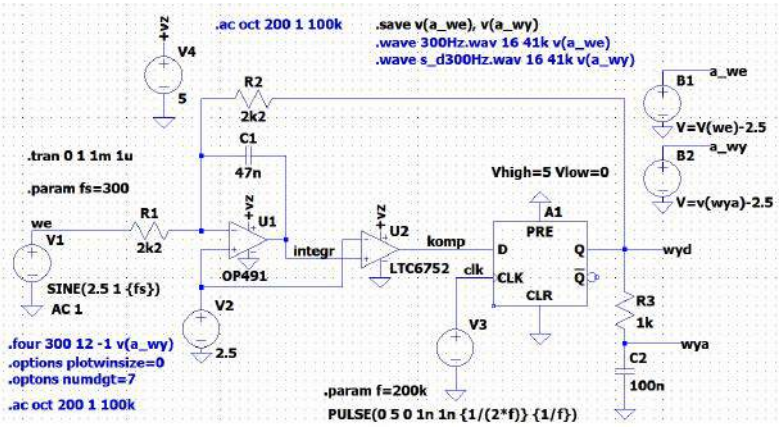
Rysunek 8. Przebieg wyjściowy i widmo sygnału na wyjściu modulatora delta



Rysunek 9. Schemat blokowy modulatora sigma-delta

Modulator sigma-delta

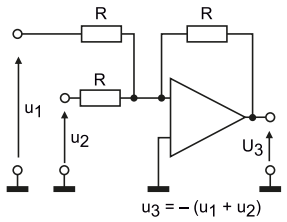
Jedną z najbardziej dokuczliwych wad modulatora delta są zniekształcenia przeciążeniowe. Powstają one w sytuacji, gdy szybkość zmian sygnału wejściowego jest większa niż szybkość narastania lub opadania przebiegu wyjściowego integratora. Układ nie nadąża wówczas śledzić przebiegu wejściowego, co finalnie objawia się ograniczeniem pasma. Koncepcja modulatora delta znana z lat 40. XX wieku została więc zmodyfikowana na początku lat 50. Zmiana polegała na dodaniu węzła sumacyjnego, do którego jest doprowadzany bezpośrednio sygnał wejściowy i przetworzony w 1-bitowym przetworniku DAC sygnał wyjściowy. Pamiętajmy, że sygnał ten był wcześniej całkowany, niesie więc informację o wartości średniej. Przebieg wyjściowy ma



Rysunek 10. Układ symulowanego modulatora sigma-delta

eprasa.pl a53a1e2c07

poza tym odwróconą fazę w stosunku do sygnału wejściowego, zatem węzeł sumacyjny *de facto* odejmuje doprowadzone do niego napięcia. Schemat blokowy modulatora sigma-delta został pokazany na **rysunku 9,** na **rysunku 10** natomiast została zamieszczona przykładowa realizacja modulatora sigma-delta, którą poddamy symulacji. Sumowanie sygnałów zapewniają rezystory R1 i R2, tak jak w klasycznym sumatorze z zastosowaniem wzmacniacza operacyjnego (**rysunek 11**). Sumowanie jest możliwe dzięki bardzo dużej (wielokrotnie większej od R1 i R2) oporności wejściowej wzmacniacza. Wszystkie „sztuczki" zastosowane do symulacji zostały powtórzone z poprzedniego eksperymentu. Po zdjęciu komentowania poleceń umieszczonych w lewym dolnym rogu możliwe jest zbadanie zniekształceń harmonicznych sygnału wyjściowego. Wyniki są odczytywane poleceniem View->SPICE Error Log. Zniekształcenia harmoniczne w symulacji wyniosły ok. 2%.



Rysunek 11. Sumator analogowy

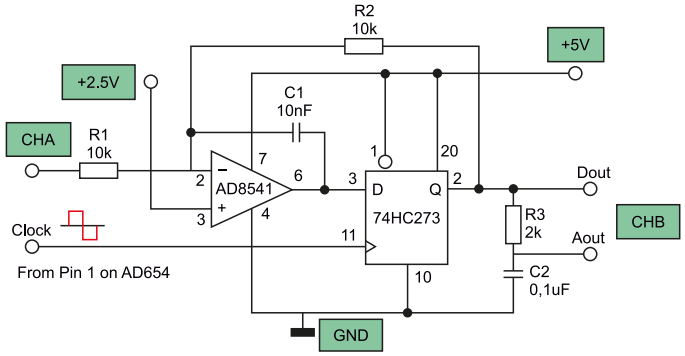
Można prościej

Robin Getz (Director of Systems Engineering w firmie Analog Devices) zaproponował w jednej ze swoich notek (*https://wiki.analog.com/university/courses/alm1k/alm-signals-labs/alm-delta-sigma-lab*) uproszczone rozwiązanie modulatora sigma-delta, w którym nie ma komparatora. Autor zastosował przerzutnik 74HC273 wykorzystując fakt, że poziom progowy dla tej serii układów jest równy połowie napięcia zasilającego. Tym samym przerzutnik 74HC273 pełni jednocześnie funkcję komparatora. Aby układ działał prawidłowo konieczne jest dołączenie wejścia nieodwracającego integratora (zbudowanego na wzmacniaczu operacyjnym AD8541) do napięcia 2,5 V odpowiadającego napięciu progowemu przerzutnika. Schemat układu pokazano na **rysunku 12**.

Rozdzielczość przetwornika jest proporcjonalna do współczynnika nadpróbkowania.

Patrząc na przebieg wyjściowy widoczny na rysunku 13 Czytelnik może też mieć sporą wątpliwość widząc szum o wydawać by się mogło zbyt dużym poziomie. Owszem, taki szum faktycznie występuje, ale jego widmo zostało znacznie przesunięte w górę powyżej częstotliwości użytkowych (np. akustycznych). To dlatego o modulatorach sigma-delta mówi się, że są to układy z kształtowaniem szumu – *nosie shaping*.

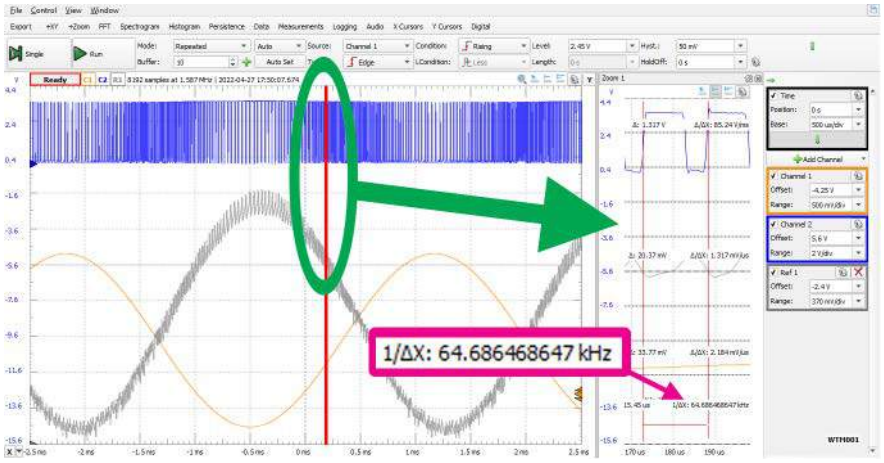
Jarosław Doliński, EP



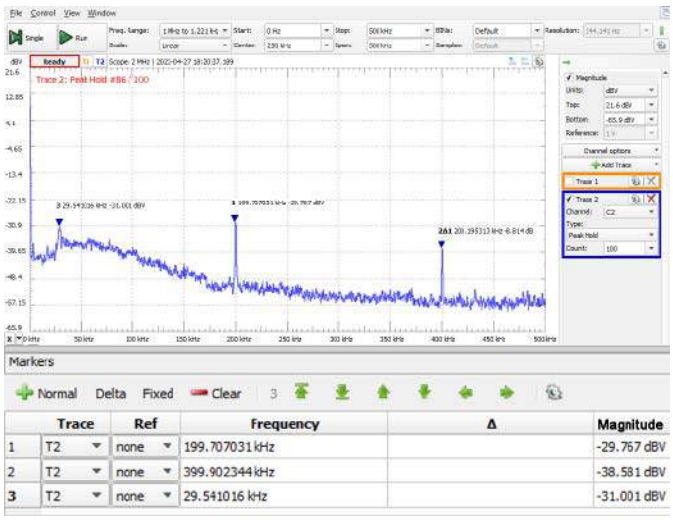
Rysunek 12. Układ zmodyfikowanego przetwornika sigma-delta (bez komparatora)

Weryfikacja praktyczna

Rozwiązanie z rysunku 10 zostało zweryfikowana praktycznie. Warunki pomiarowe nie uległy zmianie, przyjęto częstotliwość sygnału 300 Hz, częstotliwość próbkowania 200 kHz. Do pomiaru został użyty zestaw Analog Discovery 2, a w nim zasilacz +5 V, 2 kanały generatora arbitralnego, oscyloskop z włączoną funkcją FFT. Kształt przebiegu analogowego i cyfrowego uzyskanego w badanym przetworniku sigma-delta jest widoczny na **rysunku 13**. Tak jak w symulacji, w układzie rzeczywistym obserwujemy również odwrócenie fazy. Niestety parametry przyrządu są niewystarczające do obserwacji widma w szerokim zakresie częstotliwości z żądaną rozdzielczością. Dostępne w Analog Discovery 2 narzędzie – Spectrum w jednym ze swoich zakresów umożliwia pomiar widma do 100 MHz z rozdzielczością 1,221 kHz. W widmie nie zobaczymy zatem dokładnego prążka sygnału wejściowego, który niewątpliwie powinien się tu pojawić. Tak zmierzone widmo daje jednak jakieś pojęcie o zachowaniu się modulatora sigma-delta. Wyniki pomiaru zostały pokazane na **rysunku 14**. Wyraźnie widoczny jest prążek 200 kHz i jego harmoniczna 400 kHz, który odpowiada częstotliwości próbkowania. Widzimy również zwiększony poziom szumu w okolicach od ok. 25 kHz do ok. 180 kHz, z wyraźnym prążkiem 30 kHz.



Rysunek 13. Przebiegi uzyskane w fizycznym układzie modulatora sigma-delta

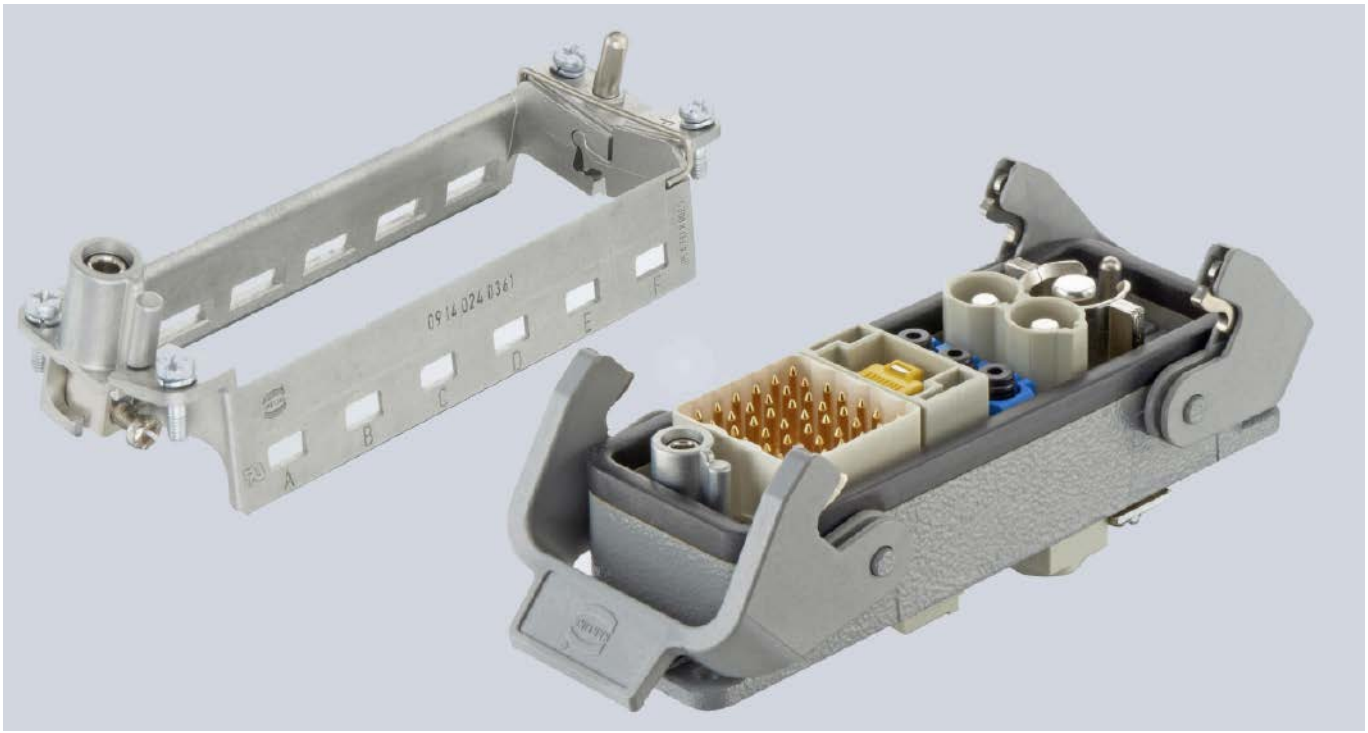


Rysunek 14. Widmo sygnału modulatora sigma-delta

Wnioski

Na pewno część Czytelników zauważyła, że w układzie został zastosowany zegar o częstotliwości wielokrotnie przewyższającej częstotliwość sygnału próbkowanego. Dla częstotliwości sygnału 200 Hz częstotliwość Nyquista jest równa zaledwie 400 Hz, tymczasem w układzie został zastosowany zegar 200 kHz. Czy to się opłaca? Wielokrotne nadpróbkowanie (oversampling) to cecha charakterystyczna przetworników sigma-delta. Zabieg ten jest konieczny do uzyskania przebiegu cyfrowego o odpowiednio dużej rozdzielczości.

eprasa.pl a53a1e2c07



Złącza do zadań specjalnych (1)

Oferta złączy jest bardzo zróżnicowanym i dynamicznie rozwijającym się obszarem rynku komponentów elektronicznych. Przyzwyczajeni do pewnego zakresu znanych i najczęściej wykorzystywanych typów złączy nierzadko zapominamy, że na wyciągnięcie ręki są dostępne także niezwykle ciekawe, choć mniej popularne rozwiązania, niwelujące szereg rozmaitych problemów technicznych. W artykule zaprezentujemy wybrane produkty z grupy elastycznie konfigurowalnych złączy modułowych oraz mikrozłączy przeznaczonych do systemów o najwyższych wymogach miniaturyzacji.

Nie jest tajemnicą, że najbardziej zaawansowane systemy elektroniczne zazwyczaj korzystają z nietypowych podzespołów, nierzadko opracowanych z myślą o konkretnej serii produktów lub przynajmniej bardzo wąskiej ich grupie. W niniejszym artykule zaprezentujemy wybór szczególnie interesujących rozwiązań w zakresie złączy oraz – co ważne – skupimy się wyłącznie na produktach katalogowych. Naszym celem jest pokazanie, że choć wielu producentów oferuje usługi projektowania i wytwarzania nietypowych złączy wg potrzeb klienta, to nawet w szczególnie wymagających przypadkach można często obejść się bez tak kosztownej inwestycji, wykorzystując ofertę komponentów dostępnych w regularnej sprzedaży.

Złącza hybrydowe

Mianem złączy hybrydowych nazywamy wszystkie rozwiązania łączące w sobie elementy przeznaczone do przesyłu różnego rodzaju sygnałów elektrycznych i optycznych o zróżnicowanych parametrach

Artykuł jest rozszerzeniem tematu dotyczącego złączy, którego pierwsza część została zaprezentowana w EP5/2022 – https://bit.ly/3PSy3by

(a także mediów, np. sprężonego powietrza), a które według standardowego podejścia do projektowania systemów wymagałyby zastosowania dwóch lub więcej konwencjonalnych złączy. Aby lepiej zrozumieć ideę przyświecającą projektantom systemów złączy hybrydowych spróbujmy zatem wypisać kilka najważniejszych typów zastosowań, z którymi mamy do czynienia w codziennej praktyce.

- **Zasilanie** – w większości przypadków linie zasilania wymagają przesyłu prądu o natężeniu wielokrotnie większym, niż pozostałe połączenia sygnałowe i sterujące, a często wyższe są także ratingi napięciowe. W przypadku wielotorowych złączy montowanych na PCB (np. FCC ZIF) często wykorzystywaną techniką pozwalającą na zwiększenie amperażu jest wykorzystanie zwielokrotnionych pinów zasilania i masy, jednak już w przypadku złączy okrągłych lub prostokątnych takie rozwiązanie okazuje się znacznie mniej użyteczne – trudno byłoby bowiem w „elegancki" i niezawodny sposób podłączyć gruby przewód do grupy kilku cienkich pinów. Zdecydowanie lepszym rozwiązaniem jest użycie pojedynczych styków o większym przekroju oraz odpowiedniego dla nich okablowania. Znacznie łatwiej jest też uzyskać odpowiedni rating napięciowy w przypadku kilku pinów zasilających w solidnej izolacji, niż znacznie gęściej ułożonych linii sygnałowych.
- **Uziemienie/masa** – dodatkowe wymagania stawiane są liniom masy (lub uziemienia) – w wielu przypadkach wysoce pożądane jest, aby podczas wkładania wtyku do gniazda połączenie to zostało wykonane na krótko przed uzyskaniem kontaktu pomiędzy

eprasa.pl a53a1e2c07

pozostałymi pinami, a przy rozłączaniu obu elementów – zostało rozpięte jako ostatnie. Najprostszym, a jednocześnie skutecznym i niezawodnym sposobem na spełnienie tego wymogu jest wydłużenie styku uziemienia i wysunięcie go przed płaszczyznę czołową pozostałych pinów – takie rozwiązanie jest stosowane w wielu złączach przemysłowych, a także np. we wtykach USB – choć w tym ostatnim przypadku wydłużone są zarówno piny masy, jak i zasilania (VBUS), co umożliwia prawidłowe zainicjalizowanie oraz zakończenie transmisji danych.

- **Linie sygnałowe** – do przesyłu wielu sygnałów cyfrowych i/lub analogowych jednocześnie wystarczą w zupełności cienkie i delikatne, ale – często – liczne styki. Niczym zaskakującym nie są zatem w przypadku złączy hybrydowych bloki posiadające kilkadziesiąt drobnych pinów ułożonych w dwuwymiarowej macierzy.
- **Linie high-speed/RF** – do przesyłu szybkich sygnałów cyfrowych oraz radiowych (RF) konieczne jest wykorzystanie linii o ściśle kontrolowanej impedancji. W tym celu najczęściej używane są złącza koncentryczne, choć w przypadku par różnicowych lepszym rozwiązaniem może być zastosowanie specjalnego, dwustykowego złącza typu twinax (więcej informacji na ten temat dostępnych jest w artykule *Złącza i kable*, EP 5/2022), także posiadającego dobrze określoną impedancję falową.
- **Sygnały optyczne** – oprócz transmisji sygnałów w postaci elektrycznej, szerokie zastosowania w elektronice znalazły też systemy optyczne. Przesył informacji za pośrednictwem światłowodu umożliwia uzyskanie bardzo wysokiej przepustowości oraz całkowitej odporności na zakłócenia elektromagnetyczne – nieosiągalnej w zwykłych przewodach nawet przy zastosowaniu wielopoziomowego ekranowania. Najprostszym przykładem aplikacji znanym z życia codziennego są oczywiście optyczne łącza audio (TOSLINK), jednak tory światłowodowe są chętnie stosowane także wszędzie tam, gdzie poprowadzenie przewodu elektrycznego z jakichś względów byłoby bardzo kosztowne, trudne, lub wręcz niemożliwe – chociażby w przypadku systemów naukowo-badawczych, korzystających z silnych pól (elektro)magnetycznych.
- **Media płynne i gazowe** – wiele urządzeń przemysłowych, naukowych czy też medycznych wymaga przesyłu – oprócz sygnałów elektrycznych – także mediów płynnych (cieczy), sprężonych gazów lub próżni. Niektóre aplikacje wymagają całkowitego rozdzielenia obu torów (elektrycznego i np. pneumatycznego), choćby ze względu na wymogi sterylizacji (w przypadku urządzeń medycznych czy też systemów przeznaczonych do produkcji farmaceutyków). Nierzadko jednak zdarza się, że dane medium (np. sprężone powietrze) nie wymaga aż tak zaawansowanych procedur i może z powodzeniem być przesyłane przez wspólne z „elektryką" złącze – pojawia się jednak problem, jak to zrobić?

Z pomocą w wymienionych zastosowaniach przychodzą złącza hybrydowe, umożliwiające użycie pojedynczej pary gniazdo-wtyk, która obsłuży wszystkie wymagane przez projekt typy sygnałów i/lub mediów. Komponenty należące do tej kategorii możemy jednak podzielić dalej na trzy podgrupy.

Gotowe rozwiązania

Jeżeli liczba wymaganych torów (pinów) oraz ich rodzaj na to pozwalają, dobrym wyjściem może okazać się zastosowanie gotowego złącza hybrydowego. Katalogi producentów zawierają setki tego typu rozwiązań, obejmujących różne konfiguracje pewnych powtarzalnych sekcji – poniżej prezentujemy kilka reprezentatywnych przykładów.

- **Złącza mieszane typu D-Sub** – przeglądając oferty producentów złączy można odnieść słuszne wrażenie, że standard D-Sub jest szczególnie chętnie wykorzystywany nie tylko do konstrukcji typowych, popularnych komponentów przeznaczonych do systemów przemysłowych, informatycznych, wojskowych czy medycznych (dość wspomnieć tu chociażby o najbardziej klasycznych wtykach i gniazdach określanych mianem DB9, stosowanych



Fotografia 1. Złącze hybrydowe sygnałowo-koncentryczne w obudowie typu D-SUB (typ XHY-05-2220) marki Signal Origin (https://t.ly/eX9-)



Fotografia 2. Złącze hybrydowe sygnałowo-zasilające w obudowie typu D-SUB (typ XHY-05-2401) marki Signal Origin (https://t.ly/ThNl)

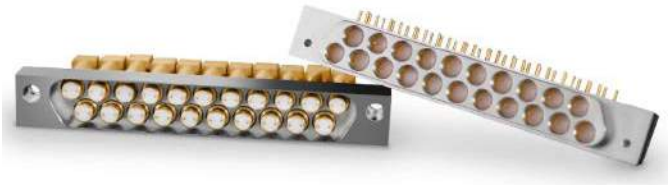
m.in. do obsługi łączy RS-232C), ale także jako „baza wypadowa" do konstruowania wymyślnych wariacji hybrydowych. Niektóre firmy wdrażają rozbudowane systemy złączy mieszanych o wymiarach i kształcie obudowy zaczerpniętych z konwencjonalnych elementów D-Sub, ale wyposażonych we wkładki izolacyjne z umieszczonymi w nich sekcjami prostych pinów „analogowo-cyfrowych", złączami koncentrycznymi, a nawet stykami wysokoprądowymi. Bardzo ciekawa jest tutaj oferta chińskiej firmy Signal Origin, obejmująca interesujące kombinacje zawierające np. 10 styków standardowych i trzy sekcje koncentryczne (50 Ω/3 GHz) – **fotografia 1** – czy też 7 pinów typowych oraz sześć dziesięcio-, a nawet czterdziestoamperowych styków zasilania (**fotografia 2**).

- Złącza multi-coax umożliwiają zmniejszenie konstrukcji i uproszczenie obsługi systemów korzystających z dużej liczby standardowych (pojedynczych) złączy koncentrycznych. Dobrym przykładem mogą być tutaj rozmaite systemy przeznaczone do celów naukowych (szybka akwizycja danych w wielu kanałach) lub telekomunikacyjnych – nietrudno domyślić się, jak uciążliwy i narażony na błędy operatora byłby przegląd lub serwis systemu, w którym wykorzystywanych byłoby kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt konwencjonalnych złączy koncentrycznych (np. BNC lub SMA). Zastosowanie złączy zawierających wiele sekcji we wspólnej obudowie i pod-/odłączanych w ramach pojedynczej operacji stanowi niebywałe ułatwienie dla konstruktorów, serwisantów oraz użytkowników takich systemów. Doskonałym



Fotografia 3. Wielosekcyjne, miniaturowe złącza koncentryczne w korpusach typu D-SUB marki Smiths Interconnect (https://t.ly/abV2)

eprasa.pl a53a1e2c07



Fotografia 4. Złącza wielosekcyjne typu twinax marki Smiths Interconnect (https://t.ly/QydR)



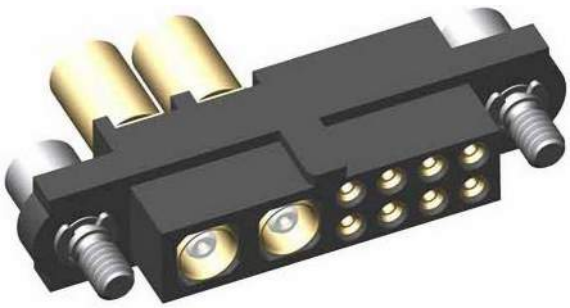
Fotografia 5. Podwójne złącza typu quadrax marki Smiths Interconnect, przeznaczone do sieci typu Fibre Channel (https://t.ly/OFfG)

przykładem komponentów z omawianej grupy mogą być – umieszczone znów w obudowie typu D-SUB – złącza z rodzin MDCX i MDHC marki Smiths Interconnect (**fotografia 3**) – w zależności od wybranej wersji, elementy te mogą pracować z sygnałami o paśmie do 10, 30, a nawet 40 GHz (!) i napięciem do 125 Vrms (przy częstotliwości 5 MHz). Impedancja charakterystyczna pojedynczej sekcji to standardowe 50 Ω. Złącza występują w wersjach o 2, 4, 6, 8, lub 10 niezależnych torach sygnałowych, a „raster" (tj. rozstaw mierzony pomiędzy środkami sąsiadujących sekcji) wynosi 176 mils. Ten sam producent opracował zresztą także analogiczne, 100- i 150-omowe złącza z sekcjami typu twinax (**fotografia 4**).

- Złącza Fibre Channel przeznaczone są do użycia w superszybkich sieciach komputerowych, stosowanych głównie w komercyjnych centrach danych i serwerowniach wymagających szczególnie dużej przepustowości. Pokazane na **fotografii 5** złącza marki Smiths Interconnect zawierają po dwie, cztery, sześć lub osiem sekcji typu quadrax i mogą przesyłać dane z prędkością aż 6,25 Gbps; wytrzymują nawet 1000 cykli łączeniowych, a ich impedancja charakterystyczna do 150 Ω.

Złącza częściowo konfigurowalne

Kolejną grupę komponentów katalogowych stanowią złącza plasujące się pomiędzy w pełni elastycznymi rozwiązaniami konfigurowalnymi, a omówionymi wcześniej złączami gotowymi. Interesującą ofertę w tym obszarze rynku zaprezentowała firma Harwin, wprowadzając serię złączy M80 o zunifikowanych korpusach izolacyjnych oraz… wymiennych wkładach stykowych. Przykładowo, złącze M80-4C10842F2-02-307-00-000 zawiera dwa tory koncentryczne oraz 8 standardowych styków sygnałowych w gęstszym rastrze (**fotografia 6**),



Fotografia 6. Widok złącza hybrydowego M80-4C10842F2-02 -307-00-000 marki Harwin (https://t.ly/Tk_9)



Fotografia 7. Złącze hybrydowe M80-4C10842F2-02-326-00-000 marki Harwin (https://t.ly/gqmw)



Fotografia 8. Wkład koncentryczny złącza hybrydowego z serii M80 marki Harwin (https://t.ly/_JaV)

podczas gdy – korzystając z tego samego korpusu – model M80-4C10842F2-02-326-00-000 „zamienia" sekcje RF na styki dużej mocy, obsługujące przewody jednożyłowe o przekroju do 14AWG (2 mm²) – **fotografia 7**. Rzecz jasna, uzyskanie takiego efektu wymagało od inżynierów firmy Harwin rozwiązania problemu odpowiedniego mocowania poszczególnych komponentów stykowych w korpusie – do tego celu służą specjalne zatrzaski, widoczne na **fotografii 8**.

Innym przykładem złączy należących do omawianej kategorii są komponenty z serii SGH włoskiej marki Valentini (**fotografia 9**). Te solidne, okrągłe złącza z mocowaniem bagnetowym zawierają nie tylko zestaw par typu twinax (do obsługi połączeń ethernetowych), ale także dodatkowy, środkowy wkład, zawierający 3/5 pinów zasilających bądź dwanaście styków sygnałowych dla transmisji DMX/AES (choć istnieje możliwość zaślepienia otworu wkładką pozbawioną styków). Seria jest przeznaczona głównie do zastosowań scenicznych.

W pełni konfigurowalne złącza modułowe

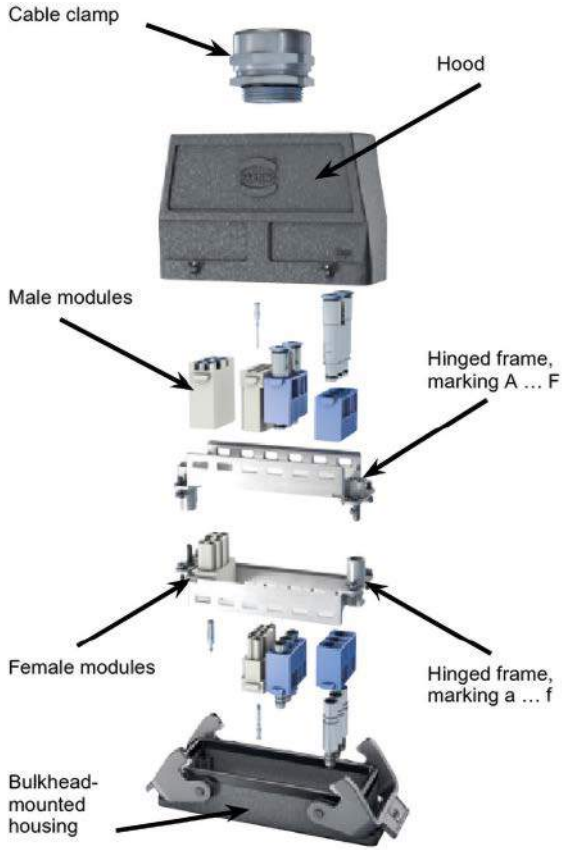
Zdecydowanie najbardziej elastyczną i różnorodną grupą produktów są złącza hybrydowe o w pełni konfigurowalnej konstrukcji. Co prawda także w tym przypadku mamy do czynienia z pewnym systemem gotowych, znormalizowanych korpusów oraz wszelkich przeznaczonych do nich akcesoriów (uszczelek, dławnic, elementów mechanicznych, itd.), jednak najważniejsza część złącza – wkład izolacyjny ze stykami oraz ewentualnymi złączkami pneumatycznymi bądź hydraulicznymi – jest składana przez użytkownika niczym z „klocków". Taka konstrukcja zapewnia znaczącą dozę dowolności w wyborze liczby i rodzaju połączeń, dzięki czemu pojedyncza para wtyk-gniazdo może jednocześnie obsługiwać wszystkie wymienione na początku artykułu rodzaje sygnałów oraz mediów.

Sztandarowym przykładem konfigurowalnych złączy modułowych jest seria Han-Modular firmy Harting. Typowa para złączy składa się z wtyku z dławnicą hermetyczną, umieszczonego w metalowej obudowie z wyjmowaną ramką do mocowania modułów stykowych oraz gniazda z obudową przykręcaną na panel (także w wersji z dławnicami bądź z podłączeniem od strony wnętrza obudowy) i korzystającą



Fotografia 9. Złącze z serii SGH marki Valentini (https://t.ly/ZTyJ)

eprasa.pl a53a1e2c07



Rysunek 1. Budowa pary złączy z systemu Han-Modular (https://t.ly/gTLY)

z analogicznego systemu mocowania (**rysunek 1**). Dostępne obecnie portfolio modułów połączeniowych jest doprawdy imponujące i obejmuje zarówno potężne styki o ratingu 200 A/1000 V, mocowania dla kabli typu patchcord oraz FireWire, złącza USB, okrągłe złącza typu Quintax oraz koncentryczne o częstotliwości do 500 MHz i impedancji 50 lub 75 Ω, jak również konwencjonalne wkładki D-Sub, moduły wysokonapięciowe o izolacji do 5000 V i – oczywiście – wielostykowe



Fotografia 10. Przykładowa konfiguracja złącza Han-Modular z trzema sekcjami sygnałowymi w gęstym rastrze, jedną sekcją z pinami o większym przekroju oraz łączami Ethernet i USB (https://t.ly/IvOd)



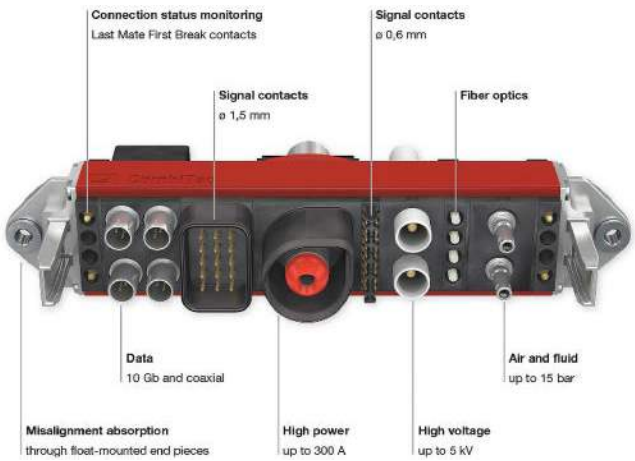
Fotografia 11. Kolejny przykład konfiguracji Han-Modular: kilka sekcji zasilających, jedna sygnałowa rastrowa, D-SUB 9 oraz jedna pneumatyczna dwutorowa (korpus w kolorze niebieskim, po prawej stronie) – https://t.ly/lNS6



Fotografia 12. Para złączy modułowych w obudowach tworzywowych – Han-Eco® Modular marki Harting (https://t.ly/vzU9)

moduły sygnałowe o nawet 42 pinach. Co ciekawe, nie zabrakło także „inteligentnych" modułów ID CAN, zapewniających wbudowaną pamięć o pojemności aż 10 MB i przepustowości szyny CAN na poziomie 1 Mbit/s. Dostępne są ponadto wielotorowe złącza pneumatyczne o wytrzymałości do 10 bar. Dwa przykłady złączy Han-Modular o diametralnie różnych konfiguracjach zostały pokazane na **fotografiach 10** i **11**. Warto dodać, że firma Harting opracowała także serię Han-Eco Modular, kompatybilną wymiarowo edycję flagowej serii Modular, ale – dla odmiany – korzystającą z tworzywowych obudów złączy (**fotografia 12**).

Podobne rozwiązania wdrażają także inni producenci. Firma Staubli opracowała dwie własne serie złączy modułowych: CombiTac uniq™ oraz CombiTac direqt™. Pierwsza z nich – najbardziej zaawansowana technologicznie – obsługuje jednocześnie połączenia zasilania, przekaz sygnałów cyfrowych/analogowych, transmisję danych oraz sygnałów radiowych (RF) z wykorzystaniem sekcji koncentrycznych, a także – co ciekawe i dość unikalne – połączenia światłowodowe. Co więcej, niektóre moduły pozwalają na podłączenie termopar (poprzez specjalne pary styków kompensacyjnych), inne zaś obsługują transport sprężonych gazów oraz… cieczy (i to aż do 15 bar). Nie zabrakło nawet 5-kilowoltowych styków wysokonapięciowych, 300-amperowych (!) łączy wysokoprądowych oraz modułów typu twinax, przeznaczonych do transmisji danych z prędkością nawet 10 Gb. Specjalne piny umieszczone po bokach obudowy umożliwiają monitorowanie statusu połączenia gniazda z wtykiem i – w przeciwieństwie do opisanych wcześniej styków uziemiających – łączą się ze sobą jako ostatnie, zaś rozłączają – jako pierwsze. Rozwiązanie takie umożliwia konstruktorom uzyskanie całkowitej kontroli nad procesem łączenia dwóch części urządzenia, co może znacząco zwiększyć



Fotografia 13. Złącze z serii CombiTac uniq™ marki Staubil wraz z opisem przykładowych modułów (https://t.ly/Wj9G)

eprasa.pl a53a1e2c07

niezawodność całego systemu. Przykładowe złącze wraz z opisem poszczególnych sekcji pokazano na **fotografii 13**.

Złącza subminiaturowe

Precyzyjne, niewielkie złącza o gęstym rastrze nie są dziś niczym zaskakującym – urządzenia przenośne i ubieralne, komputery (w tym zwłaszcza SBC) czy też kamery i aparaty cyfrowe intensywnie korzystają z małych złączy sygnałowych, służących do wykonywania połączeń typu płytka-płytka oraz okablowania wewnętrznego z PCB. Warto jednak pamiętać, że w niektórych aplikacjach konieczne okazuje się użycie zminiaturyzowanych wersji tych gniazd i wtyków, które w normalnych warunkach wykorzystywane są raczej do połączeń zewnętrznych.

Mikrozłącza koncentryczne

W codziennej praktyce przywykliśmy do niezwykle popularnych, miniaturowych złączy koncentrycznych typu u.FL. Trudno byłoby na przykład znaleźć nowoczesne, niewielkie moduły radiowe – ISM, Bluetooth, Wi-Fi czy GPS – które współpracowałyby z zewnętrzną anteną poprzez złącze inne, niż właśnie u.FL. W nielicznych aplikacjach może jednak okazać się, że te kompaktowe elementy o wymiarach podstawy 3,0×3,1 mm i wysokości (po podłączeniu przewodu) na poziomie 2,5 mm są niewystarczające – czy to ze względów mechanicznych (odporność na drgania), czy też częstotliwościowych (górne ograniczenie pasma przenoszenia) bądź środowiskowych (szczelność). Z pomocą przychodzą producenci wyspecjalizowani w produkcji subminiaturowych złączy RF. Firma Southwest Microwave wprowadziła na rynek serię złączy 0,9 mm SuperMini o paśmie aż 67 GHz, dostępnych w wersjach do montażu na panelu obudowy (z dwoma lub czterema otworami mocującymi – **fotografia 14**) oraz lutowania bezpośrednio PCB (pionowo oraz krawędziowo). Średnica gwintu to M2,5, a całkowite wymiary podstawy w przypadku wersji „płytkowej" pokazanej na **fotografii 15** wynoszą 5,08×5,08 mm. Warto dodać, że wersje panelowe można zakupić wraz z dedykowaną uszczelką.



Fotografia 14. Miniaturowe złącze koncentryczne do montażu panelowego z serii 0.9 mm SuperMini marki Southwest Microwave (https://t.ly/1MqO)



Fotografia 15. Miniaturowe złącze koncentryczne z serii 0.9 mm SuperMini marki Southwest Microwave (https://t.ly/1NFp)

Małe jest piękne, czyli złącza Micro-D i Nano-D

Opisując złącza hybrydowe zwróciliśmy uwagę na popularność standardu D-Sub we współczesnej elektronice, wskazaliśmy też reprezentatywne przykłady rozmaitych złączy o tym kształcie agregujących jednocześnie liczne piny sygnałowe, sekcje koncentryczne oraz styki wysokoprądowe w ramach pojedynczego korpusu izolacyjnego. Ciekawą odmianą złączy D-Sub o typowych rozmiarach są ich zminiaturyzowane odmiany, określane jako Micro-D i Nano-D.

Złącza Micro-D charakteryzują się rozstawem styków zmniejszonym do 50 mils/1,27 mm (w porównaniu do 100 mils/2,54 mm w przypadku standardowych złączy D-Sub – **fotografia 16**). Z uwagi na głównie militarny i kosmiczny zakres zastosowań, komponenty te są zwykle wykonywane zgodnie z wyśrubowanymi standardami branżowymi, co w dużej mierze tłumaczy ich nierzadko ponad 100-krotnie (!) wyższe ceny w porównaniu do typowych, pełnowymiarowych złączy



Fotografia 16. Porównanie rozmiarów standardowego złącza D-Sub z odpowiadającym mu złączem w wersji Micro-D (https://t.ly/lQvm)

D-Sub. Często można spotkać wersje gniazd/wtyków z fabrycznie zarobionymi przewodami (**fotografia 17**). Niektórzy producenci wykonują złącza Micro-D w wersji hybrydowej, np. z dodatkowymi sekcjami koncentrycznymi lub grubymi pinami zasilania (**fotografia 18**).

Niebywale ciekawe są także wykonania typu Nano-D (**fotografia 19**) – jak łatwo się domyślić, w tym przypadku mamy znów do czynienia z rastrem



Fotografia 17. Złącze Micro-D marki Glenair z fabrycznie przygotowaną wiązką przewodów (https://t.ly/L3Exs)

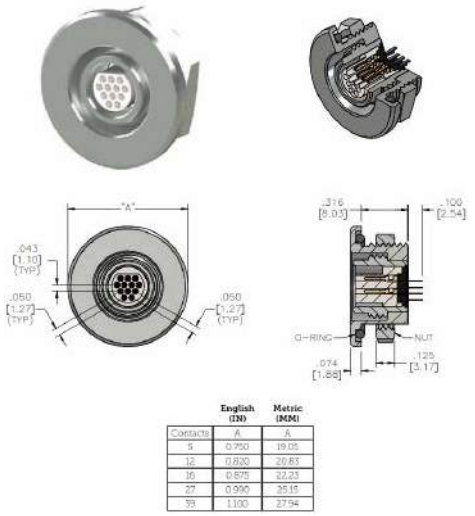


Fotografia 18. Złącza hybrydowe typu Micro-D marki Ulti-Mate Connector (https://t.ly/vv_S)



Fotografia 19. Przykładowe złącze typu Nano-D marki Omnetics (https://t.ly/qnP5)

eprasa.pl a53a1e2c07



Rysunek 2. Wymiary złączy panelowych z serii Micro 360® marki Omnetics (https://t.ly/_7yu)

dwukrotnie mniejszym, niż poprzednio (25 mils/0,635 mm). Tak zminiaturyzowane złącza świetnie sprawdzają się w najbardziej zaawansowanych aplikacjach, m.in. w budowie nanosatelitów typu cubesat – istotne ograniczenia dostępnego miejsca, wymogi niezawodności oraz konieczność daleko idącej redukcji masy startowej satelitów kierują zainteresowanie inżynierów z branży space właśnie w stronę tego typu złączy. Co więcej, dzięki bardzo małej masie (nawet w porównaniu do gniazd i wtyków Micro-D) to właśnie nanozłącza najlepiej radzą sobie z silnymi wibracjami, na które narażona jest elektronika kosmiczna w czasie wynoszenia na orbitę.

Mikro- i nanozłącza okrągłe

Kolejna część naszej prezentacji wybranych pozycji z rynku złączy specjalnego przeznaczenia obejmuje mikro- i nanozłącza okrągłe. Choć od strony konstrukcyjnej nie różnią się one zasadniczo od konwencjonalnych, przemysłowych złączy okrągłych, to ich wymiary pozostawiają w tyle wszystkie spotykane na co dzień konstrukcje. W tym przypadku trudno rzecz jasna mówić o ściśle określonej klasyfikacji – kwalifikacja do grupy mikro lub nano leży raczej w gestii działów marketingu poszczególnych producentów, choć w przypadku marki Omnetics rastry zgadzają się z podanymi wcześniej wartościami dla złączy Micro-D i Nano-D.

Szczelne złącza skręcane Micro 360 marki Omnetics występują w wersjach o liczbie pinów równej 5, 7, 12, 16, 27 oraz 39, a klasa szczelności dochodzi nawet do IP67. Komponenty mogą pracować w szerokim zakresie temperatur otoczenia (od –55°C do 125°C) i oferują amperaż do 3 A. Dzięki gęstemu ułożeniu macierzy styków największe złącze (39 pin) ma zewnętrzną średnicę (w przypadku modelu z kołnierzem do mocowania na panelu) poniżej 28 mm (**rysunek 2**). Złącza Nano 360 tego samego producenta, dzięki jeszcze większemu zagęszczeniu pinów, osiągają naprawdę imponująco małe rozmiary – dla porównania, 39-torowe złącze okrągłe ma kołnierz o średnicy zewnętrznej zaledwie 18,67 mm, czyli o prawie 10 mm mniejszej w porównaniu do wersji Micro 360. Mikro- i nanozłącza okrągłe są przeznaczone nie tylko dla branż wojskowej i kosmicznej, ale także – między innymi – medycznej, gdzie niezawodność i doskonałe parametry elektryczne (niska rezystancja styków, szczelność, wytrzymałość mechaniczna blokady, itd.) również grają kluczową rolę w kwestii bezpieczeństwa pacjenta oraz operatora (**fotografia 20**).



Fotografia 20. Niektóre mikro- i nanozłącza doskonale nadają się także dla niezwykle wymagającej branży medycznej (https://t.ly/pg4v)

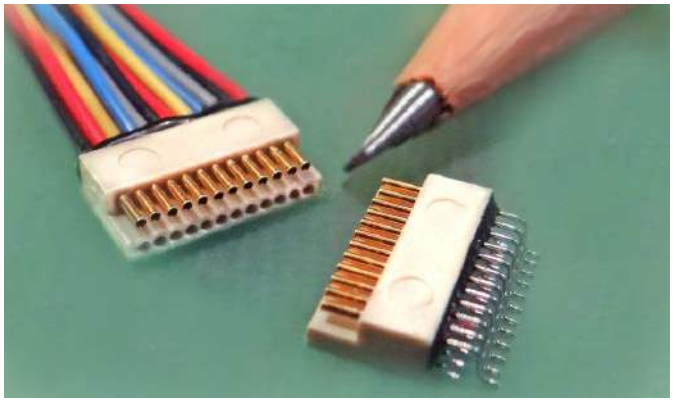


Fotografia 21. Złącza z serii Nanonics marki TE Connectivity (https://t.ly/QWds)

Inni producenci nie pozostają w tyle za omówioną konkurencją na rynku miniaturowych złączy specjalnego przeznaczenia. Warto wspomnieć o ofercie marki TE Connectivity, która wprowadziła do sprzedaży serię złączy Nanonics (**fotografia 21**). Co prawda w ofercie znalazły się zaledwie trzy „rozmiary" złączy (7, 19 oraz 44 piny), jednak na uwagę zasługują parametry techniczne komponentów – szczelność na poziomie IP68, zakres temperatur pracy od –55°C do aż +200°C czy też odporność na losowe wibracje do ponad 46 g (w paśmie 50...2000 Hz), w połączeniu ze sporym jak na tak kompaktowe złącza amperażem (1 A) oraz solidną izolacją (500 VAC) sprawiają, że złącza Nanonics pozostają jednymi z najbardziej zaawansowanych systemów połączeniowych „małej skali" na rynku.

Subminiaturowe złącza rastrowe

Omawiając miniaturowe złącza należące mniej popularnych serii produktów warto wspomnieć także o kompaktowych złączach rastrowych. I tutaj znów musimy powrócić do oferty firmy Omnetics, która opracowała serię PZN – niezwykle małych, spolaryzowanych złączy o rozstawie styków równym 25 mils/0,635 mm i przeznaczonych do wykonywania połączeń typu przewód-płytka. Polaryzacja została zrealizowana w sposób hermafrodytyczny, tj. poprzez zastosowanie dwóch rzędów styków męskich oraz żeńskich w każdym komponencie (zarówno wtyku, jak i gnieździe – **fotografia 22**). Seria obejmuje wtyki z wykonanym fabrycznie okablowaniem oraz gniazda proste (SMT i THT) i kątowe (tylko SMT).



Fotografia 22. Hermafrodytyczne mikrozłącza rastrowe z serii PZN marki Omnetics (https://t.ly/iOwK)

Podsumowanie

W artykule zaprezentowaliśmy ekspresowy przekrój rynku złączy hybrydowych różnego typu oraz mikro- i nanozłączy, przeznaczonych do najbardziej wymagających (zarówno pod względem wymiarów, jak i niezawodności) systemów elektronicznych. Druga część naszej prezentacji będzie natomiast poświęcona interesującym komponentom przeznaczonym do ściśle określonych zastosowań – opiszemy m.in. wybrane złącza opracowane dla medycyny, aplikacji wysokonapięciowych czy też... podwodnych.

inż. Przemysław Musz, EP

eprasa.pl a53a1e2c07

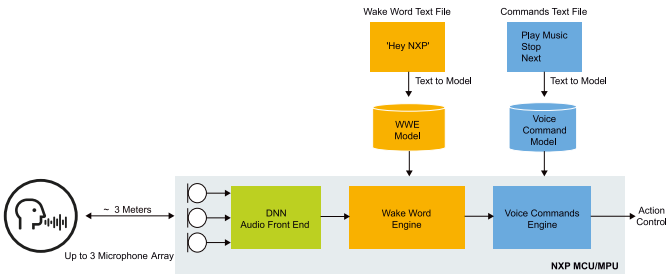
koktajl niusów

Zapowiedź rozrywkowego głośnika PartyBox Encore firmy JBL



Dostępna na rynku seria urządzeń PartyBox firmy JBL wkrótce obejmie rozrywkowy głośnik PartyBox Encore. Urządzenie ma oferować moc wyjściową 100 W i świetlne efekty odsłuchowe, dodatkowo ma zawierać bezprzewodowy mikrofon, łatwy system sterowania, a dzięki gumowemu uchwytowi głośnik będzie łatwy do przenoszenia na imprezy i spotkania. Urządzenie będzie odporne na zachlapania a zastosowana bateria ma zapewnić pracę głośnika przez 10 godzin. PartyBox Encore umożliwi generowanie pokazów świetlnych np. zsynchronizowanych z muzyką. Na potrzeby tych pokazów została przygotowana mobilna aplikacja JBL PartyBox. Głośnik będzie wyposażony w wejście Aux-In i port USB oraz interfejs Bluetooth 5.1 – dołączanie się do głośnika ma się odbywać przez ten interfejs. Premiera głośnika odbędzie się latem br.

https://bit.ly/3NfZgmP



Łatwość sterowania głosem z biblioteką Voice Intelligent Technology od NXP Semiconductors

Do najnowszych rozwiązań firmy NXP Semiconductors dołączyła biblioteka Voice Intelligent Technology (VIT) – kompleksowe narzędzie do sterowania za pomocą ludzkiej mowy. Bazuje na głębokim uczeniu maszynowym i wspiera obsługę do trzech mikrofonów jednocześnie. Zawiera tzw. silnik wzbudzania oraz silnik komend głosowych. Definicja słów aktywacji i komend działa tak, że wystarczy wprowadzić tekst, nie trzeba się nagrywać. Jak wyjaśnia dyrektor generalny linii produktowej IoT Edge Processing w firmie NXP Semiconductors, Joe Yu: „Głos stanowi podstawę wielu technologii, m.in. w inteligentnych domach, fabrykach i miastach. Ograniczając złożoność tworzenia aplikacji głosowych, ułatwiliśmy oraz przyspieszyliśmy wprowadzanie nowych rozwiązań do sterowania głosowego". Biblioteka VIT jest dostępna w środowisku MCUXpresso SDK. Znacząco usprawnia proces projektowania – jest to gotowe w użyciu rozwiązanie (ze wszystkim czego potrzeba).

https://bit.ly/3N9rEXS

Sprawdź się w teście z elektroniki przygotowanym przez Notebook Master

Przekonaj się co wiesz na temat elektroniki w aspekcie komputerów. Na opracowany przez Notebook Master test składa się 10 krótkich



pytań z obrazkami. Pytania te zawierają po 3 odpowiedzi. Odpowiedzi są jednokrotnego wyboru. Czas na rozwiązanie testu jest nieograniczony. Wybrane przez użytkownika odpowiedzi są od razu sprawdzane (po każdym pytaniu). Ich poprawność jest natychmiast wskazywana wraz z wyjaśnieniami. Związane z branżą komputerów centrum szkoleniowe Notebook Master oferuje szkolenia m.in. z serwisowania elektroniki. Duża liczba godzin i nacisk na praktykę pozwalają posiąść umiejętności niezbędne do działania w wymagających zawodach. Wieloletnie doświadczenie Notebook Master potwierdzają niezależne referencje oraz opinie kursantów. Test jest dostępny pod adresem: https://bit.ly/3x8ToWS.

https://bit.ly/3zdkPjU

Nowa seria KX kondensatorów SP-Cap firmy Panasonic



Producent kondensatorów SP-Cap, firma Panasonic rozszerzyła portfolio kondensatorów o serię KX. Należące do niej kondensatory są elementami polimerowymi, których żywotność sięga 5500 godzin (w temperaturze otoczenia 125°C). Jest to osiągane przy zastępczej rezystancji szeregowej (ESR – *Equivalent Series Resistance*) o wartości 9 mΩ. Jak wyjaśnia Product Manager w firmie Panasonic, Shahrokh Kananizadeh: „Seria KX ma wiele zalet widocznych przy redukcji szumów i wygładzaniu napięcia. Jest to standard, który demonstruje wyższość polimeru w nowych rozwiązaniach".

Rozszerzone o serię KX kondensatory SP-Cap charakteryzuje pojemność do 820 µF włącznie. Wartość skuteczna prądu tętnień wynosi poniżej 10,2 A. Niewielkie wymiary elementów powodują, że kondensatory SP-Cap są przeznaczone zwłaszcza do niskoprofilowych urządzeń ale sprawdzą się w wielu innych aplikacjach, gdzie wymagana jest trwałość i odporność na trudne warunki pracy.

https://bit.ly/3x6bby0

Przedłużona gwarancja na produkty firmy Synology

Firma Synology wprowadziła Gwarancję Przedłużoną Plus – nowy plan obejmujący bezpośrednią i za-awansowaną wymianę produktów. Dzięki temu klienci mogą wydłużać gwarancję urządzeń o 2 lata, uzyskując dostęp do jednorazowej pomocy technicznej przez 5 lat.

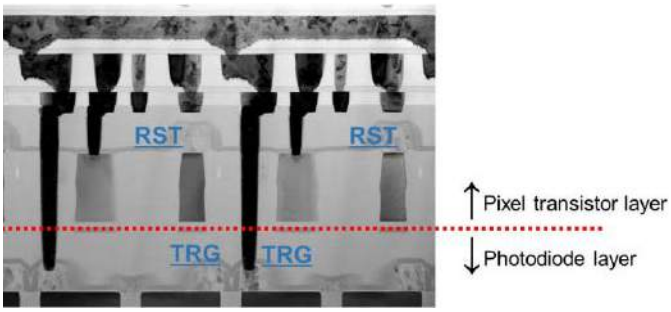
eprasa.pl a53a1e2c07



Zdaniem dyrektorki firmy Synology, Rosiel Lee: „W oparciu o sukces poprzednich programów, Gwarancja Przedłużona Plus zapewnia skuteczną ochronę dzięki dłuższemu okresowi obowiązywania i wygodnemu procesowi pomocy technicznej". Nowy plan zapewnia szerszy zakres gwarancji oraz bezpośrednią wymianę produktów. Klienci Synology mogą się kontaktować i odsyłać wadliwe urządzenia. Zamienniki tych urządzeń można je uzyskać tuż przed wysłaniem urządzeń. Jak wyjaśnia Lee: „Wczesne otrzymanie zamiennika umożliwia przyspieszenie procesu odzyskiwania danych poprzez wcześniejsze przeniesienie danych i usług na działające urządzenie. Zapewnia to spokój podczas prowadzenia działalności – firma Synology wspiera klientów na każdym etapie ich pracy".

Gwarancja Przedłużona Plus jest dostępna m.in. w Polsce. Plan ten należy aktywować – wymagane jest konto Synology lub system DSM (wersja 7.1 lub nowsza). Czas aktywacji planu wynosi 90 dni od daty zakupu produktu. Promocja na plan trwa do 31 sierpnia br. – w jej ramach aktywacja może nastąpić również po 90 dniach (licząc od dnia nabycia produktu).

https://bit.ly/3t9RnY7



Nowe matryce CMOS firmy Sony z dwuwarstwowymi tranzystorami

Znana z innowacyjnych rozwiązań firma Sony opracowała matryce CMOS z dwuwarstwowymi tranzystorami w pikselach BSI. Matryce te charakteryzuje zwiększony poziom nasycenia sygnałów (maksymalny ładunek możliwy do zgromadzenia w pikselach). Są to rozwiązania z osobnymi warstwami fotodiod i tranzystorów sterujących (są to tranzystory m.in. RST, SEL i AMP). Warstwy te dotyczą podłoża krzemowego – każdą z nich w pełni zoptymalizowano. Efektem jest zwiększony poziom nasycenia sygnałów (a przez to większy zakres dynamiki). Osiągnięto to przy zmniejszonych szumach – odpowiadają za nie udoskonalone wzmacniacze CMOS. Odrębne rozmieszczenie fotodiod i tranzystorów gwarantuje autorska technologia firmy Sony. Nowe matryce z dwuwarstwowymi tranzystorami zapobiegają niedoświetleniu i prześwietleniu obrazów (np. w ujęciach wykonywanych pod Słońce). Obrazy te można rejestrować bez względu na warunki oświetlenia (wliczając ciemność). Jakość obrazów jest fenomenalna, zwłaszcza w smartfonach.

https://bit.ly/3NPhdsh

Stylowy telewizor OLED firmy LG Electronics z nagrodą iF Gold Award

Złożone ze 132 ekspertów jury przyznało firmie LG Electronics dwadzieścia wyróżnień, w tym nagrodę iF Gold Award dla telewizora 65ART9. Przyznana za niestandardowe wzornictwo nagroda podkreśla wyjątkowość wspomnianego telewizora. Te inspirowane sztalugami urządzenie charakteryzuje minimalizm i neutralne kolory.



Opuszczenie osłony daje użytkownikowi dostęp do pełnego ekranu. Przy częściowym zakryciu ekranu są wyświetlane określone funkcje lifestyle'owe. Jak wyjaśnia starszy wiceprezes i dyrektor wykonawczy centrum projektowego Life Innovation firmy LG Electronics, Lee Chulbae: „Jesteśmy zaszczyceni, że po tym, jak otrzymaliśmy nagrodę Red Dot Design Award zostaliśmy również wyróżnieni nagrodą iF Design Award. Firma LG Electronics zawsze starała się oferować użytkownikom jak najlepsze wrażenia z użytkowania i najwyższe walory estetyczne. Fakt, że nasze wysiłki zaowocowały jedną z najważniejszych nagród w dziedzinie wzornictwa jest dla nas niezwykle ważny".

Producenci i projektanci walczą o nagrodę iF Design Award od 1953 roku. Przyznawana przez iF International Forum Design GmbH nagroda to jedno z najważniejszych wyróżnień w dziedzinie wzornictwa na świecie – obok Red Dot Design Award i IDEA (*International Design Excellence Award*). Nagroda potwierdza unikalność produktu (przyczyniając się do jego prestiżu). Konsumenci mogą być pewni, że jest on oryginalny – taki jest cel nagrody iF Gold Award.

https://bit.ly/3agPQJk

Funkcjonalny router standardu Wi-Fi 6 od firmy D-Link



Znana z sieciowych rozwiązań firma D-Link oferuje inteligentny router Eagle Pro AI AX1500 R15. Sieci bazujące na tym routerze cechuje duży zasięg i wydajność, przy nieustannej adaptacji do warunków otoczenia. Oferowane przez Eagle Pro AI AX1500 R15 połączenia cechuje maksymalny transfer na poziomie 1500 Mb/s i wysoka stabilność.

Urządzenie ma następujące funkcje:

- AI Wi-Fi Optimiser – do stałego monitorowania kanałów Wi-Fi w celu poszukiwaniu pasm o najmniejszych zakłóceniach;
- AI Traffic Optimiser – do priorytetyzacji danych w celu zapewniania niezawodnych połączeń;
- AI Parental Control – do kontroli dzieci w internecie;
- AI Mesh Optimiser – do stanowienia optymalnych połączeń w sieciach mesh.

Bezprzewodowa łączność jest gwarantowana na powierzchni do 230 m^2. Router obsługuje modulację 1024 QAM oraz techniki: MU-MIMO i OFDMA. Można nim tworzyć sieci mesh. Wiązki anten Eagle Pro AI AX1500 R15 są elektronicznie formowane – zapewnia to trwałe połączenia. Urządzenie jest łatwe w konfiguracji. Do zarządzania siecią Wi-Fi przewidziano narzędzie AI Assistant, które monitoruje transfer danych, wysyłając zalecenia i cotygodniowe raporty za pośrednictwem aplikacji Eagle Pro AI. Router jest kompatybilny z usługami: Asystent Google i Amazon Alexa – umożliwiają one sterowanie z pomocą głosowych komend. Jest to rozwiązanie dla biur i domów.

https://bit.ly/3tcQWwi

eprasa.pl a53a1e2c07

Prezentacja Grupy RENEX na targach TEK.day

Grupa RENEX wzięła udział w pierwszych targach TEK.day. Wydarzenie odbyło się w dniu 31 marca 2022 r. we Wrocławiu. Na targach Grupa RENEX zaprezentowała antystatyczny stół REECO Premium Electric. Jego prezentacji towarzyszył konfigurator mebli REECO. Jak wyjaśniają właściciele Grupy RENEX: Pani Marzena Szczotkowska-Topić i Pan Predrag Topić – CEO Grupy RENEX: „Cieszyliśmy się, widząc duże zainteresowanie naszym stoiskiem i zaprezentowanymi przez nas rozwiązaniami. Naszym przedstawicielom szczególnie miło było rozmawiać z powracającymi, zadowolonymi wieloletnimi użytkownikami naszych mebli i słyszeć słowa uznania co do jakości naszych produktów. Taka ocena jest dla nas największą nagrodą. Bardzo dziękujemy za odwiedzenie naszego stoiska".

Zaprezentowany przez Grupę RENEX konfigurator umożliwia tworzenie dopasowanych stanowisk pracy. Dostępne w jego ramach meble cechuje stalowa konstrukcja. Należy do nich stół REECO Premium Electric – jego wysokość jest elektrycznie regulowana. Meble REECO zawierają antystatyczne powłoki. Meble te powstały z myślą o produkcji i naprawie elektroniki. Ich przeznaczeniem są m.in. strefy EPA. Można je stosować w wielu środowiskach pracy i przyczynią się do redukcji schorzeń zawodowych. W razie potrzeby możliwa jest szybka modyfikacja i rozbudowa roboczych przestrzeni.

https://bit.ly/3x7OmK8

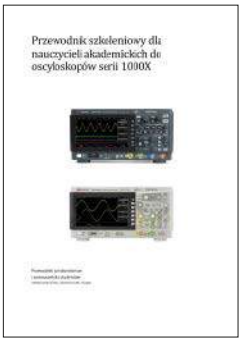


Firma Sharp rozszerza ofertę monitorów Digital Signage o modele przeznaczone dla wymagających środowisk pracy

Firma Sharp wprowadziła nowość w postaci monitorów Digital Signage serii PN-HS i PN-HY. Monitory te obsługują rozdzielczość 4K (3840×2160 px). Maksymalna jasność 500 cd/m² – dla serii PN-HY oraz 700 cd/m² – dla serii PN-HS zapewnia właściwą ostrość obrazu i jakość przekazywanych informacji. Dzięki szerokiej palecie barw, dokładne odwzorowanie obrazów jest w pełni gwarantowane. Nowe monitory firmy Sharp są dostępne w 3 rozmiarach (w znaczeniu przekątnej ekranu): 43" (modele: PN-HS431 i PN-HY431), 50" (modele: PN-HS501 i PN-HY501) i 55" (modele: PN-HS551 i PN-HY551). Monitory te charakteryzuje innowacyjne podświetlenie LED. Jak powiedział Business Development Manager CEE firmy Sharp, Cezary Mąka: „Mamy przyjemność zaprezentować dwie nowe linie monitorów Digital Signage. Serie PN-HS oraz PN-HY zostały stworzone z myślą o rozdzielczości 4K. W połączeniu z nowoczesnym wyglądem, wyjątkową jakością oraz profesjonalnym wsparciem (gwarancyjnym i serwisowym) oznacza to ciągłą pracę urządzeń w dowolnych miejscach". Serie PN-HS i PN-HY umożliwiają odczyt informacji w takich aplikacjach jak: kontrola ruchu drogowego czy nadzór imprez masowych. Zintegrowana regulacja balansu bieli oraz temperatury barwowej sprzyja użyciu tych serii w multimedialnych transmisjach (szczególnie w pomieszczeniach). Dzieje się to przy pionowej lub poziomej orientacji monitorów, uwzględniając ich pochylenie w przód/tył. Konstrukcja wyświetlaczy jest bardzo lekka. Monitory można umieszczać w dowolnych miejscach (zwłaszcza trudno dostępnych). Są to urządzenia z portem USB (do odtwarzania plików), dwoma głośnikami o mocy 10 W każdy i 3 wejściami HDMI. Urządzenia wyposażono, także w port LAN oraz port RS-232C (dla połączenia z systemami sterowania).

https://bit.ly/3PYfH8Y

Cyfrowy przewodnik szkoleniowy AM Technologies do oscyloskopów serii 1000X firmy Keysight Technologies



Dystrybuująca sprzęt pomiarowy firma AM Technologies opracowała cyfrowy przewodnik szkolący z działania i obsługi oscyloskopów. Przewodnik ten powstał dla oscyloskopów serii 1000X – urządzeń od Keysight Technologies. Dostępne na rynku rozwiązania są coraz bardziej skomplikowane. Ich niezawodność musi być potwierdzana. Jest to ważne choćby w przypadku elektroniki. Adepci tej dziedziny są świadomi sprawy. Jednak czy w pełni? Okazuje się, że nie, czego dowodem są oscyloskopy, których znajomość z roku na rok spada. A przecież jest wymagane ich sprawne stosowanie. Przygotowany przez AM Technologies przewodnik ma to stosowanie wspomagać – jest to zbiór 14 laboratoriów, które krok po kroku wprowadzają w najważniejsze zagadnienia oscyloskopów (obok teorii urządzeń). Dzięki przewodnikowi AM Technologies można się zapoznać m.in. z:

- wykonywaniem pomiarów na przebiegach,
- sondowaniem i kompensacją sond oscyloskopowych,
- wyzwalaniem opartym na złożonych sygnałach,
- wykorzystaniem takich funkcji jak: Zoom, FFT i Single,
- trybami akwizycji – m.in.: Peak Detect oraz pamięć segmentowa.

Przewodnik liczy 83 strony – można go pobrać pod adresem: https://bit.ly/3NKODZ6 (wymagana jest rejestracja).

https://bit.ly/3NKODZ6

Nowy e-book firmy Farnell o czujnikach IoT



Należąca do koncernu Avnet firma Farnell – czołowy dystrybutor podzespołów i rozwiązań elektronicznych na świecie, opublikowała darmowy e-book poświęcony czujnikom w systemach Internetu Rzeczy (IoT). Tytuł tego e-booka brzmi: „Inteligentne czujniki – aktywacja inteligentnego Internetu Rzeczy". Jest to materiał wyjaśniający tematykę współczesnych sensorów. Jak tłumaczy Global Head of Technical Marketing firmy Farnell, Cliff Ortmeyer: „Inżynierowie pracujący nad systemami IoT mają dostęp do znaczego asortymentu czujników. Nowoczesne sensory stanowią oczy, uszy, a nawet nosy aplikacji IoT. Zrozumienie związanego z nimi świata staje się niezwykle ważne dla osób projektujących elektronikę, w sercu których znajdują się rozwiązania IoT".

Przygotowany przez Farnell e-book ułatwia dobór czujników dla Internetu Rzeczy, uwzględniając wymagany niski pobór mocy i zabezpieczenia. Demonstrowane jest również dołączanie czujników do bezprzewodowych sieci. E-book zwraca uwagę na fuzje danych (polepszające analizę informacji). Jak powiedział Ortmeyer: „Inżynierowie – elektronicy mierzą się z wieloma decyzjami w kontekście technologii czujnikowych oraz komunikacji między komponentami. Funkcje wykrywania zmian w otoczeniu urządzenia uległy zwiększeniu za sprawą różnych źródeł danych. Zrozumienie interakcji między czujnikami i związanych z nimi zabezpieczeń oraz przetwarzania danych prowadzi do lepszych decyzji ze strony inżynierów zarówno na etapie projektowania, jak i integracji z urządzeniami".

E-book liczy 14 stron – jest on dostępny pod adresem: https://bit.ly/3N9XdAB (wymagana jest rejestracja przed pobraniem e-booka).

Jakub Tyburski
jakub.tyburski@wat.edu.pl

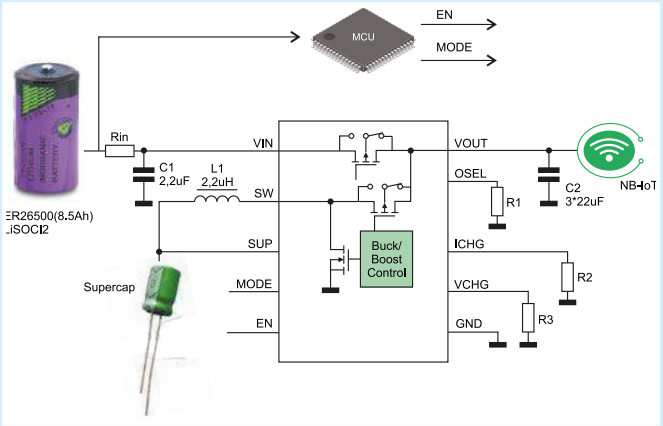
eprasa.pl a53a1e2c07

Wszystkie poprzednie odcinki znajdują się pod adresem: https://ulubionykiosk.pl/media

Systemy dla Internetu Rzeczy (61)

Skuteczne sposoby zasilania awaryjnego urządzeń Internetu Rzeczy z zastosowaniem superkondensatorów

Wiele nowoczesnych, inteligentnych urządzeń Internetu rzeczy, które są zasilane z sieci energetycznej, wymaga zasilania awaryjnego, aby w przypadku nieoczekiwanej przerwy w dostawie prądu bezpiecznie wyłączyć urządzenie lub wykonać ostatnią komunikację. Na przykład licznik energii elektrycznej może udostępniać szczegółowe informacje o lokalizacji i czasie trwania przerwy w zasilaniu energetycznym za pośrednictwem interfejsu radiowego. Dlatego w tej części cyklu omówimy sposoby zasilania awaryjnego urządzeń Internetu Rzeczy z zastosowaniem superkondensatorów.



Coraz więcej układów scalonych pozwala na efektywne zastosowanie superkondensatorów. W poprzednim artykule „Superkondensator z przetwornicą dwukierunkową Continua MAX38889" zostały omówione cechy i parametry superkondensatorów [S57]. Zostało też pokazane zastosowanie układu MAX38889 firmy Maxim (obecnie oddział firmy Analog Devices), regulatora napięcia do systemów zasilania awaryjnego z superkondensatorami. Układ jest zaprojektowany do wydajnego przenoszenia mocy między elementem magazynującym a szyną zasilającą systemu. Zapewniając dwukierunkowy transfer mocy przy użyciu jednej cewki indukcyjnej, układ scalony eliminuje potrzebę osobnego dodatkowego konwertera mocy.

Zastosowanie pojedynczego superkondensatora (o wysokim napięciu pracy) w systemie pozyskiwania energii solarnej z układem BQ25570 firmy Texas Instruments zastało opisane w poprzednim artykule „Pozyskiwanie energii słonecznej – układ BQ25570" [S51]. W artykule „Zestaw ewaluacyjny EVK10330 firmy E-peas pozyskiwania energii słonecznej" został omówiony układ pozyskiwania energii słonecznej AEM10330 firmy E-peas [S55]. Układ zawiera balanser zapewniający wyrównanie napięcia na dwóch szeregowo połączonych niskonapięciowych (tanich) superkondensatorach.

TPS61094 – synchroniczny dwukierunkowy konwerter buck/boost

Firma Texas Instruments oferuje układ TPS61094 – synchroniczny dwukierunkowy konwerter buck/boost o prądzie spoczynkowym 60 nA. TPS61094 może pracować z szerokim napięciem wejściowym od 0,7 V do 5,5 V oraz napięciem wyjściowym od 2,7 V do 5,4 V. Układ zapewnia rozwiązanie o bardzo niskim poborze mocy zoptymalizowane do zastosowań wymagających bardzo niskiego prądu spoczynkowego. Jako źródło zasilania awaryjnego używany jest superkondensator. Przykład zastosowania układu TPS61094 został pokazany na rysunku tytułowym [5]. Krótkie wideo pokazujące pracę zestawu uruchomieniowego z tym układem jest dostępne tu: [7].

Parametry układu TPS61094 są następujące:

- napięcie wejściowe na wejściu VIN: 0,7...5,5 V;
- poziom napięcia włączenia na wejściu VIN: V_{IN_UVLO} 1,7 V;
- ustawienia napięcia wyjściowego V_{OUT_REG} (Boost) na wyjściu VOUT: 2,7/3,0/3,3/3,4/3,45/3,5/3,6/3,7/3,8/4,0/4,2/4,5/4,8/5,0/5,2/5,4 V;
- poziom napięcia włączenia/wyłączenia na wyjściu VOUT: V_{OUT_UVLO} 1,7/1,6 V;
- napięcie końcowe ładowania superkondensatora V_{CHG_REG} (Buck): 1,7/2,0/2,2/2,5/2,6/2,7/3,6/3,65/3,7/4,1/4,15/4,2/4,9/5,0/5,1/5,4 V;
- poziom napięcia włączenia/wyłączenia na wyprowadzeniu SUP: V_{SUP_UVLO} 0,85/0,6 V;
- ustawienia prądu ładowania I_{CHG_SET} (na wyprowadzeniu SUP): 0/2,5/5/10/25/50/75/100/150/200/250/300/350/400/500/600 mA;
- prąd wyjściowy: do 300 mA;
- prąd zakończenia ładowania (ICHG ≥ 10 mA/< 10 mA): I_{CHG_TERM} 10/2,5 mA;
- prąd IQ: tryb Forced bypass 2 nA; tryb Buck/Boost 60 nA; tryb True shutdown 100nA;
- rezystancja klucza bypass FET (5,0/3,6 V): 120/150 mΩ;
- częstotliwość pracy: 1 MHz;
- wydajność (VIN = 3 V, VOUT = 3,6 V, IOUT = 10 µA): do 92,3%;
- wydajność (VIN = 3 V, VOUT = 3,6 V, IOUT = 100 mA): do 96,3%;
- tryb drzemki (Snooze) przy bardzo niskim obciążeniu;
- obudowa 2×3 mm WSON12.

Przy projektowaniu systemów z zasilaniem bateryjnym często wspólnym wyzwaniem projektowym jest konieczność osiągnięcia wysokiej wydajności w warunkach bez obciążenia lub przy małym obciążeniu, w zakresie niewielu mikro- lub miliamperów. Wymaga to od zasilaczy regulowania mocy wyjściowej przy zachowaniu

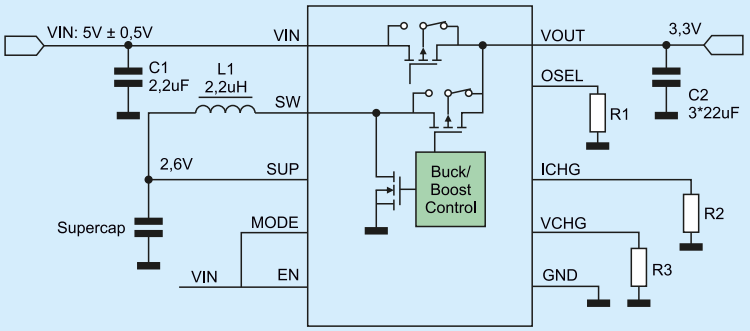
Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl a53a1e2c07

bardzo niskiego prądu upływu w zakresie nanoamperów. TPS61094 łączy w sobie dwie kluczowe zalety, które wcześniej były kompromisami, prostotę konstrukcji przy użyciu zintegrowanego konwertera buck/boost oraz wydłużony czas pracy baterii dzięki wysokiemu prądowi wyjściowemu i niskiemu prądowi IQ.

Duży prąd wyjściowy umożliwia układowi TPS61094 obsługę standardów radiowych – takich jak wąskopasmowy Internet rzeczy (NB-IoT), LTE-M, Wi-SUN, MIOTY, Bluetooth i bezprzewodowy M-Bus) – w szerszym zakresie napięcia wejściowego.

Układ TPS61094 używa jednego dławika (dołączonego do wyprowadzenia SW) oraz dwóch kluczy FET i może pracować w konfiguracji przetwornicy podwyższającej lub obniżającej. Napięcie wejściowe jest podawane na wejście VIN, obciążenie dołączane jest do wyjścia VOUT a superkondensator jest dołączany do wyprowadzenia SUP. Układ ma też klucz bypass FET między wejściem a wyjściem, który może działać jak regulator LDO. Wejścia cyfrowe EN i MODE służą do ustawiania trybu pracy. Oba wejścia mają aktywny rezystor ściągający 800 kΩ do masy. Gdy wejścia EN i MODE mają wysoki stan logiczny, na wejściach ustawiana jest wysoka impedancja, aby nie wystąpiły wysokie prądu upływu. Gdy wejścia są w stanie logicznym niskim lub nie są podłączone, włączany jest rezystor ściągający 800 kΩ. TI zaleca, aby podczas włączania TPS61094 wydajność prądowa podciągania była większa niż rezystora ściągającego 800 kΩ.



Rysunek 1. Konfiguracja układu TPS61094 z superkondensatorem do pracy w trybie Automatic Buck or Boost [2]

Podłączenie rezystorów między wyprowadzeniami VCHG, ICHG lub OSEL układu TPS61094 a masą definiuje szesnaście opcji ustawień wewnętrznych dla: napięcia zakończenia ładowania (VCHG), prądu ładowania (ICHG) i napięcia wyjściowego (OSEL). Do prawidłowego działania układu dokładność rezystancji musi wynosić 1%. Podczas uruchamiania układu, gdy napięcie wyjściowe zbliża się do napięcia wejściowego, układ zaczyna wykrywać warunki konfiguracji wyprowadzeń VCHG, ICHG i OSEL (w tej kolejności). Po wykryciu konfiguracji układ blokuje ustawienia. **TPS61094 podczas pracy nie wykrywa wyprowadzeń VCHG, ICHG i OSEL**, więc zmiana rezystora podczas pracy nie zmienia ustawień. Przełączanie wejścia EN podczas pracy jest jednym ze sposobów na odświeżenie ustawień.

Przykład skonfigurowania układu TPS61094 z superkondensatorem do pracy w trybie *Automatic Buck or Boost* został pokazany na **rysunku 1** [2]. Napięcie na wyjściu VOUT jest ustawiane przez rezystor między wyprowadzeniem OSEL a masą (ustawienia VOUT). Typowa wartość dla V_{OUT_REG} = 3,3 V wynosi R1 = 4,75 kΩ (rozwarcie 5,4 V). Napięcie zakończenia ładowania V_{CHG_REG} jest ustawiane przez rezystor między wyprowadzeniem VCHG a masą. Typowa wartość dla VCHG_REG = 2,6 V wynosi R3 = 9,53 kΩ (rozwarcie 5,4 V). Prąd ładowania I_{CHG_SET} jest ustawiany przez rezystor między wyprowadzeniem ICHG a masą. Typowa wartość dla ICHG_REG = 100 mA wynosi R2 = 22,1 kΩ (zwarcie 0 mA, rozwarcie 600 mA). Dla prądu obciążenia 250 mA tętnienia napięcia wyjściowego wynoszą ± 50 mV.

Tryby pracy układu TPS61094

Układ TPS61094 posiada cztery tryby pracy:

- ***Auto buck or boost*** **(EN = 1; MODE = 1)**

W trybie *Auto buck or Boost*, TPS61094 może automatycznie przechodzić między trybem ładowania Buck i trybem Boost w zależności od napięcia wejściowego. Gdy napięcie wejściowe jest niższe niż ustawione napięcie regulacji doładowania, TPS61094 generuje napięcie VOUT pobierając energię z superkondensatora (SUP). Gdy napięcie wejściowe jest o 0,1 V wyższe niż ustawione napięcie regulacji doładowania, napięcie wyjściowe TPS61094 jest równe napięciu wejściowemu . Jednocześnie TPS61094 ładuje superkondensator w trybie Buck. Przetwornica układu TPS61094 w trybie Boost ma trzy tryby pracy: PWM w warunkach średniego do dużego obciążenia, modulacja częstotliwości impulsów (PFM) w warunkach lekkiego obciążenia i tryb drzemki (Snooze) przy bardzo niskim obciążeniu.

- ***Forced buck*** **(EN = 1; MODE = 0)**

Gdy TPS61094 działa w trybie Forced buck, układ łączy wyjście układu bezpośrednio z wejściem, podczas gdy konwerter buck ładuje superkondensator stałym prądem (o ustawionej wartości). Gdy superkondensator jest naładowany do wstępnie ustawionego napięcia końcowego, konwerter buck zatrzymuje ładowanie. Gdy napięcie na superkondensatorze spadnie o 75 mV poniżej ustawionego napięcia, konwerter buck zaczyna ponownie ładować superkondensator.

Tabela 1. Tryby pracy układu TPS61094 [2]

Tryb	EN	MODE	Bypass	Boost	Buck	Funkcja
Forced bypass	0	0	v	x	x	włączony tranzystor bypass FET, wyłączone przetwornice buck/boost, $V_{OUT} = V_{IN}$
True shutdown	0	1	x	x	x	wyłączony tranzystor bypass FET, , wyłączone przetwornice buck/boost, $V_{OUT} = 0$
Forced buck	1	0	v	x	v	wyłączona przetwornica buck, włączony tranzystor bypass FET, ładowany superkondensator (SUP) , $V_{OUT} = V_{IN}$
Auto buck or boost	1	1	v	x	v	włączona przetwornica buck, gdy $V_{IN} > V_{OUT_REG}$ +100 mV oraz $V_{OUT} > V_{OUT_REG}$ to superkondensator jest ładowany przez przetwornicę buck
	1	1	v	v	x	włączona przetwornica boost, włączony tranzystor bypass FET, gdy V_{OUT} +100 mV > V_{IN} > V_{OUT_REG} oraz $V_{OUT} = V_{OUT_REG}$, V_{OUT} jest zasilane przez V_{OUT} poprzez tranzystor bypass FET oraz przez superkondensator poprzez przetwornicę boost
	1	1	x	v	x	włączona przetwornica boost, gdy $V_{IN} < V_{OUT_REG}$ to V_{OUT} jest zasilane przez superkondensator poprzez przetwornicę boost

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl a53a1e2c07

• ***Forced bypass*** **(EN = 0; MODE = 0)**

W trybie Forced Bypass TPS61094 włącza tranzystor bypass FET, dzięki czemu napięcie wyjściowe jest równe napięciu wejściowemu. W tym trybie TPS61094 ma IQ 4 nA.

• ***True shutdown*** **(EN = 0; MODE = 1)**

W trybie True shutdown TPS61094 może odłączyć obciążenie od wejścia i wyprowadzenia SUP.

Zestawienie trybów pracy układu TPS61094 jest pokazane w **tabeli 1**. Jednak działanie układu jest bardziej skomplikowane. Dla trybu *Auto buck or boost* występują trzy stany i dodatkowy tryb Pass-through (opis dalej). Gdy napięcie na wejściu VIN przekracza próg narastania blokady podnapięciowej (UVLO) (zwykle 1,7 V) oraz EN =H, to układ TPS61094 jest włączony i zaczyna zwiększać napięcie wyjściowe.

W trybie *Auto boost*, gdy napięcie wyjściowe jest niższe niż 0,5 V, układ rozpoczyna ładowanie kondensatora dołączonego do wyjścia VOUT prądem do 300 mA przez klucz bypass FET. Gdy napięcie wyjściowe jest powyżej 0,5 V, prąd wyjściowy jest zmieniany tak, aby miał zdolność prądową do zasilania obciążenia rezystancyjnego 3,6 Ω. Tak pracuje, aż napięcie wyjściowe osiągnie wartość zbliżoną do napięcia wejściowego. Wtedy TPS61094 zaczyna wykrywać warunki konfiguracji wejść VCHG, ICHG i OSEL, a następnie blokuje konfigurację i przechodzi w odpowiedni tryb pracy.

Gdy napięcie wejściowe jest niższe niż ustawione napięcie wyjściowe, TPS61094 przechodzi do miękkiego startu w trybie Boost. Zaczyna działać przetwornica, a napięcie wyjściowe rośnie. Czas miękkiego startu w trybie Boost różni się w zależności od pojemności wyjściowej, stanu obciążenia i warunków konfiguracji. Gdy napięcie wejściowe jest wyższe o 100 mV niż ustawienie napięcia wyjściowego, TPS61094 przechodzi do miękkiego startu w trybie Buck. Prąd ładowania może powoli wzrastać.

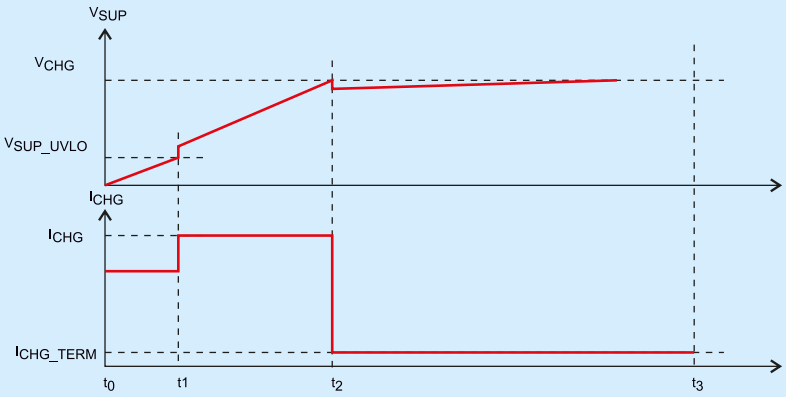
Rozpoczęcie trybu Forced buck jest podobne do trybu Buck w trybie Auto boost, z wyjątkiem tego, że TPS61094 przechodzi w tryb Buck po tym, jak napięcie wyjściowe jest zbliżone do napięcia wejściowego.

W trybie Forced bypass nie ma miękkiego startu. Klucz bypass FET jest zawsze włączony, a wyjście jest podłączone bezpośrednio do wejścia.

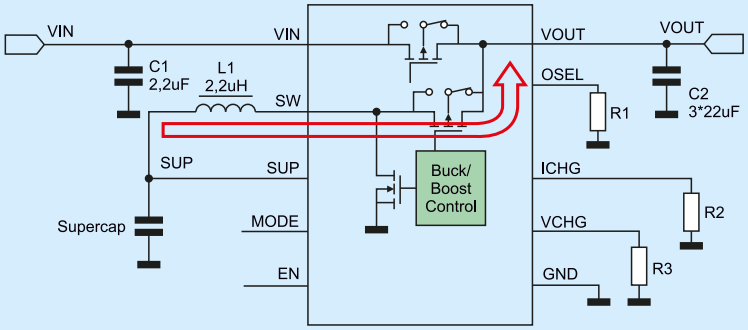
Gdy napięcie na wejściu EN jest niższe niż 0,2 V, a na wejściu MODE jest wyższe niż 0,58 V przy napięciu wyjściowym wyższym niż 1,8 V, wewnętrzny komparator zezwolenia przełącza urządzenie w tryb True shutdown. W tym trybie urządzenie jest całkowicie wyłączone. Wyjście VOUT jest odłączone od zasilania z wyprowadzeń VIN i SUP.

TPS61094 ma wbudowany obwód blokady podnapięciowej (UVLO), który zapewnia prawidłowe działanie urządzenia. Gdy napięcie na wejściu VIN jest powyżej progu narastania blokady podnapięciowej (UVLO) (zwykle 1,7 V), włączany jest TPS61094. Po uruchomieniu układu i napięciu wyjściowym powyżej 1,7 V, układ może pracować przy napięciu wyprowadzenia SUP tak niskim, jak 0,6 V i napięciu wejściowym do 0 V.

Gdy napięcie na wejściu VIN spada do 0 V, a napięcie na wyprowadzeniu SUP jest poniżej progu opadania blokady podnapięciowej (zwykle 0,6 V), TPS61094 przechodzi w tryb wyłączenia, aby uniknąć awarii. W tym stanie i w trybie automatycznego doładowania TPS61094 odłącza klucz bypass FET i klucz high-side, aby zapobiec prądowi wstecznemu z wyjścia VOUT do wejścia VIN i wyprowadzenia SW, gdy napięcie VOUT przekracza 1,6 V. Gdy napięcia na wejściu VIN i wyprowadzeniu SUP są poniżej 1,7 V (typowo), a napięcie na VOUT jest poniżej 1,6 V (typowo), TPS61094 przechodzi w tryb Shutdown.



Rysunek 2. Typowa operacja ładowania superkondensatora [2]



Rysunek 3. Praca TPS61094 w stanie Boost_on [2]

Ładowanie superkondensatora

Typowa operacja ładowania (V_{CHG} < VIN...800 mV) działa tak, jak pokazano na **rysunku 2**. W czasie t_0 układ TPS61094 zaczyna ładować superkondensator poprzez wyprowadzenie SUP stałym prądem. Od t_0 do t_1, gdy napięcie SUP jest niższe niż V_{SUP_UVLO} (zwykle 0,85 V), układ ładuje superkondensator poprzez SUP prądem stałym (I_{CHG_PRE}), który jest mniejszy lub równy 250 mA. Od t_1 do t_2, gdy napięcie SUP osiągnie V_{SUP_UVLO}, układ ładuje poprzez wyprowadzenie SUP prądem stałym (I_{CHG}), który jest ustawiany przez rezystor na wyprowadzeniu I_{CHG}. W czasie t_2, napięcie SUP osiąga V_{CHG} (napięcie zakończenia ładowania), a układ zmniejsza prąd ładowania do I_{CHG_TERM}. Powoduje to zmniejszenie wpływu spadku napięcia na ESR superkondensatora spowodowanego przez prąd ładowania. Przetwornica przestaje pracować, gdy napięcie SUP osiągnie V_{CHG}.

Przetwornica TPS61094 rozpoczyna pracę, gdy napięcie SUP spada 75 mV poniżej wartości docelowej (V_{CHG}). Jeśli V_{CHG} > VIN...500 mV, TPS61094 zmniejszy prąd ładowania, gdy napięcie na SUP będzie bliskie VIN:

I_{CHG_PRE} wynosi 250 mA (gdy I_{CHG} jest równe lub większe niż 250 mA); wynosi I_{CHG_PRE} to I_{CHG} (gdy I_{CHG} jest mniejsze niż 250 mA).

I_{CHG_TERM} wynosi 10 mA (gdy I_{CHG} jest równe lub większe niż 10 mA); I_{CHG_TERM} wynosi 2,5 mA (gdy I_{CHG} jest mniejsze niż 10 mA).

Stany w trybie Auto Buck or Boost

W trybie Auto Buck or Boost występują trzy stany:

• **Boost_on**

Stan ten występuje, gdy klucz bypass FET jest wyłączony, a TPS61094 pracuje w trybie Boost w celu regulacji napięcia wyjściowego zgodnie z ustawieniem OSEL (**rysunek 3**);

• **Buck_on**

Stan ten występuje, gdy klucz bypass FET jest włączony, a TPS61094 pracuje w trybie Buck, ładując superkondensator (dołączony do wyprowadzenia SUP) przez źródło wejściowe zgodnie z ustawieniami prądu ładowania ICHG i napięcia zakończenia na wyprowadzeniu VCHG, co jest podobne do działanie w trybie Forced buck (**rysunek 4**);

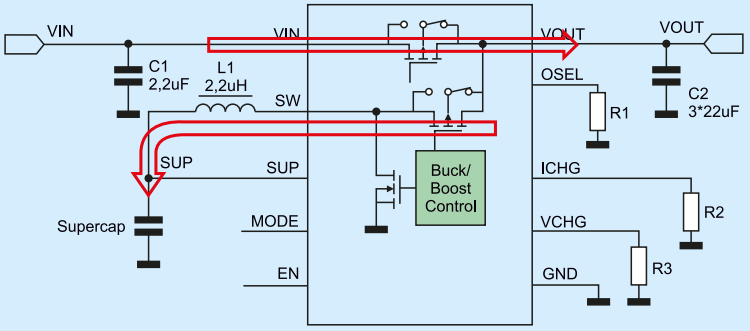
Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl a53a1e2c07

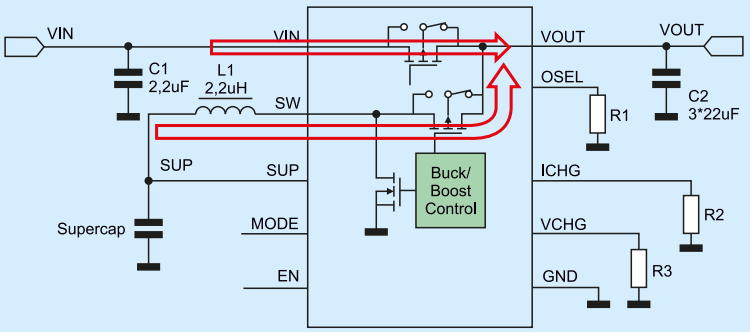
• **Supplement**

Stan ten jest stanem pośrednim, w którym TPS61094 przechodzi między działaniem w stanie boost_on i buck_on. W stanie Supplement, tryb Boost jest aktywny, a bypass FET działa jako LDO, źródło zasilania VIN i wyprowadzenie SUP razem zasilają obciążenie wyjściowe (**rysunek 5**).

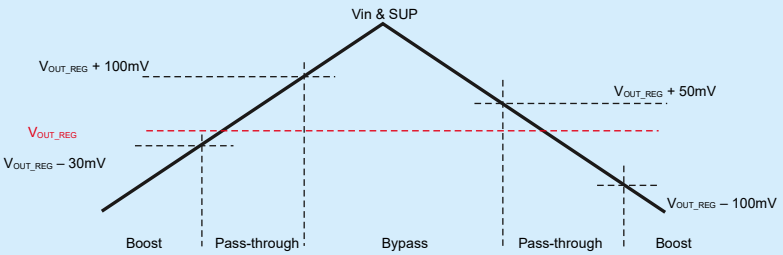
Gdy napięcie na wejściu VIN jest poniżej ustawionego napięcia regulacji doładowania VOUT, klucz bypass FET jest wyłączony (**rysunek 6**). TPS61094 działa w trybie Boost (pobiera energię z superkondensatora SUP) i reguluje napięcie wyjściowe na poziomie VOUT według ustawienia rezystora na wyprowadzeniu OSEL. Gdy napięcie na wejściu VIN jest o 0,1 V wyższe od napięcia regulacji doładowania V_{OUT_REG}, działanie w trybie Boost zostaje zatrzymane i zostaje włączony klucz bypass FET. Aby przejście między trybem Boost a trybem Bypass było płynne, istnieje tryb Pass-through, gdy napięcie wejściowe Vin (V_{OUT_REG} – 30 mV) jest bliskie docelowemu napięciu wyjściowemu VOUT, jak pokazano na rysunku 6. Prąd spoczynkowy w trybie Pass-through jest znacznie wyższy (100 nA) niż w trybie Boost or Bypass. W trybie Bypass napięcie wyjściowe Vout powtarza napięcie Vin z małym spadkiem na tranzystorze bypass FET (120/150 mΩ × prąd obciążenia). Przejście z trybu Bypass do trybu Boost następuje poprzez tryb Pass-through od napięcia V_{OUT_REG} + 50 mV (histereza) do VOUT – 100 mV.



Rysunek 4. Praca TPS61094 w stanie Buck_on [2]



Rysunek 5. Praca TPS61094 w stanie Supplement [2]

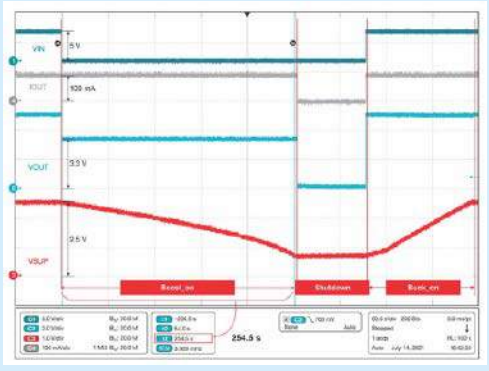


Rysunek 6. Działanie TPS61094 w stanie Supplement [2]

Praca układu TPS61094 w trybie Buck or Boost

Gdy zasilanie wejściowe jest włączone, TPS61094 przechodzi w stan Buck_on, który włącza klucz bocznikujący (tranzystor polowy boost FET), zasila superkondensator prądem do 500 mA i zatrzymuje ładowanie, gdy napięcie na superkondensatorze wynosi 2,5 V (rysunek 1). Napięcie wejściowe 5 V zasila wyjście VOUT bezpośrednio z wejścia VIN. Kiedy awaria zasilania spowoduje spadek napięcia wejściowego, TPS61094 automatycznie przechodzi w stan Boost_on, wyłącza klucz bypass FET i dostarcza na wyjście VOUT napięcie 3,3 V generowane z energii zmagazynowanej w superkondensatorze.

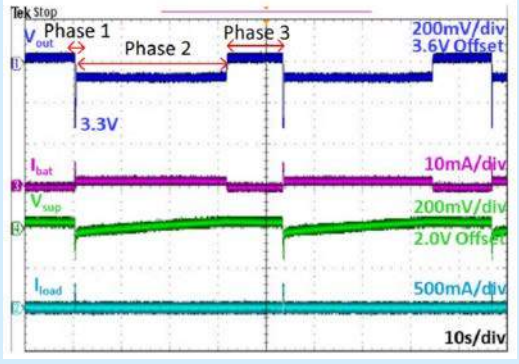
Na **rysunku 7** pokazano pomiary oscyloskopu dla pełnego cyklu zasilania awaryjnego dla układu z rysunku 1 [6]. VIN reprezentuje napięcie systemu z sieci zasilania. VOUT to napięcie wyjściowe z TPS61094, a VSUP to napięcie superkondensatora. IOUT pokazuje pobór prądu obciążenia. W tym przykładzie obciążenie wynosi 100 mA. Gdy moc zasilania systemowego nagle spada, TPS61094 natychmiast przechodzi w stan Boost_on i reguluje napięcie na wyjściu VOUT za pomocą mocy z superkondensatora. Konwerter buck/boost dostarcza wymagany prąd wyjściowy przez 254,5 s, co odpowiada wykonaniu 11,5 transakcji NB-IoT (typowe wartości mocy) [6]. TPS61094 rozładowuje superkondensator, aż jego napięcie spadnie do 0,7 V. W tym momencie układ przechodzi w tryb wyłączenia do czasu powrotu napięcia na wejściu VIN. Wtedy TPS61094 startuje w stanie Buck_on i bezproblemowo ładuje superkondensator stałym prądem przy jednoczesnym dostarczaniu prądu do obciążenia. Przełączanie między rozładowaniem superkondensatora a ładowaniem jest bardzo płynne.



Rysunek 7. Pomiary cyklu zasilania TPS61094 [6]

Wspomaganie zasilania bateryjnego

Zasilane bateryjnie inteligentne przepływomierze muszą rejestrować informacje, takie jak zużycie gazu lub wody, i okresowo przesyłać te informacje do centrum danych, często przy użyciu NB-IoT [5]. Urządzenia IoT zasilane z sieci mogą wymagać zasilania rezerwowego,



Rysunek 8. Praca układu z akumulatorem i TPS61094 z superkondensatorem [5]

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl a53a1e2c07

aby informować o swoim stanie podczas rzadkich przerw w zasilaniu systemu. W obu przypadkach dwukierunkowy konwerter buck/boost w połączeniu z superkondensatorem może dostarczyć prądy impulsowe o wysokim poziomie potrzebne do zakończenia transmisji danych.

Większość inteligentnych przepływomierzy, zaprojektowanych do działania przez 10 lub 20 lat, wykorzystuje baterię $LiSOCl_2$ ponieważ charakteryzuje się ona wysokim napięciem wyjściowym (3,6 V) i może dobrze obsługiwać sterowanie zaworem elektromagnetycznym 3 V. Jednak baterie $LiSOCl_2$ oferują ograniczoną zdolność do dostarczania impulsów prądowych, a wysokie prądy obciążenia znacznie obniżają ich pojemność. Na przykład bateria $LiSOCl_2$ działająca w temperaturze 20°C przy prądzie obciążenia 200 mA obniża pojemność o 40% w porównaniu z tą samą baterią działającą przy prądzie obciążenia wynoszącym tylko 10 mA [5].

Jedną z metod zmniejszenia tej degradacji jest użycie superkondensatora (rysunek tytułowy) [5]. TPS61094 pracując w trybie Buck, może ładować superkondensator prądem ustawionym przez zewnętrzny rezystor (R3) do poziomu napięcia ustawionego przez drugi zewnętrzny rezystor (R2). Ograniczenie napięcia superkondensatora do 2 V minimalizuje prąd upływu superkondensatora (nawet do 18%) i wydłuża żywotność (nawet do 20 lat) [5]. Dodanie rezystora szeregowego (Rin) o wartości około 40 Ω między akumulatorem a wejściem VIN układu TPS61094 pomaga ograniczyć prąd rozładowania baterii podczas transmisji danych.

Na **rysunku 8** pokazano przebiegi testowe dla obwodu z rysunku tytułowego sterującego nadajnikiem NB-IoT. Transmisja danych odbywa się w fazie 1, gdzie prąd obciążenia osiąga około 250 mA przez 250 ms. TPS61094 zapobiega spadkowi napięcia wyjściowego poniżej 3,3 V i ogranicza prąd baterii do około 5 lub 6 mA (w zależności od temperatury), zapewniając tym samym minimalną degradację pojemności baterii.

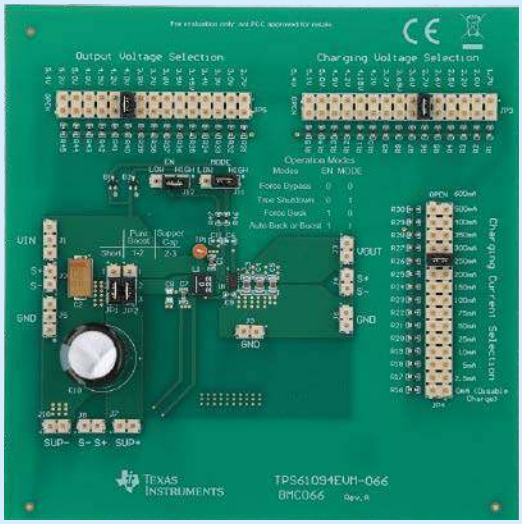
W fazie 2 transmisja danych zostaje zatrzymana, a TPS61094 ładuje superkondensator prądem około 2,5 mA. Faza 3 rozpoczyna się, gdy napięcie na superkondensatorze osiąga próg 2 V i ładowanie zostaje zatrzymane. Faza 3 to stan czuwania, w którym system czeka na kolejną transmisję NB-IoT. Dokładny opis projektu jest zamieszczony w dokumencie firmowym [5].

Wybrane artykuły kursu „Systemy dla Internetu Rzeczy" w miesięczniku „Elektronika Praktyczna"

[S51] Pozyskiwanie energii słonecznej – układ BQ25570, EP 8/2021
[S55] Zestaw ewaluacyjny EVK10330 firmy E-peas pozyskiwania energii słonecznej, EP12/2021
[S57] Superkondensator z przetwornicą dwukierunkową Continua MAX38889, EP 2/2022

Literatura

[1] TPS61094 60-nA quiescent current bi-directional buck/boost converter with bypass mode, https://bit.ly/3miiSL3
[2] TPS61094 60-nA Quiescent Current Boost Converter with Supercap Management datasheet (Rev. C), 09 Dec 2021, https://bit.ly/3zk1M7o
[3] TPS61094EVM-066 TPS61094 100-nA quiescent current bi-directional buck/boost converter evaluation module, https://bit.ly/3MdZbib
[4] TPS61094EVM-066 User's Guide, Jan. 26, 2021, https://bit.ly/3PWKoLP
[5] A Long-Lifetime, Cost-Competitive Solution in Smart Meters Based on the TPS61094 (Rev. A), SLVAF41A, Jing Ji, Andrew Du, Adam Grula 05 Nov 2021, https://bit.ly/3x6s5v5
[6] Effective ways to implement backup power from supercapacitors, Alexander Pakosta, Nov 2, 2021, https://bit.ly/3NS6u0h
[7] Achieve ultra-low 60-nA IQ with the TPS61094, Video 1:17, October 15, 2021, https://bit.ly/3GMkrdK
[8] BUP002R8L606FC BIGCAP, https://bit.ly/3923srE
[9] BNX016-01, https://bit.ly/3x9C2bn



Fotografia 1. Zestaw uruchomieniowy TPS61094EVM-066 [4]

Zestaw uruchomieniowy TPS61094EVM-066

Zestaw uruchomieniowy z układem scalonym TPS61094 umożliwia pracę układu we wszystkich czterech trybach [3]. Schemat zestawu jest zgodny z układem na rysunku 1. Do konfigurowania zestawu służą zworki (**fotografia 1**). Piętnaście rezystorów dołączanych poprzez zworki do każdego z wyprowadzeń VCHG, ICHG lub OSEL pozwala na szybkie konfigurowanie parametrów: napięcia zakończenia ładowania LP3 (V_{CHG} 1,7...5,4 V), prądu ładowania JP4 (I_{CHG} 0...600 mA) i napięcia wyjściowego P5 (O_{SEL} 2,7...5,4V). Także wejścia konfiguracyjne EN (J12) i MOD (J11) mogą być zworkami dołączane do masy lub napięcia wyższego (diody Schottky BAT54CT-7-F) z napięć występujących na wyprowadzeniach VIN i SUP. Zwory JP1 i JP2 umożliwiają dołączenie dławika L1 (2,2 µH):

- do wejścia VIN (zwarte 1-2) dla pracy w trybie *Boost*;
- do wyprowadzenia SUP (zwarte 2-3) dla pracy w trybie *Auto Buck or Boost*.

Do złączy wejściowych SUP+/SUP- dołączony jest na płytce kondensator elektrolityczny 4700 µF/6,3 V. Po skonfigurowaniu płytki do pracy w trybie *Auto Buck or Boost* jest on dołączony do wyprowadzenia SUP.

Praca z zestawem uruchomieniowym

Do badań został zastosowany superkondensator BUP002R8L606FC firmy BIGCAP [8]. Posiada on napięcie znamionowe 2,8 V, pojemność 60F, ESR DC 45 mΩ i prąd upływu (72h 25°C) <180 µA. Prąd upływu wykładniczo rośnie z napięciem na superkondensatorze.

Konfiguracja pracy układu scalonego TPS61094 w trybie *Automatic Buck or* Boost była taka sama jak pokazana na rysunku 1. Typowe ustawienia konfiguracyjne dla pracy w tym trybie: V_{OUT_REG} 3,0 V, V_{CHG_REG} 2,7 V, I_{CHG_SET} 25 mA. Ładowanie i rozładowanie superkondensatora wykonywane było zgodnie z danymi katalogowym układu scalonego TPS61094. Przy pracy z małymi prądami obciążenia (5,26 i 7,7 mA) wystąpiły kłopoty z kształtem napięcia wyjściowego (VOUT). W sygnale wyjściowym podczas ładowania superkondensatora (Buck_on) występowały tętnienia typowo o kształcie impulsów o amplitudzie do 35 mVpp i częstotliwości od ok. 50 kHz do ok. kilku kHz.

Podczas podtrzymania napięcia wyjściowego (Boost_on) zmieniał się kształt tętnień na postać piły o amplitudzie do 38 mVpp i częstotliwości od kilku kHz do nawet 94 Hz.

Dodanie na wyjściu filtra LC (68 µH, 2×150 µF tant.) nie poprawiło znacząco sytuacji. Zwiększanie pojemności (do 2200 µF) nie powodowało wygładzania sygnału a tylko obniżanie częstotliwości tętnień.

Podczas przekazywania napięcia VIN na wyjście VOUT bez ładowania (tryb Supplement) w sygnale wyjściowym nie występowały tętnienia.

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

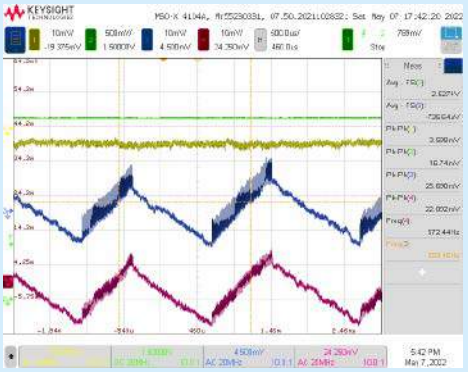
eprasa.pl a53a1e2c07

Następnie na wyjściu został zastosowany filtr BNX016-01 firmy Murata (plus 2×150 µF tant.) [9]. Filtr zapewnia tłumienie min. 40 dB dla 100 kHz. Dla tych zastosowań bardziej odpowiedni byłby filtr BNX029-01 z tłumieniem min. 35 dB dla 15 kHz. Podczas ładowania superkondensatora (Buck_on) nastąpiło znaczące zmniejszenie amplitudy tętnień w sygnale wyjściowym VOUT (do ok 9 mVpp) oraz znacząca poprawa sygnału uzyskiwanego na wyjściu filtra (**rysunek 9**). Pokazywane są: w kanale 1 szumy napięcia na wejściu VIN, w kanale 2 napięcie na superkondensatorze SUP, w kanale 3 szumy na wyjściu VOUT a w kanale 4 na wyjściu filtra.

Podczas podtrzymania napięcia wyjściowego (Boost_on) nastąpiło znaczące zmniejszenie amplitudy w sygnale wyjściowym VOUT (do ok. 25 mVpp) (**rysunek 10**). Na wyjściu filtra nastąpiło wygładzenie sygnału be znaczącego spadku amplitudy (ok. 22 mVpp). Również zwiększanie pojemności nie powodowało poprawy a tylko obniżanie częstotliwości tętnień. Zwiększenie prądu obciążenia powyżej ok. 13 A powodowało zniknięcie zakłóceń w sygnale wyjściowym. Przy zmniejszaniu tego prądu zaczynały się coraz częściej pojawiać pojedyncze szpilki. Sugeruje to modulację częstotliwości impulsów (PFM) w warunkach lekkiego obciążenia i tryb drzemki (Snooze) przy bardzo niskim obciążeniu. Pomiary były przeprowadzone z zastosowaniem oscyloskopu z pasmem ograniczonym do 20 MHz i z sondami pasywnymi 10:1 w zaszumionym otoczeniu (poziom ok. 6 mVpp).



Rysunek 9. Praca układu TPS61094 podczas ładowania superkondensatora (Buck_on)



Rysunek 10. Praca układu TPS61094 podczas podtrzymania napięcia wyjściowego (Boost_on)

Podsumowanie

Układ TPS61094 jest bardzo zintegrowanym, unikalnym rozwiązaniem problemu zasilania układów IoT. Jego podstawową zaletą jest możliwość pracy automatycznej oraz prosty sposób konfigurowania i zastosowania w systemie z dodatkową funkcją podtrzymania zasilania. Istotną zaletą układu jest bardzo niski prąd upływu IQ w trakcie pracy a jeszcze niższy w stanie Supplement (podtrzymania) i w trybie Snooze (drzemki). Kolejną zaletą jest efektywna obsługa niskonapięciowego (taniego) superkondensatora. Stosując TPS61094 można przedłużyć żywotność baterii układu IoT, ograniczając szczytowy prąd baterii i minimalizując degradację pojemności baterii. W przypadku urządzeń IoT zasilanych z sieci połączenie TPS61094 i superkondensatora może zapewnić zasilanie awaryjne podczas przerw w dostawie prądu.

Kolejny raz okazało się, że dopiero po wykonaniu praktycznych eksperymentów można dobrze zrozumieć opisy dokumentacji. Już sama nazwa firmowa układu TPS61094 „*Bi-directional buck/boost converter with bypass mode*" zestawiona z napięciem wejściowym Vin w zakresie 0,7...5,5 V, sugeruje bardzo dużo. W praktyce ogranicza się to tylko do automatycznego podtrzymania zasilania na ustawionym poziomie przez pewien czas. Za to ładowanie i podtrzymanie jest rzeczywiście wykonywane automatycznie. I można łatwo konfigurować parametry pracy superkondensatora. Próby pokazały jednak problemy z tętnieniami dla niskich wartości prądu obciążenia. Pewną wadą układu TPS61094 jest brak cyfrowego sygnału powiadamiającego o zaniku zasilania wejściowego i przejściu do pracy z podtrzymaniem.

Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska

REKLAMA



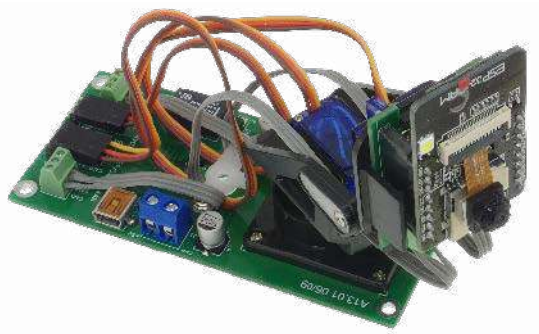
Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl a53a1e2c07

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 7/2022

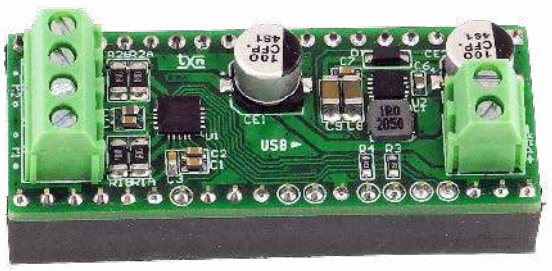
Moduł ESP32-CAM na ruchomym ramieniu

Moduł ESP32 zintegrowany z miniaturową kamerką cieszy się od lat zasłużoną popularnością. Za umiarkowaną cenę, użytkownik dostaje urządzenie pozwalające uzyskać obraz wideo o przyzwoitych parametrach. W dodatku oprogramowanie modułu wciąż ma otwarty kod źródłowy, co pozwala dostosowywać je do swoich potrzeb i pomysłów. Pewnie dla tego wciąż powstaje wiele nowych, amatorskich projektów dla modułu. Były one inspiracją dla projektu „rozruszania” ESP32-CAM co pozwala poszerzyć jego możliwości w nadzorze, w opiece nad dziećmi czy chorymi i wielu innych.



Bezprzewodowy wyłącznik wi-link

W moim domu został zamontowany wyłącznik oświetlenia w nieodpowiednim miejscu, zaś wszystkie prace wykończeniowe zostały już dawno zakończone. Nie było więc mowy o kuciu ścian i modyfikacji bieżącej instalacji elektrycznej. Po krótkim namyśle i na bazie swoich doświadczeń z systemami bezprzewodowego sterowania i akwizycji postanowiłem zbudować bezprzewodowy link sterujący, który nazwałem wi-link. Co oczywiste zależało mi na tym by nadajnik tego systemu pracował na zasilaniu bateryjnym i charakteryzował się minimalnym poborem mocy zapewniającym długą pracę urządzenia. Jako, że zdobyłem duże doświadczenie w zakresie obsługi bardzo ciekawych modułów RFM-12B produkowanych przez firmę HopeRF zdecydowałem się na ich zastosowanie również w tej aplikacji.



Ogromny zegar LCD bez procesora

Czasami robimy jakieś projekty tylko po to, by się przy tym bawić i nauczyć czegoś ciekawego. Tak właśnie powstał zegar z wielkim wyświetlaczem LCD. Oczywiście można by kupić taki gotowy i byłby dużo tańszy niż samodzielnie zrobiony, ale na pewno nie byłby taki fajny. Pomysł na projekt został zapoczątkowany od promocji na cyfrowe wyświetlacze LCD. Udało się kupić 6-cyfrowy wyświetlacz typu DE 337-RU-30 firmy Display Elektronik. Ten wyświetlacz to szklana tafla z wyprowadzeniami bez żadnego wbudowanego sterownika, więc sterownik wykonałem samodzielnie. Na szczęście jest to bardzo proste.

Sterownik mikrosilników prądu stałego dla PI Pico

Zaprezentowany projekt to nakładka rozszerzająca możliwości modułu Raspberry Pi Pico o sterowanie dwoma mikrosilnikami prądu stałego z regulacją PWM. Płytka bazuje na podwójnym, scalonym, mostkowym sterowniku silników typu A3906. Będzie przydatna w robotyce amatorskiej i nie tylko.

a ponadto tematy wiodące EP07/2022:

- Elektronika w przestrzeni kosmicznej
- Robotyka i napędy

Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

ARMEL 11
BORNICO 9
COMPUTER CONTROLS 7
ELMAX 13
GAMMA 11
HAMMOND 5
MICROCHIP 66, 112
PIEKARZ 11
SABUR 82, 89
TME 48, 53
WÜRTH ELEKTRONIK 57

Miesięcznik **„Elektronika Praktyczna”** (12 numerów w roku) jest wydawany przez AVT-Korporacja Sp. z o.o. we współpracy z wieloma redakcjami zagranicznymi.

Wydawnictwo:
AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 99, e-mail: avt@avt.pl

Wydawca:
Wiesław Marciniak

Adres redakcji:
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
e-mail: redakcja@ep.com.pl, www.ep.com.pl

Redaktor Naczelny:
Damian Sosnowski

Redaktor Programowy, Przewodniczący Rady Programowej:
Piotr Zbysiński

Menedżer Magazynu:
Katarzyna Gugała

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Grzegorz Becker

Zespół marketingu i reklamy:
Katarzyna Gugała, tel. 22 257 84 64
Bożena Krzykawska, tel. 22 257 84 42
Grzegorz Krzykawski, tel. 22 257 84 60

Stali Współpracownicy:
Lucjan Bryndza, Nikodem Czechowski, Jarosław Doliński, Andrzej Gawryluk, Krzysztof Górski, Tomasz Jabłoński, Henryk Kowalski, Rafał Kozik, Michał Kurzela, Przemysław Musz, Szymon Panecki, Sławomir Skrzyński, Ryszard Szymaniak, Adam Tatuś, Jakub Tyburski, Robert Wołgajew

Uwaga!
Kontakt z wymienionymi osobami jest możliwy via e-mail, według schematu: imię.nazwisko@ep.com.pl

DTP i okładka:
MAD Sp. z o.o.

Redakcja strony internetowej www.ep.com.pl
MAD Sp. z o.o.

Prenumerata w Wydawnictwie AVT
www.ulubionykiosk.pl lub tel. 22 257 84 22 (godz. 10:00–14:00)
e-mail: prenumerata@avt.pl

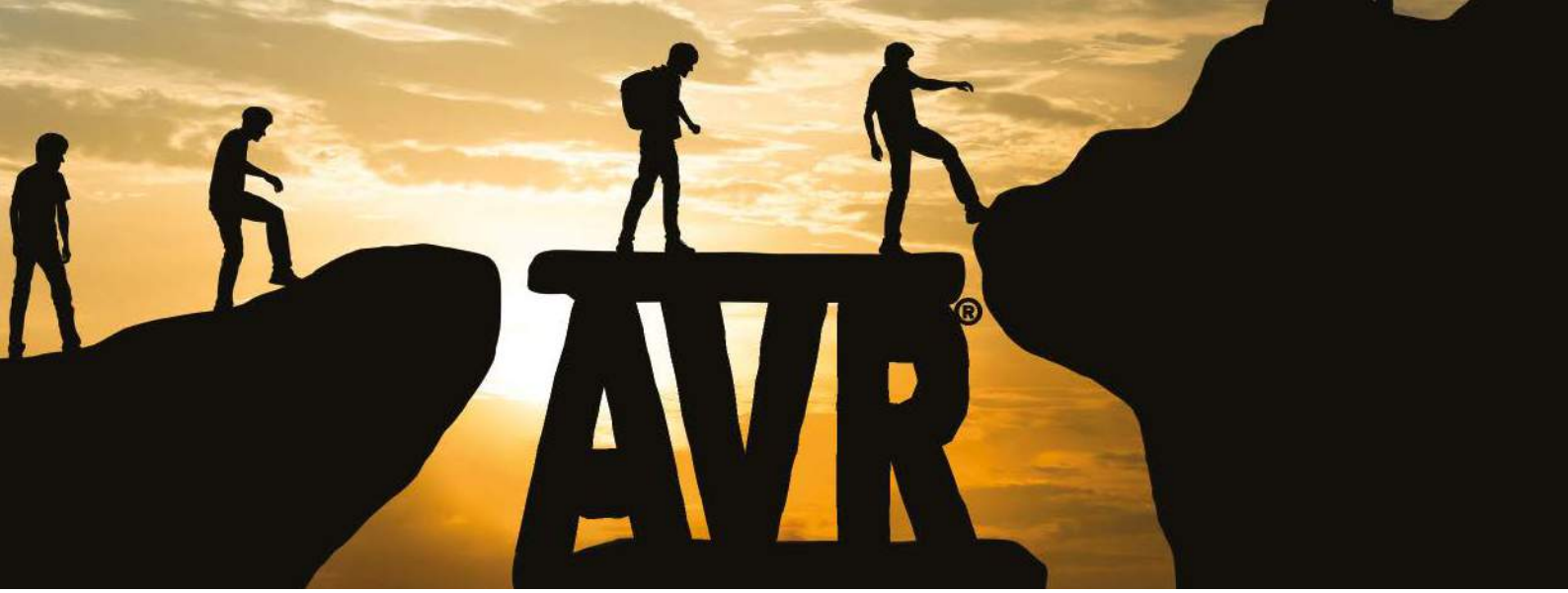
Prenumerata w RUCH S.A.
www.prenumerata.ruch.com.pl
lub tel. 801 800 803, 22 717 59 59
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl

Wydawnictwo AVT-Korporacja Sp. z o.o. należy do **Izby Wydawców Prasy**

Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Projekty publikowane w „Elektronice Praktycznej” mogą być wykorzystywane wyłącznie do własnych potrzeb. Korzystanie z tych projektów do innych celów, zwłaszcza do działalności zarobkowej, wymaga zgody redakcji „Elektroniki Praktycznej”. Przedruk oraz umieszczanie na stronach internetowych całości lub fragmentów publikacji zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej” jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu zgody redakcji. Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej”.

Fotografia na okładce:
By MW AHM – Own work, CC BY-SA 4.0, https://bit.ly/3DjQBKn

eprasa.pl a53a1e2c07



Zrealizuj swój cel projektowy dzięki rodzinie mikrokontrolerów AVR® DD

Wszechstronne, funkcjonalne, z dużą pamięcią - wypełnią luki w Twoim projekcie

Mikrokontroler AVR® DD zawiera wydajny rdzeń AVR o niskim poborze mocy oraz bogaty zestaw działających autonomicznie układów peryferyjnych (CIP), dzięki czemu idealnie nadaje się do realizacji funkcji sterowania w czasie rzeczywistym w aplikacjach przemysłowych, AGD, motoryzacji i Internecie Rzeczy (IoT).

Dzięki kompleksowej funkcjonalności, w tym Multi-Voltage Input/Output (MVIO), rodzina AVR DD MCU doskonale nadaje się do realizacji złożonych aplikacji lub jako pomocniczy MCU w złożonych projektach z wieloma domenami mocy.

Rozpocznij projektowanie z rodziną AVR DD MCU, aby wypełnić wszelkie luki w swoim projekcie.

Charakterystyka

- Wewnętrzny oscylator 24 MHz
- Do 64 KB pamięci Flash i 8 KB SRAM
- Dostępna szeroka gama obudów, od 14- do 32-pinowych
- USART/SPI/ oraz dual-mode Two-Wire Interface (TWI)
- MVIO na porcie C
- Różne układy peryferyjne, w tym detektor przejścia przez zero (ZCD), wykrywanie awarii zegara (CFD), system zdarzeń (EVSYS) i skaner sumy kontrolnej CRC





MICROCHIP

microchip.com/AVRDD

Nazwa i logo Microchip, logo Microchip i AVR są zastrzeżonymi znakami towarowymi firmy Microchip Technology Incorporated w USA i innych krajach. Wszystkie inne znaki towarowe są własnością ich zarejestrowanych właścicieli. © 2022 Microchip Technology Inc. Wszelkie prawa zastrzeżone. DS30010242A. MEC2422A-POL-05-22

eprasa.pl a53a1e2c07