OŚWIETLENIE LED – PARAMETRY I POMIARY

www.ep.com.pl

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA +FTP

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● Wrzesień ● 9/2021 ●



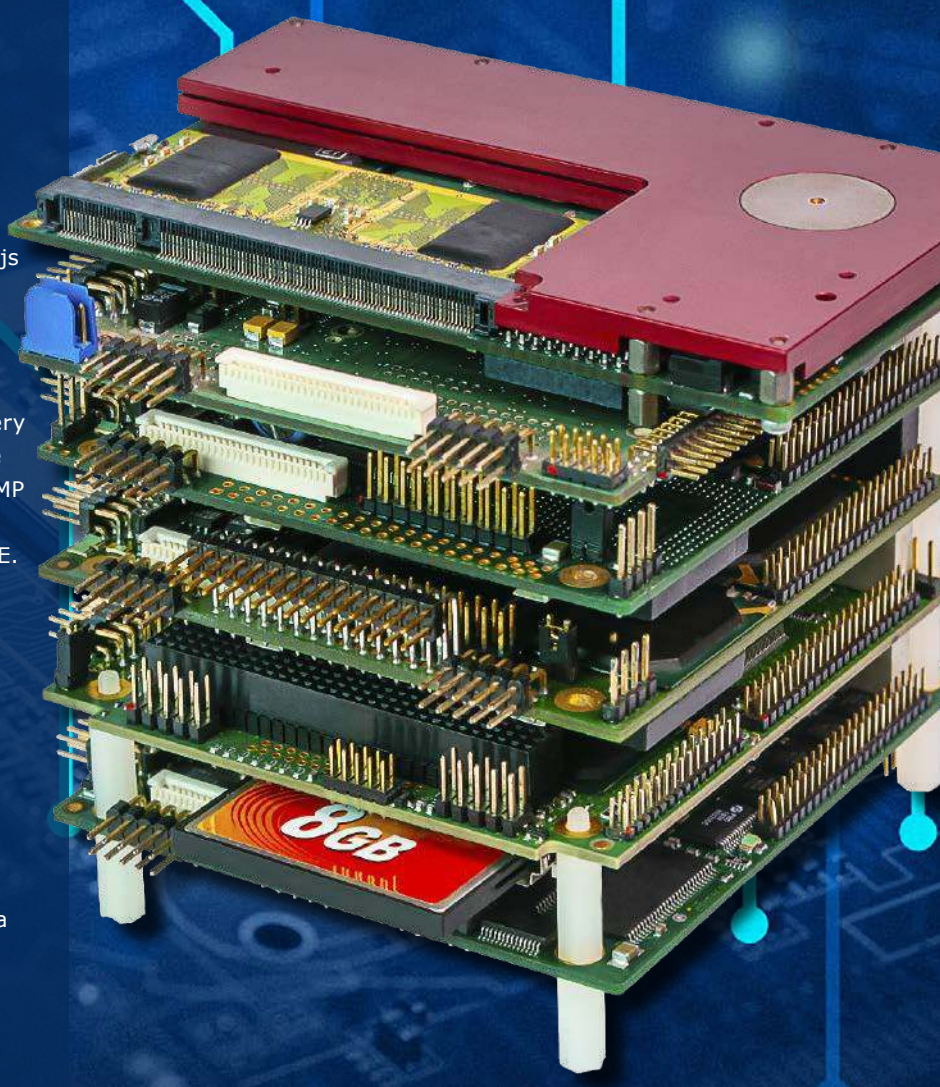
EP W TOKU NA EP.COM.PL

tylko Prenumeratorzy

mają dostęp do artykułów przed ich publikacją w EP

MIKROKONTROLERY DO KAŻDEJ APLIKACJI

TEMAT NUMERU



inspirujące, użyteczne projekty

Rozbudowany sterownik ładowarki akumulatora 12 V • Wzmacniacze wejściowe do częstościomierza. Rozszerzenie możliwości AVT3275 • Ekspander portu szeregowego UART do magistrali I²C • Automatyczny regulator poziomu sygnału audio • Miniklawiatura z podświetlaniem • 16 kanałowy kontroler PWM – sterownik serwomechanizmów dla RPi Zero • Interfejs wyświetlacza TFT RGB dla RPi Zero • Przenośna lampa LED RGB • LED-owy znikopis RGB

podzespoły, sprzęt, aplikacje

Mikrokontrolery 8-bitowe vs 32-bitowe • Mikrokontrolery i pamięci dla systemów embedded • Proste urządzenie do testowania akumulatorów • Zasilacze modularne NMP MEAN WELL. Dowolność konfiguracji oraz wiele napięć wyjściowych • Produkty marki Pomona w katalogu TME. Szeroki wybór akcesoriów pomiarowych najwyższej jakości • Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE. Front-endy do pomiarów (bio)chemicznych

tutoriale

Projektowanie sterownika dla diod LED dużej mocy • Projektowanie wysokotemperaturowych urządzeń elektronicznych • Parametry oświetlenia LED

kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy. Projekt Multi Sensor dla zestawu czujnikowego CC1352R LaunchPad SensorTag • Eksperymenty z FPGA. Terminal alfanumeryczny

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

ISSN 1230-3526 Indeks 357677

09 >

9 771230 352214



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.

PREZENT
do każdej opłaconej prenumeraty

Każdorazowo opłacenie prenumeraty jest premiowane prezentem. Możesz otrzymać t-shirt z logo EP (do wyboru mamy rozmiar L lub XL).
Zgłoś się po prezent mailowo – prenumerata@avt.pl.

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

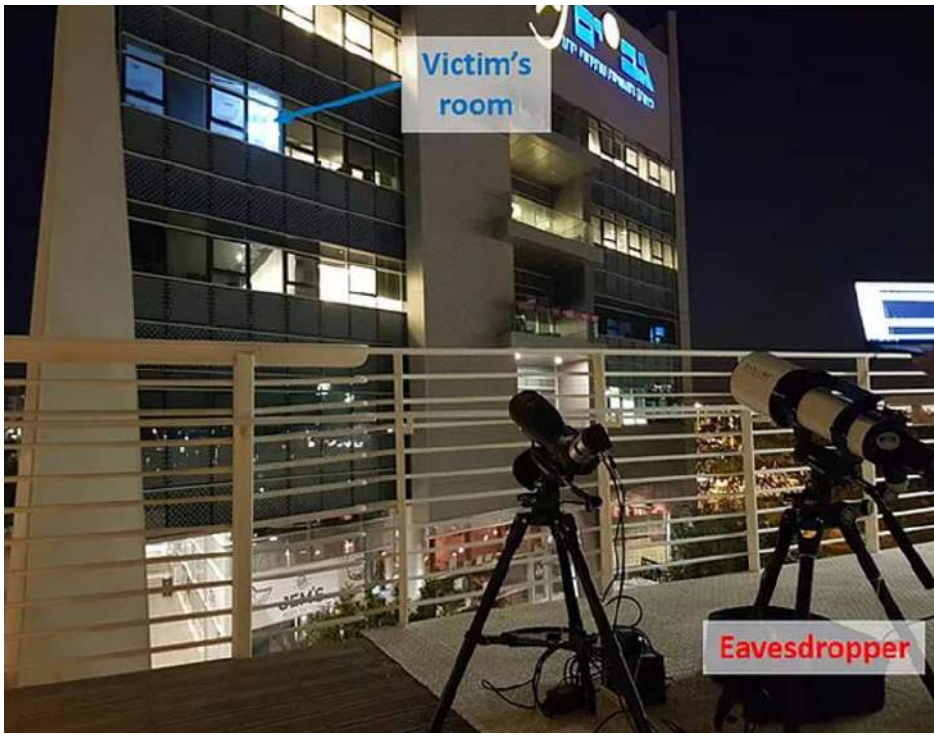
eprasa.pl 5a847e4771

Podsłuchująca żarówka

W tym wydaniu EP dział Wybór Konstruktora poświęciliśmy zagadnieniom związanym z oświetleniem LED. Sztuczne źródła światła są dla nas nieocenione, a dzięki nowym technologiom mogą być wydajniejsze, bardziej energooszczędne i lepiej dostosowane do różnych zadań. Ponadto światło doskonale nadaje się do przesyłania danych, o czym świadczy np. rozrastająca się światłowodowa infrastruktura internetowa czy sieci Li-Fi, wykorzystujące światło do oświetlania pomieszczeń i równoczesnego przesyłania danych, i w efekcie – dostępu do sieci. Światło może też przenosić informacje w sposób, którego do tej pory nie byliśmy świadomi – może umożliwić podsłuchiwanie nas.

Naukowcy z izraelskiego Uniwersytetu Bena Guriona oraz Instytutu naukowego Weizmanna niedawno opublikowali wyniki swoich doświadczeń z zupełnie nową techniką podsłuchu, polegającą na odczytywaniu dźwięku ze światła żarówki. Projekt został nazwany Lamphone.

Dźwięk jest wynikiem fluktuacji ciśnienia powietrza w danym obszarze. Te niewielkie wahania powodują, że nasza umowna żarówka wpada w wibracje. Rozkład natężenia światła na całej powierzchni bańki żarówki nie jest idealnie równomierny. Dlatego wszelki ruch przekłada się na wahania intensywności światła w określonym punkcie. Za pomocą teleskopu i wystarczająco dokładnego przetwornika obrazu/światła można zamienić ten sygnał na postać cyfrową i za pomocą odpowiedniego algorytmu przekształcić na dźwięk.



Podejrzewam, że pierwsze pytania każdego elektronika będą dotyczyły zastosowanych technicznych rozwiązań i skali tych mierzonych parametrów. Otóż cały eksperyment został poprzedzony dokładnymi badaniami. Do typowych żarówek LED typu E27 oraz E14 zamocowano szybki i precyzyjny żyroskop – sensor typu MPU-6050. Następnie w niewielkiej odległości ustawiono głośniki komputerowe i włączano dźwięki o różnej częstotliwości i sile. Za pomocą komputerka Raspberry Pi odczytywano wyniki pomiarów z czujnika, z częstotliwością 800 Hz. Wyniki obliczeń wykazały, że dźwięki powodowały ruch żarówki typu E27 w zakresie 3,5...12 mikronów, natomiast w przypadku żarówki typu E14 było to 17...55 mikronów. Do pomiaru natężenia oświetlenia zastosowano teleskop z zamontowanym precyzyjnym czujnikiem optycznym typu PDA100A2. Zmiany sygnału były na poziomie pojedynczych µV, a przy większym dystansie zmniejszały się do dziesiątek nV. Pomiary rejestrowano za pomocą precyzyjnej karty pomiarowej National Instruments – NI-9234, z 24-bitowymi przetwornikami ADC oraz oprogramowania LabView. Na podstawie zebranych pomiarów opracowano algorytm umożliwiający przetwarzanie sygnału optycznego na dźwięk, w czasie rzeczywistym. Efekty można zobaczyć i usłyszeć na filmie prezentującym działanie całego systemu.

Sama metoda podsłuchu jest wyjątkowa, ponieważ jest całkowicie pasywna – nie wykryje jej żaden detektor i nie wymaga żadnego oprzyrządowania umieszczonego w podsłuchiwanym miejscu, tylko zwykłej żarówki. Zrekonstruowany dźwięk był prawidłowo interpretowany przez oprogramowanie do rozpoznawania słów i muzyki. Oczywiście ten system ma też wiele ograniczeń dotyczących choćby źródła światła oraz jego widoczności. Pomimo to, dobrze pokazuje możliwości nowoczesnej, precyzyjnej aparatury pomiarowej i oprogramowania, które są niezbędne w pracy elektronika.

Damian Sosnowski

Strona opisująca projekt Lamphone: https://bit.ly/3l0rll3
Dokumentacja projektu: https://bit.ly/3l1XQzm
Film pokazujący działanie systemu: https://bit.ly/3yO8TkA

eprasa.pl 5a847e4771

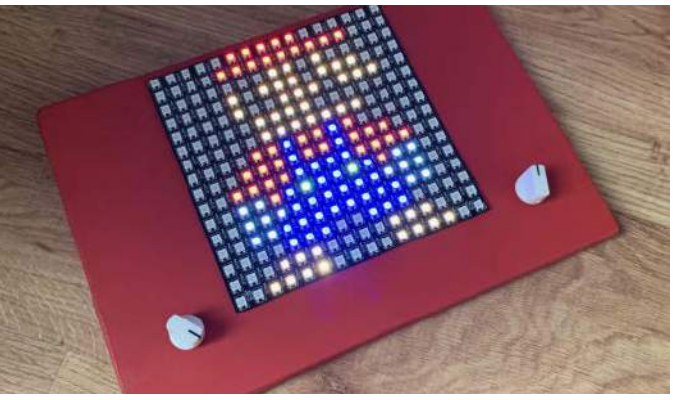
ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 9 (344) • Wrzesień 2021



Przenośna lampa LED RGB

Jednym z ciekawszych zastosowań kolorowego oświetlenia jest jego użycie do doświetlania zdjęć, co nadaje im unikalnego charakteru. Odpowiednio dobierając barwę, można uzyskać niepowtarzalny efekt. Typowo światło do zdjęcia zabarwia się filtrami na lampach, jednak jest to rozwiązanie niezbyt wygodne i niepraktyczne. Ciekawą alternatywą jest lampa RGB, która może świecić na dowolny kolor. W artykule zaprezentowano opis budowy i programowania kontrolera dla modułów RGB typu WS2812B. Następnie pokazano, jak zastosować taki kontroler do budowy kompaktowej, przenośnej lampy RGB, której można używać do doświetlania fotografowanej przestrzeni.



LED-owy znikopis RGB

Znikopis to popularna zabawka dla dzieci, wymyślona w połowie XX wieku we Francji. Oryginalny znikopis to prosty ploter – za pomocą dwóch pokręteł przemieszcza się rysik, który przesuwa aluminiowy proszek, tworzący obraz. Jak sugeruje nazwa, rysunek może łatwo „zniknąć" – wystarczy potrząsnąć zabawką, a kreski z aluminiowego proszku znikają. Zaprezentowany w artykule projekt przenosi to urządzenie w XXI wiek. Jest obsługiwane w identyczny sposób, jednak do wyświetlania obrazów zastosowano diody LED RGB.

Nie przeocz

Nowe podzespoły 6
Dodaj do obserwowanych 12
Konkurs 36
Koktajl niusów 95

Projekty

Rozbudowany sterownik ładowarki akumulatora 12 V 18
Wzmacniacze wejściowe do częstościomierza (1). Rozszerzenie możliwości AVT3275 22

Miniprojekty

Ekspander portu szeregowego UART do magistrali I²C 30
Automatyczny regulator poziomu sygnału audio 32
Miniklawiatura z podświetlaniem 34
16 kanałowy kontroler PWM – sterownik serwomechanizmów dla RPi Zero 37
Interfejs wyświetlacza TFT RGB dla RPi Zero 41

Temat numeru: Mikrokontrolery do każdej aplikacji

Mikrokontrolery 8-bitowe vs 32-bitowe 46
Mikrokontrolery i pamięci dla systemów embedded 52

Projekty soft

Przenośna lampa LED RGB 56
LED-owy znikopis RGB 60

Notatnik konstruktora

Projektowanie sterownika dla diod LED dużej mocy 63
Proste urządzenie do testowania akumulatorów 76
Projektowanie wysokotemperaturowych urządzeń elektronicznych (2) 90

Prezentacje

Zasilacze modularne NMP MEAN WELL. Dowolność konfiguracji oraz wiele napięć wyjściowych 70
Produkty marki Pomona w katalogu TME. Szeroki wybór akcesoriów pomiarowych najwyższej jakości 72

Wybór konstruktora: Oświetlenie LED

Parametry oświetlenia LED 80

Poradnik implementacji

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (7). Front-endy do pomiarów (bio)chemicznych 86

Kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy (52). Projekt Multi Sensor dla zestawu czujnikowego CC1352R LaunchPad SensorTag 99
Eksperymenty z FPGA (22). Terminal alfanumeryczny 107

Prenumerata 2
Od wydawcy 3
Kramik i rynek 98
Hity następnego numeru 111

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

eprasa.pl 5a847e4771

Szczegóły na stronie 40

Raspberry Pi 400

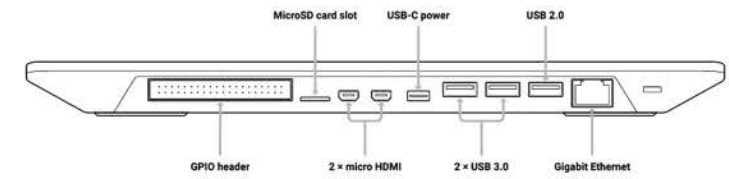
Raspberry Pi 400 to potężny, łatwy w użyciu komputer wbudowany w zgrabną i przenośną klawiaturę.

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.

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 j. angielskim)



RASP0015
530zł





Raspberry Pi 400 i akcesoria w zestawie przeszły wszystkie rygorystyczne testy zgodności i spełniają szereg regionalnych i międzynarodowych standardów.

sklep.avt.pl

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

eprasa.pl 5a847e4771

nowe podzespoły

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



Półmostkowe moduły mocy EasyDUAL CoolSiC

Moduły mocy EasyDUAL CoolSiC MOSFET firmy Infineon są obecnie produkowane w wersjach opartych na podłożu z ceramiki z azotku glinu (AIN). Są dostępne w konfiguracji półmostkowej z tranzystorami o rezystancji $R_{DS(on)}$ równej 11 mΩ w przypadku wariantu w obudowie EasyDUAL 1B i 6 mΩ w przypadku wariantu EasyDUAL 2B. Mogą znaleźć zastosowanie w instalacjach solarnych, zasilaczach UPS, falownikach, systemach przechowywania energii i ładowarkach pojazdów o napędzie elektrycznym.

Moduły FF11MR12W1M1_B70 i FF6MR12W2M1_B70 charakteryzują się napięciem znamionowym 1200 V. Zostały oparte na strukturach DCB (*Direct Copper Bonding*) zapewniających bardzo małą rezystancją termiczną złącze-radiator. Mogą dzięki temu pracować z większym prądem wyjściowym lub przy mniejszej temperaturze złącza niż wersje standardowe. Różnią się maksymalnym prądem wyjściowym, wynoszącym odpowiednio 100 A (I_{DRM}=200 A) i 200 A (I_{DRM}=400 A).

www.infineon.com

Niskoszumowe wzmacniacze w.cz. o paśmie do 23 GHz

Niskoszumowe wzmacniacze w.cz. nowej serii PE15A107x firmy Pasternack zostały zrealizowane na podłożach z azotku galu, zapewniających skuteczną ochronę stopnia wejściowego i bardzo dobre właściwości termiczne. Znacznie większe napięcie przebicia, w porównaniu z wcześniejszymi wersjami, zapewnia lepszą tolerancję na przepięcia wejściowe przy równoczesnym zachowaniu dużej sprawności i małego współczynnika szumów.



Podstawowe parametry wzmacniaczy serii PE15A107x			
	PE15A1075	**PE15A1073**	**PE15A1074**
Pasmo	1...7 GHz	5...13 GHz	1...23 GHz
Maks. moc wejściowa	+30 dBm (CW)	+34 dBm (CW)	+40 dBm (CW)
Wzmocnienie	42 dB	44 dB	29 dB
NF	1,5 dB	1,8 dB	3,5 dB
Wyjściowy P1dB	+22 dBm	+22 dBm	+20 dBm
Moc wyjściowa (Psat)	+25 dBm	+25 dBm	+23 dBm
OIP3	+31 dBm	+31 dBm	+32 dBm
Zasilanie	24 V_{DC}, 200 mA	24 V_{DC}, 160 mA	24 V_{DC}, 250 mA

Pozwala to wyeliminować dodatkowe wejściowe stopnie zabezpieczające, niezbędne w innych podobnych modułach, wprowadzające dodatkowe szumy.

Wzmacniacze serii PE15A107x mogą znaleźć zastosowanie w systemach broni elektronicznej, łączach mikrofalowych, radarach, w komunikacji satelitarnej, przy pracach badawczo-rozwojowych oraz w aplikacjach pracujących w przestrzeni kosmicznej. Występują w trzech wariantach na różne zakresy częstotliwości pracy: PE15A1075 (1...7 GHz), PE15A1073 (5...13 GHz) i PE15A1074 (1...23 GHz). Zapewniają wzmocnienie mocy do 44 dB, mały współczynnik sumów (od 1,5 dB) i moc wyjściową do 10 W. Dodatkową zaletą jest wytrzymała, małogabarytowa obudowa klasy militarnej.

www.pasternack.com

Miniaturowy czujnik zbliżeniowy o poborze prądu 6,63 µA



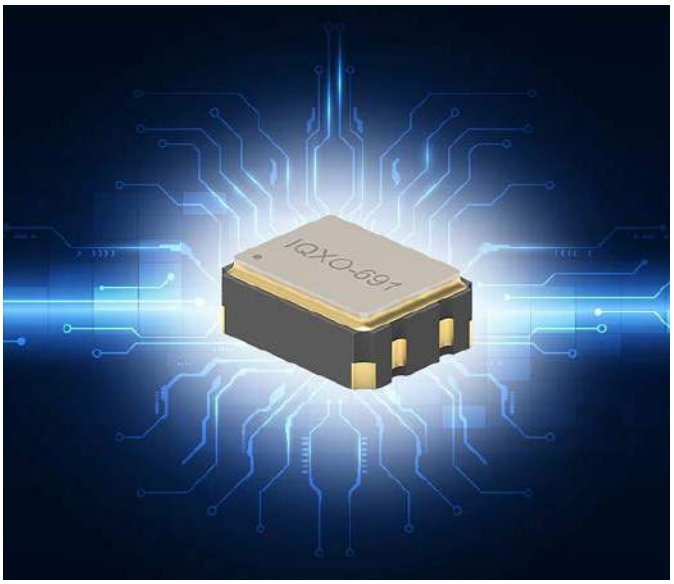
VCNL36825T to optyczny czujnik zbliżeniowy o nieduży gabarytach i małym poborze prądu, mogący znaleźć zastosowanie w przemyśle i urządzeniach konsumenckich, np. bezprzewodowych słuchawkach dousznych i zestawach nagłownych VR/AR. Jest zamykany w obudowie SMD o wymiarach 2,0×1,25×0,5 mm z wewnętrznym laserem VCSEL pracującym na długości fali 940 nm, fotodiodą, układem przetwarzania sygnału i 12-bitowym przetwornikiem A/C. W porównaniu z czujnikami poprzedniej generacji, zajmuje mniejszą o 76% powierzchnię montażową. Dzięki zakresowi pomiaru, wynoszącemu 200 mm, może też znaleźć zastosowanie w układach antykolizyjnych zabawek elektronicznych oraz robotów konsumenckich i przemysłowych. Zapewnia kompensację temperaturową w zakresie od –40 do +85°C.

Czujnik VCNL36825T pracuje z napięciem zasilania z zakresu 2,64...3,6 V i charakteryzuje się małym poborem prądu, wynoszącym

eprasa.pl 5a847e4771

typowo 6,63 µA. Zawiera interfejs I²C i programowalną funkcję przerwania, pozwalającą określić wartości progowe przełączania, co eliminuje konieczność ciągłej komunikacji z mikrokontrolerem.

www.vishay.com



Niskonapięciowe oscylatory zegarowe CMOS na zakres częstotliwości 10...50 MHz

Oscylatory zegarowe CMOS serii IQXO-691 firmy IQD wyróżniają się niskim napięciem zasilania, wynoszącym w zależności od wersji 0,9, 1,2 lub 1,5 V. Zostały zaprojektowane do zastosowań w urządzeniach przenośnych, w których krytycznym parametrem jest czas pracy na baterii. Pobierają 10 mA prądu w stanie aktywnym i maksymalnie 100 µA w trybie shutdown.

Oscylatory IQXO-691 pokrywają zakres częstotliwości wyjściowych 10...50 MHz. Zapewniają stabilność wynoszącą od ±20 ppm w zakresie temperatury otoczenia –20…+70°C (±25 ppm w zakresie –40…+85°C). Ponadto do ich zalet należy bardzo dobra stabilność długoterminowa (maks. ±3 ppm w pierwszym roku) i mały jitter fazy (do 1,0 ps rms). Producent dostarcza je w czterech wariantach hermetycznych obudów SMD o powierzchni od 2,5×2,0 mm do 7,0×5,0 mm.

www.iqdfrequencyproducts.com

Zintegrowany stopień mocy do pracy z obciążeniami do 500 W



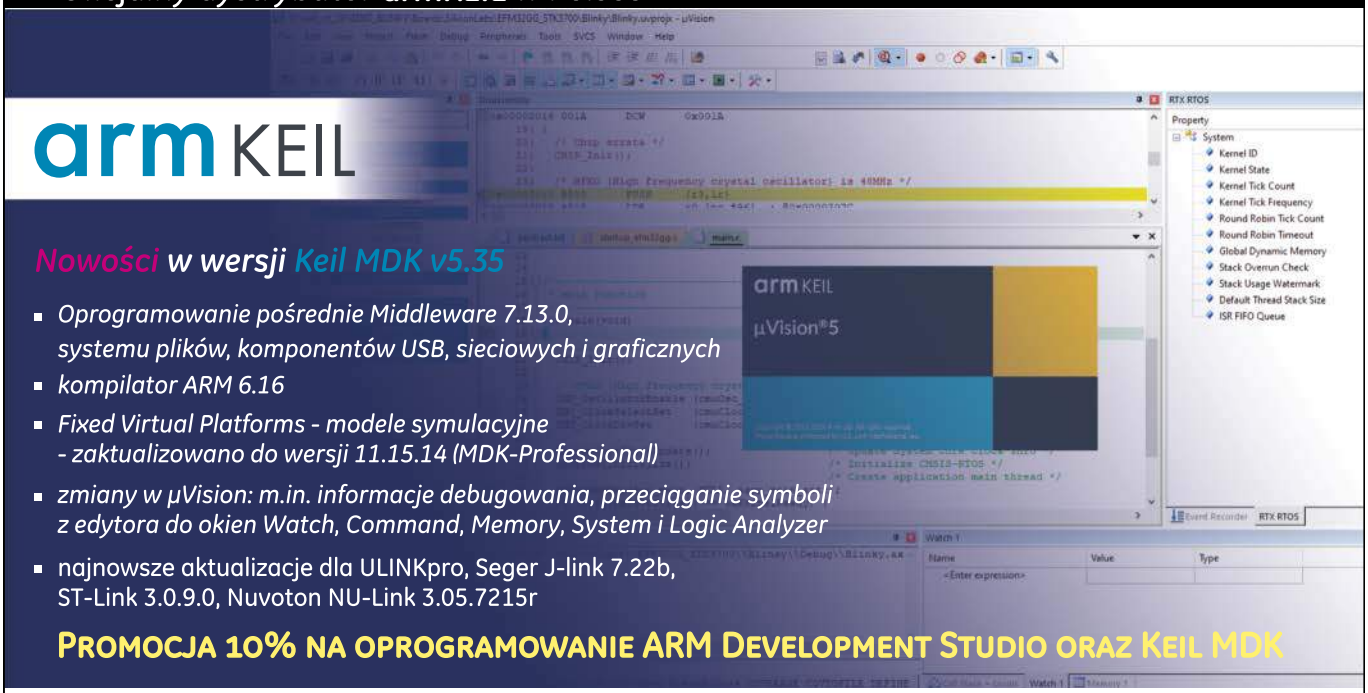
Przełączniki zasilania oparte na azotku galu (GaN) o szerokim paśmie zabronionym (WBG), zapewniające dużą sprawność i mogące pracować z dużą częstotliwością przełączania, zapoczątkowały nową erę w energoelektronice. Ma w tym swój udział również firma Infineon, wprowadzająca na rynek kolejne wersje tzw. zintegrowanych stopni mocy (IPS) bazujacych na półprzewodnikach WBG. Oferta w tym zakresie obejmuje stopnie półmostkowe i jednokanałowe, zaprojektowane do zastosowań w ładowarkach i zasilaczach impulsowych małej i średniej mocy.

Najnowszym produktem w ofercie Infineona jest półmostkowy, inteligentny stopień mocy IGI60F1414A1L z 600-woltowymi tranzystorami CoolGaN. Jest to moduł o bardzo dużej gęstości mocy, zamykany w obudowie QFN-28 o powierzchni 8×8 mm. Zawiera dwa wewnętrzne tranzystory CoolGaN e-mode HEMT o napięciu przebicia

REKLAMA

COMPUTER CONTROLS

Oficjalny dystrybutor **armKEIL** w Polsce



Computer Controls Sp. z o.o.
Bielsko-Biała, ul. Budowlanych 1
tel.: +48 (33) 485 94 90
e-mail: info@ccontrols.pl
www.ccontrols.pl

eprasa.pl 5a847e4771

600 V i rezystancji przewodzenia 140 mΩ oraz odizolowany galwanicznie stopień sterowania bramek EiceDRIVER. Jest sterowany za pomocą dwóch cyfrowych wejść PWM. Separacja masy obwodu cyfrowego i wysokoprądowego oraz prosta topologia płytki drukowanej mają kluczowe znaczenie dla skrócenia czasu projektowania, zmniejszenia liczby podzespołów i ograniczenia całkowitego kosztu realizacji obwodu. Bariera izolacyjna między sekcją wejściową i wyjściową została zrealizowana z użyciem techniki bezrdzeniowych transformatorów prądowych (CT), gwarantującej dużą szybkość przełączania i dużą odporność nawet na bardzo szybkie impulsy wejściowe o szybkości narastania powyżej 150 V/ns.

Parametry przełączania układu można łatwo modyfikować poprzez dobór wartości kilku zewnętrznych elementów pasywnych. Pozwalają one optymalizować współczynnik slew-rate dla zredukowania poziomu generowanych zaburzeń elektromagnetycznych oraz ustalać natężenie prądu bramki w stanie stabilnym i ujemne napięcie sterowania bramką do zapewnienia niezawodnej pracy w trybie hard-switching.

Ponadto, dzięki integracji systemu w jednym module oraz bardzo dokładnemu i stabilnemu czasowi propagacji sterowników bramek, IGI60F1414A1L zapewnia bardzo krótkie czasy martwe, pozwalające zwiększyć sprawność energetyczną i osiągnąć gęstość mocy nawet do 35 W/cal³ w ładowarkach i zasilaczach sieciowych.

www.infineon.com

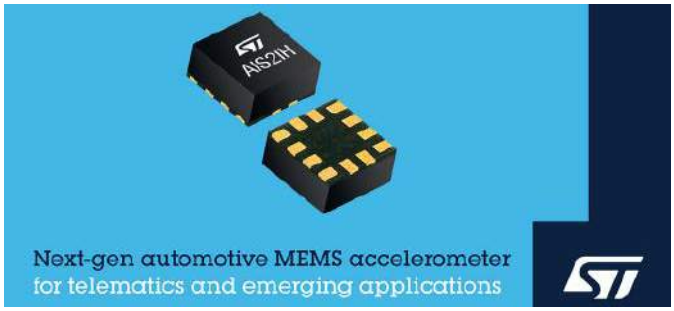
Nowe dławiki skompensowane prądowo



Wurth Elektronik dodaje do oferty podzespołów pasywnych dwa nowe dławiki skompensowane prądowo: WE-FCLP do montażu przewlekanego i WE-CMDC do montażu SMT. Model WE-FCLP, produkowany w obudowie o wymiarach 24,5×15,5×14,5 mm, jest dostępny w 8 wersjach o indukcyjności od 6 do 100 mH. Charakteryzuje się współczynnikiem tłumienia do 85 dB w trybie sumacyjnym, a dzięki dużej indukcyjności rozproszenia zapewnia tłumienie również w trybie różnicowym. Może znaleźć zastosowanie w zasilanych z sieci sterownikach diod LED, statecznikach elektronicznych, zasilaczach impulsowych i filtrach sieciowych.

Drugi z nowych modeli, WE-CMDC, to dławik skompensowany prądowo z kwalifikacją AEC-Q200 Grade 1. Pomimo małych wymiarów, wynoszących 12×11×6 mm, może pracować z prądem przewodzenia do 8 A. Występuje w wersjach o indukcyjności 9, 13 i 17 µH. Może być stosowany na liniach sygnałowych oraz w niskonapięciowych zasilaczach i przetwornicach DC-DC.

www.we-online.com



3-osiowy akcelerometr MEMS nowej generacji

Trójosiowy akcelerometr nowej generacji AIS2IH firmy STMicroelectronics zapewnia większą rozdzielczość, stabilność temperaturową i wytrzymałość mechaniczną od wcześniejszych wersji. Został zaprojektowany do zastosowań w samochodowych obwodach niezwiązanych z bezpieczeństwem, między innymi w telematyce, nawigacji, systemach informacyjno-rozrywkowych i instalacjach alarmowych. Uzyskał kwalifikację AEC-Q100. Może pracować w szerokim zakresie temperatury otoczenia od –40 do +115°C. Charakteryzuje się bardzo małym poborem prądu i małymi gabarytami – jest zamykany w obudowie LGA o powierzchni 2×2 mm.

AIS2IH oferuje 5 różnych trybów pracy zapewniających, w zależności od wymogów aplikacji, dużą rozdzielczość pomiaru (HPM) lub mały pobór mocy (LPM). Przełączanie między trybami może się odbywać w dowolnym momencie podczas pracy układu. Dostępne są wersje o zakresie pomiarowym ±2, ±4, ±8 i ±16 g. Sensor AIS2IH pracuje z częstotliwością wyprowadzania danych od 1,6 Hz do 1,6 kHz. Zawiera konfigurowalne filtry dolno- i górnoprzepustowe. Charakteryzuje się małymi szumami (90 µg/√Hz) w trybie HPM. Pobór prądu w trybach HPM i LPM wynosi odpowiednio 110 µA i 0,67 µA przy częstotliwości pracy 1,6 Hz. Dodatkową oszczędność zapewnia 32-poziomowa pamięć FIFO i tryb wykrywania ruchu.

www.st.com



Miniaturowe 3-amperowe konwertery DC-DC step-down

AP61300 i AP61302 to 3-amperowe konwertery DC-DC buck o zakresie napięcia wejściowego od 2,4 do 5,5 V, zamykane w obudowach SOT563 o wymiarach 1,7×1,7×0,6 mm. Zawierają dwa wyjściowe tranzystory MOSFET o małej rezystancji $R_{DS(on)}$: high-side (70 mΩ) i low-side (50 mΩ), zapewniając dużą sprawność energetyczną, sięgającą przy pełnym obciążeniu nawet >95%. Oba układy oferują dwa tryby pracy: PWM dla zakresu dużych obciążeń oraz PFM, zapewniający dużą sprawność w zakresie małych prądów wyjściowych, sięgającą 84% przy prądzie obciążenia 5 mA (VIN=5 V, VOUT=1,8 V).

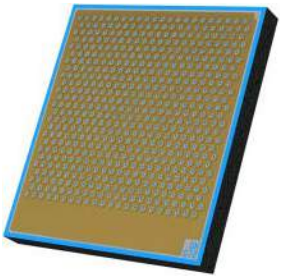
Dzięki zastosowaniu trybu sterowania ze stałym czasem włączenia klucza (COT), AP61300 i AP61302 wymagają minimum elementów współpracujących. Charakteryzują się krótkim czasem odpowiedzi i małym wyjściowym napięciem zaburzeń. Są konwerterami uniwersalnymi o szerokim zakresie zastosowań, obejmującym m.in. sprzęt AGD, systemy zasilania mikroprocesorów i układów ASIC/DSP, kamery sieciowe i routery bezprzewodowe. AP61302 zawiera wyprowadzenie Power Good sygnalizujące poprawną wartość napięcia wyjściowego. Oba układy zawierają zabezpieczenie podnapięciowe, nadnapięciowe, nadprądowe i termiczne. Najważniejsze cechy konwerterów to:

- zakres napięcia wejściowego: 2,4...5,5 V,
- zakres napięcia wyjściowego: 0,6 V...VIN,
- dokładność wewnętrznego źródła referencyjnego: 0,6 V ±2%,
- pobór prądu w trybie shutdown: 0,1 µA,
- pobór prądu w trybie spoczynkowym: 19 µA,
- wielofunkcyjne wejście EN do przełączania trybów PWM/PFM,
- wyjście sygnalizacyjne Power Good (AP61302).

www.diodes.com

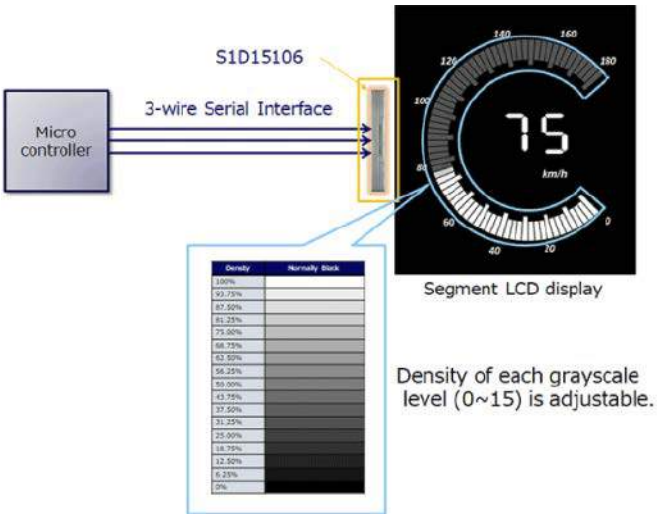
eprasa.pl 5a847e4771

550-szczelinowy laser VCSEL o dużej sprawności konwersji



Osram Opto Semiconductors rozwija technologię laserów VCSEL, wprowadzając na rynek nowy model wielozłączowy PowerBoost, pozwalający zwiększyć sprawność konwersji mocy nawet o 60% oraz zwiększyć moc optyczną. Dzięki krótkim czasom narastania/opadania umożliwia on pracę z impulsami o bardzo małej szerokości w aplikacjach ToF, pozwalając zwiększyć zasięg pomiaru przy zapewnieniu bezpieczeństwa dla oczu użytkowników. Model PowerBoost zawiera 550 szczelin optycznych. Został wykonany w technologii multi-junction ze złączami p-n rozdzielonymi złączami tunelowymi. Technologia ta pozwala na zwiększenie sprawności energetycznej do 2 W/A dla struktur dwuzłączowych V00155 oraz do 3 W/A dla struktur trójzłączowych V00156, umożliwiając ograniczenie natężenia prądu impulsowego przy tej samej mocy optycznej, co w przypadku jednozłączowych laserów VCSEL.

www.osram.com



Sterownik LCD do zintegrowanych tablic wskaźników w samochodowych panelach dotykowych

Seiko Epson rozpoczyna produkcję masową sterownika LCD S1D15106 do zintegrowanych tablic wskaźników stosowanych m.in. w samochodowych panelach dotykowych. Spełnia on surowe wymagania jakościowe dla produktów motoryzacyjnych. Jest zgodny ze standardem AEC-Q100 i może pracować w temperaturze otoczenia do +105°C.

S1D15106 jest sterownikiem o dużym kontraście, zapewnianym przez sterowanie statyczne i 16-poziomową regulację szarości sygnałem PWM. Umożliwia sterowanie wyświetlaczami zawierającymi do 365 segmentów. Komunikuje się bezpośrednio z mikrokontrolerem za pomocą 3-żyłowego interfejsu szeregowego, dzięki czemu może być wykorzystany do sterowania wyświetlaczami bez zewnętrznej pamięci. Został wyposażony w funkcje bezpieczeństwa i diagnostyki, w tym wykrywania zwarcia/rozwarcia linii sterującej. W takim przypadku linia diagnostyczna segmentu przejmuje funkcję linii sterującej, zapewniając poprawne funkcjonowanie wyświetlacza.

www.epson-electronics.de

Baterie cienkowarstwowe Zn/MnO2 na zakres temperatury pracy od –35 do +50°C

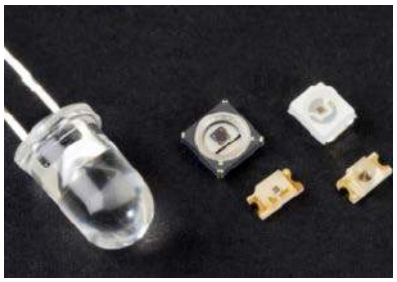
Do oferty firmy TTi wchodzą cienkowarstwowe baterie cynkowo-węglowe produkcji Molex, dostępne w wersjach o napięciu 1,5 V (model 13331-0002) i 3 V (model 13299-0002). Zawierają one anodę wykonaną z cynku i katodę z tlenku manganu. Charakteryzują się bardzo małą grubością, wynoszącą 0,7 mm. Mogą być zawijane na obiektach przy minimalnym promieniu gięcia 35 mm. Nadają się do pracy w zakresie temperatury otoczenia od –35 do +50°C. Ich zakres zastosowań obejmuje elektronikę przenośną, w tym biometryczne urządzenia monitorujące, inteligentne etykiety, czujniki parametrów środowiskowych oraz aplikacje przemysłowe małej mocy.

Podstawowe parametry baterii		
	Bateria 1,5 V	**Bateria 3,0 V**
Napięcie nominalne	1,5 V	3,0 V
Powierzchnia	35×35 mm	54×36 mm
Masa	1,0 g	2,0 g
Pojemność	20 mAh @ 1 mA	24 mAh @ 1 mA
Rezystancja wewnętrzna	55 Ω	90 Ω
Prąd szczytowy	10 mA	8...10 mA
Czas magazynowania	2 lata w oryginalnym opakowaniu i temperaturze +23°C	



www.tti.com

Nowa generacja emiterów SWIR na zakres długości fali od 1020 do 1720 nm



Marktech Optoelectronics, firma specjalizująca się w projektowaniu, produkcji i testowaniu komponentów optoelektronicznych, wprowadza na rynek nową generację nadajników podczerwieni SWIR pracujących w zakresie długości fali od 1020 do 1720 nm. W stosunku do poprzedników charakteryzują się one dwukrotnie większą mocą wyjściową i dłuższym czasem bezawaryjnej pracy. Ze względu na większą długość fali pozwalają wykrywać szerszą gamę

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 5a847e4771

materiałów, począwszy od wody i glukozy po produkty rolne. Nadają się do zastosowań w wielu sektorach: medycynie, przemyśle, rolnictwie, komunikacji, instalacjach alarmowych i akcesoriach przenośnych. Ich znamionowy prąd przewodzenia wynosi od 20 do 350 mA w zależności od modelu. Dostępne są warianty do montażu SMT i przewlekanego, zamykane w kilku wariantach obudów, w tym TO-46 i TO-18 oraz SMD o powierzchni już od 1,6×1,6 mm.

www.marktechopto.com



Najmniejsze na rynku sprzęgacze optyczne

RV1S9209A, RV1S9231A i RV1S9207A to najmniejsze obecnie na rynku sprzęgacze optyczne, zaprojektowane do zastosowań w ciężkich warunkach środowiskowych, w tym w automatyce przemysłowej, stacjach ładowania EV i falownikach w instalacjach fotowoltaicznych. Są zamykane w obudowach LSSO5 o przekroju 2,5×2,1 mm i długości 7,5 mm (bez wyprowadzeń). Charakteryzują się drogą upływu wynoszącą 8,2 mm, krótkimi czasami przełączania (tP_{HL}/tP_{LH}=175 ns maks.) i odpornością na wejściowe przepięcia sumacyjne o szybkości narastania/opadania zbocza do co najmniej ±50 kV/µs. Mogą być stosowane w układach sterowania bramkami tranzystorów IGBT oraz w modułach mocy (IPM), pozwalając ograniczyć powierzchnię montażową o 35% w stosunku do odpowiedników innych producentów.

Sprzęgacze RV1S9231A i RV1S9207A, zaprojektowane do układów sterowników bramek tranzystorów IGBT, mogą pracować z maksymalnym prądem wyjściowym odpowiednio 2,5 A i 0,6 A. Z kolei RV1S9209A to sprzęgacz zaprojektowany do modułów IPM, pracujący z aktywnym wysokim stanem logicznym. Wszystkie trzy układy charakteryzują się napięciem izolacji 5000 V rms i dopuszczalną temperaturą pracy +125°C. Nadają się do zastosowań w 200- i 400-woltowych systemach ze wzmocnioną izolacją. Spełniają wymogi normy bezpieczeństwa UL61800-5-1 dla układów napędowych.

www.renesas.com

Płaskie superkondensatory o pojemności 3,5...15 F do pracy w temperaturze otoczenia –55...+90°C

Do oferty firmy Rutronik wchodzą płaskie superkondensatory PrizmaCap z oferty AVX, dostępne w trzech wariantach o pojemności 3,5, 9,5 i 15 F. Są to elementy lekkie i elastyczne o grubości od 0,8 mm, mogące pracować w szerokim zakresie temperatury otoczenia od –55 do +90°C. Dzięki płaskiej konstrukcji i zastosowanej technologii elektrolitu opartego na węglanie propylenu (PC) mogą być montowane w ciasnych przestrzeniach, w których nie jest możliwe stosowanie wersji standardowych.



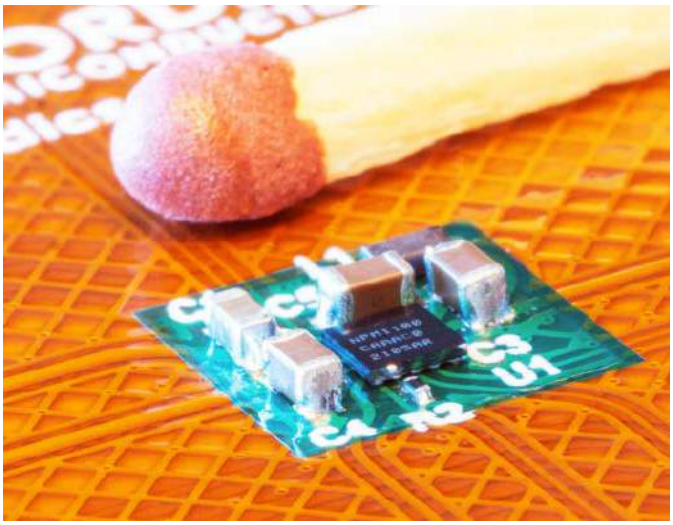
Podstawowe parametry superkondensatorów

	SCPB08A-355SNA	SCPB13A-855SNA	SCPB20A-156SNA
Powierzchnia	48×45 mm		
Grubość	0,8 mm	1,3 mm	2,0 mm
Pojemność	3,5 F	8,5 F	15 F
Tolerancja	+30%/–10%		
Napięcie znamionowe	2,1/1,1 V*		
Temperatura pracy	65°C/90°C*		
Maks. ESR @ 1 kHz	110 mΩ	50 mΩ	30 mΩ
Maks. ESR @ DC	200 mΩ	80 mΩ	55 mΩ
Prąd szczytowy	2,16 A	5,31 A	8,63 A
Gęstość mocy	1413 W/kg	2380 W/kg	2582 W/kg
Maks. energia	0,0021 Wh	0,0052 Wh	0,0092 Wh
Gęstość energii	1,14 Wh/kg	1,87 Wh/kg	2,43 Wh/kg

* przy temperaturze >65°C zalecane jest obniżenie napięcia z 2,1 V do 1,1 V dla zachowania długiej żywotności

Superkondensatory PrizmaCap są polecane do zastosowań w urządzeniach przenośnych jako elementy o dużej mocy szczytowej, wspierające podstawowy akumulator. Drugim obszarem zastosowań są aplikacje pozyskiwania energii z otoczenia (*energy harvesting*).

www.rutronik24.com



Układ zarządzania zasilaniem o wymiarach 2,075×2,075 mm do urządzeń z akumulatorami Li-Ion/Li-Po

Nordic Semiconductor ogłasza wprowadzenie na rynek swojego pierwszego układu do zarządzania zasilaniem (PMIC), oznaczonego symbolem nPM1100. Zawiera on regulator wejściowy z zabezpieczeniem nadnapięciowym, kompatybilny ze standardem USB, układ ładowania o wydajności prądowej 400 mA oraz 150-miliamperowy konwerter DC-DC step-down, zamknięte w obudowie WLCSP o powierzchni 2,075×2,075 mm. NPM1100 zapewnia stabilną pracę wieloprotokołowych układów SoC serii nRF52 i nRF53 z oferty Nordic oraz maksymalizuje żywotność baterii. Może być również wykorzystywany jako uniwersalny układ PMIC w urządzeniach zasilanych z akumulatorów litowo-jonowych i litowo-polimerowych. Dzięki bardzo małym rozmiarom nadaje się idealnie do zaawansowanych urządzeń przenośnych, w tym urządzeń medycznych z komunikacją bezprzewodową oraz innych aplikacji o małych gabarytach.

NPM1100 charakteryzuje się bardzo małym prądem spoczynkowym (IQ), wynoszącym typowo 700 nA. Co więcej, można go zmniejszyć

eprasa.pl 5a847e4771

do 470 nA w trybie *ship*, w którym odłączany jest stopień wyjściowy, co eliminuje konieczność stosowania zewnętrznych wyłączników zasilania, pozwalając ograniczyć pobór mocy urządzeń podczas transportu. Cały układ zasilania, bazujący na nPM1100, zajmuje powierzchnię zaledwie 23 mm², znacznie mniejszą niż w przypadku produktów konkurencyjnych.

Regulator wejściowy nPM1100 pobiera energię z wejścia USB (4,1...6,6 V) lub z akumulatora (2,3...4,35 V) i może dostarczać nieregulowane napięcie 3,0...5,5 V do aplikacji przy prądzie wyjściowym do 500 mA. Zawiera zabezpieczenie przepięciowe do 20 V. Obsługuje tryby USB SDP (*Standard Downstream Port*), CDP (*Charging Downstream Port*) i DCP (*Dedicated Charger Port*).

Układ ładowania, zgodny ze specyfikacją JEITA, pracuje z prądem wyjściowym od 20 do 400 mA, programowanym za pomocą rezystora i z napięciem 4,1 lub 4,2 V. Oferuje funkcję zabezpieczenia termicznego akumulatora i automatycznego wyboru spośród trzech trybów ładowania: *automatic trickle*, *CC* i *CV*. Zawiera ogranicznik prądu rozładowania.

Konwerter DC-DC step-down zapewnia wydajność prądową 150 mA i pracuje z napięciem wyjściowym równym 1,8, 2,0, 2,7 lub 3,0 V. Zapewnia dużą sprawność energetyczną w szerokim zakresie obciążeń; przekracza ona 90% przy prądzie obciążenia poniżej 100 µA. Konwerter został wyposażony w układ miękkiego startu. Automatycznie przełącza się między trybami histerezy i PWM. Obsługuje również wymuszony tryb PWM, zapewniający mały poziom generowanych zaburzeń elektromagnetycznych.

NPM1100 nie wymaga oprogramowania konfiguracyjnego, ponieważ wszystkie ustawienia można konfigurować za pomocą pinów. Został przystosowany do pracy w temperaturze otoczenia od –40 do 85°C. Producent oferuje do niego zestaw ewaluacyjny.

www.nordicsemi.com



5-calowe wyświetlacze LCD od Winstara kompatybilne z Raspberry Pi

W ofercie Unisystemu dostępne są dwa modele 5-calowych wyświetlaczy LCD od Winstara, które można bezpośrednio połączyć z minikomputerami Raspberry Pi. Modele oznaczone WF50BTIFGDHTV# i WF50BTIFGDHGV# mają rozdzielczość 800×480. Dla obu modeli jasność określono na podobnym poziomie – 350 cd/m² dla WF50BTIFGDHTV# oraz 400 cd/m² dla WF50BTIFGDHGV#. Kierunek obserwacji na godzinie 12.00 zapewnia optymalną czytelność treści w aplikacjach, których ekrany znajdują się na poziomie lub poniżej linii wzroku. Oba modele w standardzie wyposażono w panel dotykowy. W zależności od projektowanego urządzenia możemy wybierać między rozwiązaniem rezystancyjnym w WF50BTIFGDHTV# i pojemnościowym w WF50BTIFGDHGV#.

Kluczowe parametry obu omawianych modeli

Parametr	WF50BTIFGDHTV#	WF50BTIFGDHGV#
Rozmiar	5,0”	5,0”
Rozdzielczość	800×480	800×480
Obszar aktywny	108,0×64,8 mm	108,0×64,8 mm
Jasność	350 cd/m²	400 cd/m²
Kontrast	500:1	500:1
Kąty obserwacji	12:00	12:00
Interfejs	HDMI	HDMI
Wymiary	120,7×75,8× (max) 23,0 mm	120,7×75,8× (max) 23,2 mm
Podświetlenie	LED	LED
Czas życia led	50 000 godz.	50 000 godz.
Zakres temperatur pracy	–20...70°C	–20...70°C
Powierzchnia	anti-glare	glare
Panel dotykowy	tak, rezystancyjny	tak, pojemnościowy



Ekrany można obsługiwać za pomocą minikomputerów Raspberry Pi. W obu modelach zamontowano 40-pinowe złącze GPIO z interfejsem HDMI. W gestii klienta pozostaje nabycie konektora HDMI (możliwe jest również zamówienie opcjonalnego komponentu dostarczanego przez Winstar (dostępny jest jako WWHDMI-00#). Oba rozwiązania są kompatybilne z minikomputerami Raspberry Pi w wersjach 1, 2 i 3 (przy użyciu kabli HDMI-HDMI) oraz 4 (przy użyciu kabli HDMI-miniHDMI). Można je z powodzeniem zastosować zarówno w urządzeniach amatorskich, jak i profesjonalnych.



eprasa.pl 5a847e4771

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.



Platforma robotyczna Gauss ze wsparciem dla algorytmów uczenia maszynowego

Autor projektu, będąc na czwartym roku studiów, postanowił zbudować robota jako pracę na zaliczenie zajęć. Zajęcia nosiły nazwę teoria systemów i sygnałów i opowiadały, m.in. o tym, co można osiągnąć za pomocą jedynie prostych operacji matematycznych, które są dostępne w programach typu Matlab lub językach programowania, takich jak Python. Główna aplikacja obejmuje system uczenia maszynowego do autonomicznej jazdy po torze, rozpoznawania głosu, twarzy czy kodów QR oraz realizuje zdalne sterowanie z telematyką i wsparciem dla systemów rozszerzonej rzeczywistości. Została opracowana także specjalna aplikacja na Androida do sterowania tym robotem.

Robot bazuje na komputerze jednopłytkowym Raspberry Pi B+ skonfigurowanym z niestandardowym systemem operacyjnym Wheezy. Zawiera kartę Wi-Fi do tworzenia własnej sieci do połączeń zdalnych i zdalnego sterowania. Pozwala to połączyć się np. z komputerem i przekazać dane telemetryczne z RPi i wbudowanego Arduino. Połączenie korzysta z SSH, a dodatkowo można wysłać tą drogą aktualizacje oprogramowana płyty głównej.

Raspberry Pi nie ma dostatecznej mocy obliczeniowej, wymaganej do tego, co autor chciał osiągnąć (autonomiczna jazda i przetwarzanie obrazu), więc korzysta z zewnętrznego komputera do przetwarzania danych. Tak więc główna aplikacja robota działa w komputerze poza robotem, a robot w zasadzie jest przez niego zdalnie sterowany. W ten sposób można również zdalnie sterować robotem za pomocą joysticka i pozyskiwać dane telematyczne wymagane do autonomicznej jazdy. Rozwiązuje to problem mocy obliczeniowej przy stosunkowo niskich kosztach, umożliwiając testowanie znacznie bardziej zaawansowanych algorytmów, takich jak VGG16 Neural Architecture.

Robot jest w stanie dostarczyć następujące informacje telematyczne:

- kanał wideo przy 60 klatkach na sekundę w rozdzielczości 1080×720;
- prędkość kół oparta na pomiarze częstotliwości impulsów PWM;
- kąty skrętu serwomechanizmu i pozycja docelowa kamery;
- wejście dźwięku mono z mikrofonu kamery;
- wszelkie informacje zawarte w Raspberry PI, takie jak zapisane obrazy, pliki i dane zbierane przez GPIO.

W przypadku jazdy autonomicznej zastosowano algorytm VGG16 Network. Oznacza to, że usunięto gęstą sieć, która klasyfikuje cechy obrazów i zastąpiono ją własną, która na wyjściu daje zadane prędkości kół robota. Do treningu na podłodze mieszkania narysowano obwód trasy, a robot został skonfigurowany do zdalnego sterowania. Przebywał on trasę wielokrotnie, zmieniając ją co kilka przejść. Rezultatem był obszerny zestaw danych uczących zawierający obrazy i prędkości kół. Trening sieci neuronowej trwał kilka godzin na procesorach graficznych dostępnych na uniwersytecie. Rezultatem jest naprawdę dobry algorytm autonomicznej jazdy, z dość rozsądną prędkością działania (biorąc pod uwagę opóźnienia w przesyłaniu obrazów i przetwarzaniu w sieci). Przetworzenie każdej klatki z czarno-białymi obrazami o zmienionym rozmiarze zajmuje około 80 ms. Dalsze testy będą możliwe po zmianie procesora na szybszy, do przetwarzania danych RGB i znacznie bardziej rozbudowane sieci neuronowe do analizy obrazów.

Innym przypadkiem użycia robota jest rozpoznawanie twarzy ludzi. „To była główna atrakcja, kiedy prezentowałem robota na kongresie reprezentującym naszą uczelnię", chwali się autor konstrukcji. „Ludzie zatrzymali się na chwilę i podeszli do naszego plakatu, bo mówili: Widziałem, jak ten robot na mnie patrzy. Algorytm to dobrze znany algorytm rozpoznawania twarzy wykorzystujący funkcje podobne do Haara zakodowane w Pythonie". Po zlokalizowaniu twarzy serwa poruszają się, aby wyśrodkować twarz w kamerze. Dzięki temu prosty algorytm sprawia wrażenie żywego organizmu. Proste interakcje, takie jak ta, pomagają złagodzić relacje między ludźmi a robotami i sprawiają, że człowiek czuje się komfortowo w obecności robota, uznając go za przystępnego, a nie obcego.

https://bit.ly/38qeHGq

ZeroPhone – telefon komórkowy z Raspberry Pi Zero

Zaprezentowany projekt to telefon komórkowy DIY, który skonstruowano z zastosowaniem miniaturowego komputera jednopłytkowego Raspberry Pi Zero. Najważniejsze cechy projektu to:

- przede wszystkim jest dobrze działającym, niezawodnym telefonem,
- jest otwarty (*open source*), jak to tylko możliwe,
- oferuje możliwość samodzielnego montażu i naprawy,
- jest zbudowany z łatwych do zdobycia części,

eprasa.pl 5a847e4771





- nie ma zainstalowanych domyślnie aplikacji, które naruszają prywatność użytkowników,
- pozwala tworzyć własne aplikacje w Pythonie.

Urządzenie kosztuje około 50 dolarów w częściach, a wszystkie one są bez problemu dostępne komercyjnie. Większość telefonu można zmontować za pomocą jedynie lutownicy. Interfejs użytkownika jest napisany w Pythonie – jest to lekka platforma dostosowana do tego minimalistycznego telefonu.

„Nowoczesne telefony stają się coraz bardziej skomplikowane i napakowane sprzętem. Niestety oznacza to, że stają się mniej podatne na modyfikacje czy naprawy. Telefony stają się również coraz bardziej zintegrowane. Niestety oznacza to dla producentów coraz więcej możliwości blokowania ich bez możliwości ich modyfikacji. Coraz więcej oprogramowania i sprzętu ma zamknięte źródła. Oznacza to, że trudniej jest się uczyć, eksperymentować i dostosowywać swój telefon do własnych potrzeb", pisze autor projektu. „Wymienione czynniki są niezbędne w świecie, w którym żyjemy. Wynikają z postępów inżynierii, konkurencją między firmami, a także wymagań formalnych i prawnych w różnych krajach. Co jednak, gdybyśmy mogli mieć telefon wolny od tych ograniczeń?", pyta autor. „Tak narodził się projekt ZeroPhone. W dzisiejszych czasach możemy złożyć telefon z łatwo dostępnych części, używając tanich płytek z systemem Linux. Jesteśmy w stanie dostosować go do naszych potrzeb – inaczej niż w przypadku nowoczesnych telefonów, kiedy musimy dostosować się do tego, co oferuje telefon".

Dzięki ZeroPhone hobbyści mogą wreszcie konstruować smartfony, które będą działać dla nich, a nie przeciwko nim. Osoby o specjalnych potrzebach będą mogły wyposażyć się w telefon „szyty na miarę", a osoby, które chcą chronić swoją prywatność, będą miały telefon, który ją szanuje.

Główne wyzwania techniczne tego projektu to: opracowanie płytek PCB, które byłyby dość bogate w funkcje, ale korzystałyby z łatwo dostępnych komponentów, które można lutować bez specjalnych narzędzi, a także opracowanie oprogramowania do telefonu, które byłoby w pełni otwarte, wysokiej jakości i wysoce modyfikowalne, aby pasowało do wielu potrzeb, jakie mogą mieć użytkownicy. „Jednak znacznie większymi wyzwaniami jest budowanie społeczności ludzi eksperymentujących z platformą ZeroPhone, utrzymywanie otwartego źródła ZeroPhone, niezależnego od jakichkolwiek szkodliwych wpływów oraz eksperymentowanie z nowymi sposobami integracji smartfonów z naszym życiem bez konieczności utraty prywatności w zamian", dodaje konstruktor.

Kluczowe elementy konstrukcji:

- Raspberry Pi Zero, jako główny moduł zarządzający systemem, połączony z dopasowanymi płytkami drukowanymi;
- brak zastrzeżonych złączy, trudno dostępnych części lub chipów, które trudno lutować;
- wszystkie instrukcje dotyczące samodzielnego montażu i uruchomienia tego telefonu są łatwo dostępne;
- Python jako główny język do tworzenia aplikacji (planowane jest dodanie wsparcia dla innych języków programowania);
- zestaw narzędzi do budowy interfejsu użytkownika, który ma przyspieszać i ułatwiać tworzenie aplikacji dla telefonu;
- klawiatura numeryczna;
- monochromatyczny ekran OLED o przekątnej 1,3" i rozdzielczości 128×64 (obsługa również innych ekranów);
- modem 2G do komunikacji z siecią komórkową (można go zastąpić modemem 3G);
- łączność poprzez Wi-Fi (z układem ESP8266), wyjścia HDMI i audio, pełnowymiarowy port hosta USB i port MicroUSB do ładowania;
- złącze rozszerzeń GPIO dla dodatków sprzętowych i rozszerzeń;
- LED RGB i silnik wibracji do powiadomień.

https://bit.ly/2WsPOrj

Demonstrator maszyny Turinga TMD-2

Nie jest to pierwsza taka konstrukcja Michaela Gardiego, jak łatwo domyślić się po dwójce w nazwie systemu. „Byłem bardzo zadowolony ze sposobu, w jaki działał TMD-1. Uważam, że spełnił on określone cele – proste programowanie i łatwe zrozumienie. Aby pomóc w osiągnięciu tych celów, sama maszyna została ograniczona

REKLAMA

ZAJRZYJ NA TE STRONY

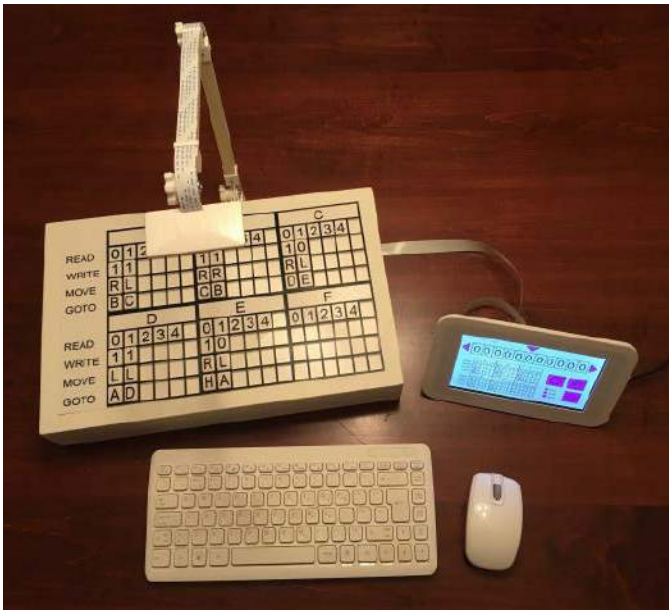
All In One
• Projektowanie i wykonywanie
– modeli karkasów i obudów na drukarce 3D
– transformatorów i induktorów
– prototypów PCB
• Modelowanie 3D modułów i urządzeń
• Projektowanie urządzeń zasilających
Feryster – producent elementów EMC
FERYSTER
www.feryster.pl

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

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

reneX.PL
KOMPLEKSOWE WSPARCIE PRZEMYSŁU ELEKTRONICZNEGO

eprasa.pl 5a847e4771



do 3 stanów/3 symboli i małej 10-komorowej taśmy. Wystarczająco do celów edukacyjnych, ale trochę za mało, jeśli chcesz realnie poznać maszyny Turinga", omawia to Gardi.

W tym projekcie postarał się on „podbić stawkę". Celem jest stworzenie maszyny 6-stanowej/6-symbolowej. Najlepszą częścią, zdaniem autora, TMD-1 jest jego interfejs. Programowanie maszyny poprzez wypełnienie fizycznej tabeli przejść specjalnymi płytkami wydaje się naturalne. To także świetna zabawa. Utrzymanie interfejsu kafelków na większej maszynie ma jednak kilka poważnych problemów, z których największym jest to, że technologia, która użyta była do odczytywania kafelków, nie skaluje się dobrze. Potrzeba było 33 czujników Halla, aby zinterpretować 24 kafelki w tabeli przejść stanów dla TMD-1. Maszyna z 4 stanami i 4 symbolami wymagałaby 88 czujników, a planowana maszyna z 6 stanami i 6 symbolami wymagałaby 252 czujników. Przy cenie dwóch dolarów za sensor koszt budowy większej maszyny słabo się skaluje, a do tego dochodzi m.in. koszmar związany z okablowaniem. Potrzebny jest lepszy sposób.

Aby zbudować interfejs w postaci tabeli przejść stanów i utrzymać go w rozsądnym rozmiarze z maszyną z 6 stanami i 6 symbolami, same kafelki muszą być mniejsze niż te w TMD-1, być może nawet o jedną czwartą. To wykluczyłoby zastosowanie np. NFC czy RFID. Tagi byłyby po prostu zbyt blisko siebie, a nawet gdyby nie były, konieczny byłby mechanizm przesuwania czytnika po każdym kafelku. Inne pomysły, jak integracja oporników w bloczkach tablicy itp., także nie miały zbyt wiele realnego sensu.

Jedyną rzeczą, która może zadziałać, spełniając wymagania, jest optyczne rozpoznawanie znaków (OCR). Kamera znajdująca się nad tablicą przejść stanów robi zdjęcie, a system przetwarza obraz. Silnik OCR – Tesseract, pierwotnie opracowany został przez firmę Hewlett-Packard jako oprogramowanie zastrzeżone w latach 80. Tesseract został wydany jako open source w 2005 roku, a jego rozwój jest sponsorowany przez Google od 2006 roku. Oprogramowanie to działa całkiem dobrze przy odszyfrowywaniu i wyodrębnianiu tekstu, jednak ustrukturyzowany tekst, taki jak tabela stanów, jest już większym wyzwaniem.

Docelowym środowiskiem wykonawczym będzie Raspberry Pi z oficjalnym 7-calowym ekranem dotykowym LCD i modułem kamery Raspberry Pi. Jeśli chodzi o uruchamiania Tesseractu na RPi, wszystkie instrukcje sugerują użycie następującego stosu oprogramowania:

- Python,
- OpenCV,
- tesseract-ocr,
- libtesseract-dev,
- pytesseract.

System pracuje na Raspberry Pi 4. Całość umieszczona jest w elementach z druku 3D. Są to dwa główne komponenty – komputer (wyświetlacz z klawiaturą i myszką) oraz tablica przejść stanów wraz z kamerą na niewielkim wysięgniku, który pozwala objąć obiektywem całą tablicę.

https://bit.ly/2PjyWit



Bateria PiSugar dla Raspberry Pi Zero

Raspberry Pi Zero jest niewielkie, ale nie jest już tak małe wraz z powerbankiem, który może być pięć razy większy niż sam komputer jednopłytkowy. PiSugar to projekt modułu baterii zaprojektowany specjalnie dla Pi Zero. Jest bardzo łatwy w użyciu, nie wymaga lutowania, nie koliduje z modułami HAT przeznaczonymi dla Raspberry Pi i idealnie pasuje do rozmiaru Pi Zero.

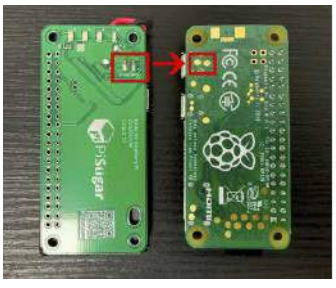
Wielu inżynierów oprogramowania potrafi tworzyć produkty w oparciu na Raspberry Pi, ale niewielu z nich dobrze radzi sobie z lutowaniem. Pi Zero jest bardzo małym modułem – to dobry wybór, gdy planuje się opracowanie wysoce przenośnego prototypu. Ale kiedy jest wyposażony w podłączony powerbank, nie jest już taki kompaktowy, a zasilanie jest przecież potrzebne do działania. Autorzy opisywanej konstrukcji wyszli naprzeciwko temu problemowi i opracowali przenośny system do zasilania Pi Zero, który nie potrzebuje lutowania. Jest on bardzo przyjazny dla początkujących amatorów Raspberry Pi.

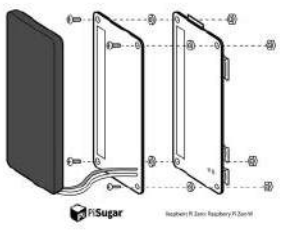
Projekt jest w pełni otwarty, a jego dokumentacja dostępna na GitHubie: https://github.com/PiSugar.

Zasada działania PiSugar jest bardzo prosta. Moduł baterii zawiera małe kołki sprężynowe do zasilania Pi Zero poprzez pola z tyłu płytki drukowanej. Zasilanie 5 V jest przesyłane przez dwa dolne pady Pi Zero. Dlatego nie ma potrzeby podłączania kabla USB do zasilania. Zamocowanie płytki baterii z tyłu Pi Zero to jedyna rzecz, którą trzeba zrobić. Akumulator Li-on i płytka mają ten sam wymiar, więc zamaskuje otwory z śrubami. Umieszczenie baterii bezpośrednio na płytce drukowanej nie sprzyja poziomowi emisji elektromagnetycznej, dlatego też do montowania zewnętrznej baterii do płytki drukowanej użyty został magnes, który utrzymuje odpowiednią odległość między pakietem ogniw a PCB. Z drugiej strony, gdy trzeba użyć otworów śrubowych, można łatwo wyjąć baterię.

Specyfikacja modułu jest następująca:

- taki sam rozmiar jak Pi Zero,
- bardzo łatwy w instalacji,

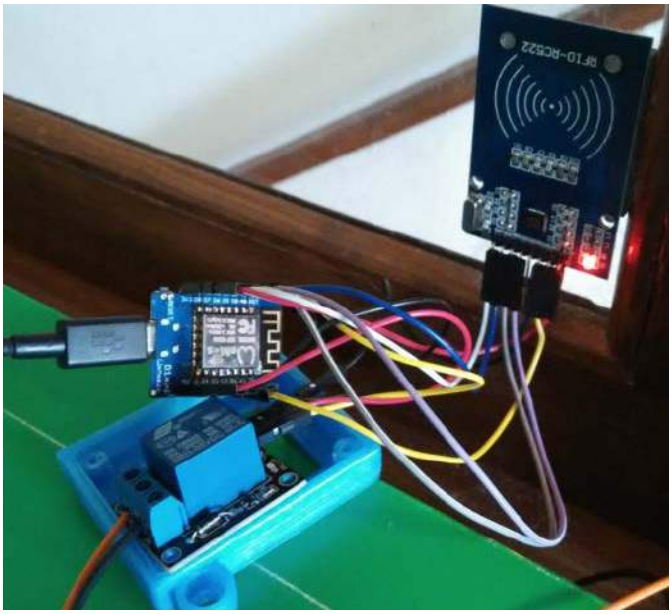




eprasa.pl 5a847e4771

- kompatybilny z modułami HAT,
- ładowanie z micro USB,
- przełącznik do włączania systemu,
- konstrukcja magnetyczna,
- akumulator o pojemności 900 mAh.

https://bit.ly/3DqnxlE



Otwarty system kontroli dostępu CarontePass

CarontePass to system kontroli dostępu, przeznaczony do przestrzeni, w których istnieje duży ruch ludzi i niemożliwe jest, aby wszyscy ludzie mieli konwencjonalny klucz fizyczny. Jest idealny dla wspólnych warsztatów, sal konferencyjnych, hackerspace'ów i innych. Projektowi przyświeca proste hasło. „Open Source, otwarty sprzęt, niski koszt, proste!".

System kontroli dostępu oferuje wsparcie dla szeregu aplikacji, między innymi Telegram.

Projekt opiera się na strukturze klient-serwer, gdzie istnieje jeden serwer (w tym przypadku jest to maszyna zawierająca Raspberry Pi 2), a klienci struktury są zintegrowani z drzwiami. Urządzeniem klienckim może być np. Raspberry Pi lub moduł z ESP8266. Klienci łączą się z Wi-Fi i nawiązują komunikację przez REST API wykonane za pomocą Django i Django REST framework, który znajduje się na serwerze. Ponieważ jest to bardzo „delikatna" usługa, nie chodzi o to, aby serwer był w Internecie, ale w okolicy – w tej samej sieci. System tworzy adres URL z tagiem otrzymanym przez czytnik i odpytuje serwer. Sprawdza, czy tag ma użytkownika i czy ma on uprawnienia dostępu (co może pozwolić na przykład na sprawdzanie, czy dany użytkownik uiścił bieżące płatności itp.). Jeśli ma, wysyła on sygnał, który pozwala na aktywację przekaźnika otwierającego drzwi.

System ma zapisanych użytkowników, którym można przypisać różne poziomy dostępu. Przy wejściu lub wyjściu log jest zapisywany z datą i godziną. System jest zintegrowany z botem telegramowym, którego można zapytać, czy przestrzeń jest otwarta, czy zamknięta, którzy użytkownicy są w środku lub w przyszłości otworzyć drzwi lub zintegrować inne czujniki IoT. Telegram wysyła informacje dotyczące otwarcia lub zamknięcia do grupy, aby użytkownicy wiedzieli, kiedy mogą wejść i opuścić dane miejsce. System wysyła również spersonalizowaną wiadomość do każdego użytkownika, jeśli ma on wejść lub opuścić przestrzeń.

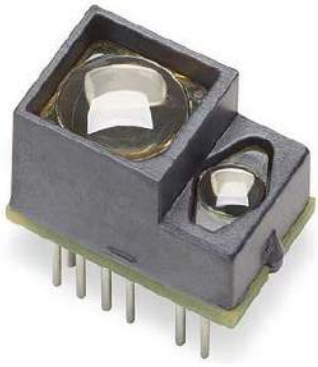
https://bit.ly/3gISMOW

REKLAMA



eprasa.pl 5a847e4771

Kamera czasu przelotu



Ten prosty projekt to moduł HAT dla Raspberry Pi Zero, który pozwala na podłączenie modułu kamery czasu przelotu. Moduł zawiera wszystkie elementy pasywne, potrzebne dla tego rodzaju sensora do działania.

Kamera czasu przelotu (kamera ToF) to system kamer obrazujących, wykorzystujący pomiar czasu przelotu światła w celu określenia odległości między kamerą a obiektem. Pomiar czasu podróży sygnału optycznego, dostarczanego przez laser lub diodę LED wbudowaną w sensor, jest wykonywany w obie strony. Kamery laserowe do pomiaru czasu przelotu są częścią systemów typu LIDAR, w których cały obraz jest rejestrowany za pomocą pojedynczego impulsu laserowego.

Kamery czasu przelotu do zastosowań cywilnych zaczęły pojawiać się już około 2000 roku, ponieważ procesy półprzewodnikowe umożliwiły wytwarzanie wystarczająco szybkich komponentów do takich urządzeń. Systemy obejmują zasięgi od kilku centymetrów do kilku kilometrów. Rozdzielczość odległości wynosi około 1 cm. Rozdzielczość przestrzenna kamer mierzących czas przelotu jest ogólnie niska w porównaniu ze standardowymi kamerami wideo 2D. Obecnie tego rodzaju sensory są na tyle popularne i łatwo dostępne, że bez problemu można integrować je w hobbystycznych projektach z takimi modułami jak Raspberry Pi.

W porównaniu z innymi metodami skanowania laserowego 3D do przechwytywania obrazów 3D kamery TOF działają szybciej, zapewniając do 160 klatek na sekundę. Pozwala to na obserwowanie otoczenia w czasie rzeczywistym. Dzięki temu sensory takie idealnie nadają się do zastosowań dynamicznych, takich jak np. roboty autonomiczne.

https://bit.ly/3sVtnGX



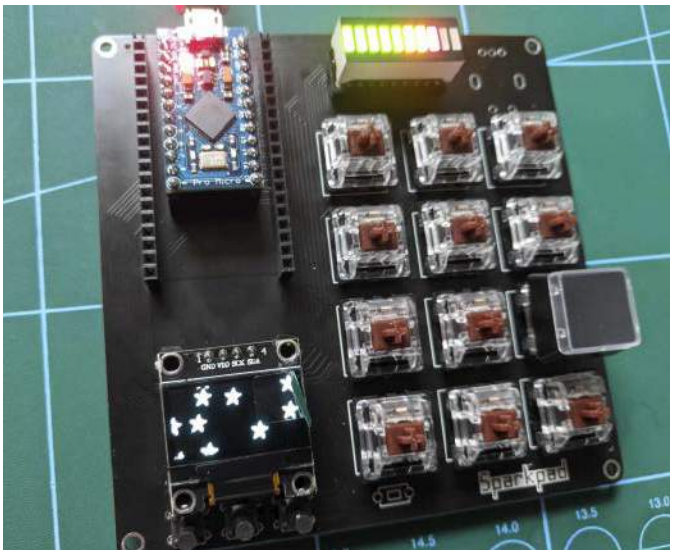
Sterowany przez Wi-Fi pojazd gąsienicowy z NodeMCU

Zaprezentowany projekt zawiera dokładny instruktaż, w jaki sposób skonstruować prosty pojazd gąsienicowy, sterowany poprzez Wi-Fi z poziomu aplikacji na smartfonie. Poradnik zawarty na stronie Hackaday.io jest przeznaczony głównie dla początkujących użytkowników, z uwagi na bardzo dokładny i precyzyjny opis.

Do wykonania podwozia autor wykorzystał fragment rury PCV. Aby nadać mu odpowiedni kształt, należy ją rozgrzać i spłaszczyć. Następnie z pomocą wiertarki i narzędzi tnących można przerobić spłaszczoną rurę na gotowe podwozie. Gdy podwozie będzie gotowe, należy przymocować do niego system napędowy – silniki elektryczne, zintegrowane z reduktorem. Całość sterowana jest za pomocą sterowników silników DC. Autor użył sterownika ze scalonym driverem L298N, który jest bardzo tanim sterownikiem silnika i można go używać w różnych projektach zawierających silniki DC i silniki krokowe. Łatwo dostępna jest również biblioteka dla tego sterownika w ekosystemie Arduino.

Do sterowania robotem przez Wi-Fi użyto modułu NodeMCU. Jest to niedroga platforma IoT typu open source. Początkowo zawierała SoC ESP8266 z Wi-Fi firmy Espressif Systems, a następnie przeszła na wykorzystanie 32-bitowego mikrokontrolera ESP32.

https://bit.ly/2WtG2VS



Rekonfigurowalna klawiatura Sparkpad

Autor niedawno miał okazję zapoznać się z urządzeniem Streamdeck – specjalną klawiaturą dla streamujących w sieci (np. podczas grania na komputerze). Jest to prosta, rekonfigurowalna klawiatura do komputera PC, która oferuje możliwość kontrolowania streamu itd. „Zdecydowaliśmy się zaprojektować własne urządzenie tego rodzaju i po kilku prototypach i badaniach narodził się Sparkpad", mówi autor konstrukcji. Oto krótkie zestawienie funkcji Sparkpadu:

- 12 mechanicznych klawiszy z konfigurowanym wyjściem HID,
- enkoder ze wskaźnikiem słupkowym LED,
- 8 opcji oświetlenia, konfigurowanych za pomocą ekranu OLED,
- dostępne 32 kluczowe projekty,
- oprogramowanie układowe bazujące na Arduino o otwartym kodzie źródłowym,
- ergonomiczna obudowa z niestandardowymi opcjami grawerowania.

Niektóre z elementów, które są obecnie w przygotowaniu:

- wyjście MIDI i szeregowe,
- kompatybilność bezprzewodowa,
- niezależne opcje oświetlenia do każdego klawisza,
- oświetlenie wyzwalane przez kluczowe zdarzenia.

Streamer podczas strumieniowania odpowiedzialny jest nie tylko za np. grę, którą transmituje, ale także wiele innych rzeczy. Obsługi wymaga nie tylko Twitch, ale też czaty, komentarze itd. Dodatkowo warto mieć narzędzie do wygodnej kontroli poziomów dźwięku i obsługi przejść pomiędzy scenami/źródłami obrazu. Skuteczne żonglowanie tymi zadaniami tworzy wciągające wrażenia dla widzów. Streamerzy mają do dyspozycji kilka narzędzi. Największym z nich jest sam Twitch, który dystrybuuje treści za pośrednictwem swojej platformy online i zapewnia interfejs do interakcji z widzem. Zadania audiowizualne są obsługiwane przez oprogramowanie, takie jak OBS, które jest instalowane lokalnie na komputerze.

Chociaż standardowa mysz i klawiatura są wystarczające do korzystania z większości typów oprogramowania, zdarzają się sytuacje, w których bardziej wyspecjalizowany sprzęt może usprawnić pracę użytkownika. Dwoma dobrymi tego przykładami są oprogramowanie

eprasa.pl 5a847e4771

dla DJ i oprogramowanie CAD. DJ-e używają pokręteł (pokrętła i potencjometry) do precyzyjnej synchronizacji ścieżek i dostosowania miksu, a projektanci mechanicy używają myszek 6D do łatwej manipulacji częściami i złożeniami w trzech wymiarach. Narzędzia te poprawiają interfejs między użytkownikiem a oprogramowaniem, zapewniając większą dotykową kontrolę nad jego funkcjami.

Taka sama koncepcja stoi za komercyjnymi Streamdeckami, które poprawiają interfejs między streamerem a jego narzędziami programowymi. Na rynku jest szereg komercyjnych urządzeń tego rodzaju, jednakże autor postanowił skonstruować własny system. Jest on oparty na płytce RoMac, która pozwala na podłączenie do 12 przycisków, 12 diod do pojedynczego modułu Arduino Pro Micro. Opracowane przez autora oprogramowanie pozwala na zamienienie tego w klawiaturę z makrami, rozpoznawaną przez komputer.

https://bit.ly/38pxkKA



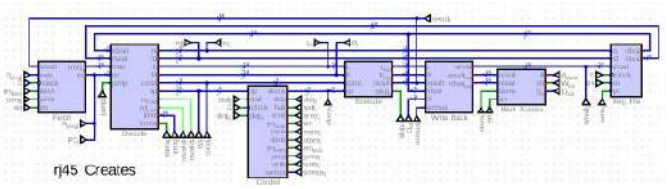
Najbardziej cool smartwatch na świecie

Smartwatche na dobre zagościły na naszych przedramionach już dawno i nawet projekty DIY nie robią wielkiego wrażenia. Zaprezentowana konstrukcja jest jednak bardziej cool niż wszystkie te instrumenty. Większość z nich wyposażona jest w podobny zestaw funkcji – obsługa telefonu czy aplikacji na smartfonie, monitorowanie stanu naszego zdrowia (tętno, saturacja krwi, ciśnienie tętnicze itd.). Ian Michael Gray wyszedł poza ten standard. Jego smartwatch jest naprawdę cool, ponieważ jego zasadniczym zadaniem jest… chłodzenie naszego ciała.

Ian jest cosplayerem, co oznacza, że często przywdziewa kostiumy postaci z filmów, gier itp. Wiele z nich jest bardzo grubych i ciepłych, co oznacza, że mogą się przyczyniać do przegrzewania. Ten smartwatch ma być rozwiązaniem tego problemu. Chłodzący smartwatch wykorzystuje moduł Peltiera do chłodzenia ciała poprzez schładzanie krwi w krwiobiegu. Zamontowany jest na nadgarstku, gdzie skóra jest bardzo cienka, co pozwala na schładzanie przepływającej pod nią krwi w bardzo wydajny sposób. Termoelektryczny moduł Peltiera schładza lokalnie skórę, co pozwala na schłodzenie przepływającej krwi, która następnie transportuje chłód po całym ciele. Nie jest to najbardziej wydajne rozwiązanie, jednakże pozwala w bardzo dyskretny sposób chłodzić ciało podczas konwentu.

Moduł Peltiera osiąga temperaturę około 15°C. Jest to na tyle wysoka temperatura, że nie jest on odczuwana przez skórę jako coś nieprzyjemnego, a jednocześnie odbiera na tyle dużo energii, aby poprawić komfort termiczny podczas poruszania się w zamkniętym, ciepłym stroju. Odwrócenie polaryzacji napięcia na module Peltiera zmienia kierunek przepływu ciepła przez moduł, co pozwala mu grzać, zamiast chłodzić. Moduł rozgrzewa się do około 38°C, czyli minimalnie powyżej temperatury ciała. Dostarcza on energię, która jest rozprowadzana wraz z krwią. Nie zastąpi to ciepłej kurtki, ale z pewnością poprawi komfort termiczny.

https://bit.ly/3kv7s5w



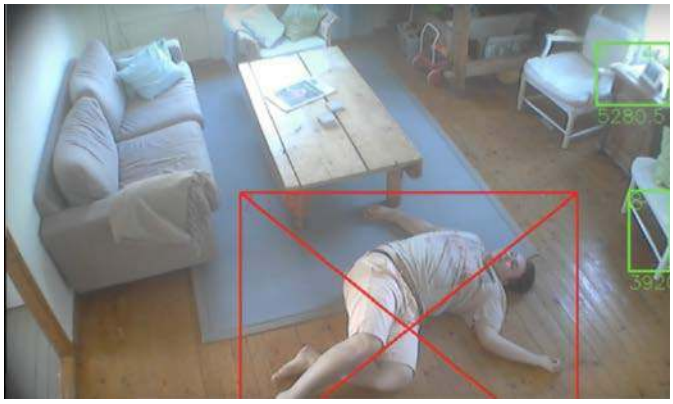
RJ32 – 16-bitowy procesor RISC-V projektowany od podstaw

RJ32 to procesor zbudowany od podstaw. Pozwala on w wizualny sposób, przy użyciu symulatora obwodów cyfrowych, prezentować działanie złożonego CPU RISC-V. Można go następnie wyeksportować do Veriloga lub VHDL-a i przekonwertować na układ cyfrowy, który można zaimplementować na fizycznym FPGA.

Procesor ma także układ graficzny w stylu retro, wzorowany na procesorach graficznych z końca lat 80. (VDP/VDU) i konsolach retro do gier. Wszystko to jest nagrane w serii filmów na YouTube, pokazujących postępy w realizacji projektu.

Procesor ten został zaprojektowany jako 16-bitowy CPU z minimalnym zestawem instrukcji RISC z limitem 32 instrukcji (a właściwie 32 opkodów) i ma działać na układzie programowalnym ICE40. Opracowano go przy użyciu narzędzi typu open source.

https://bit.ly/3kRns27



Automatyczny detektor przewrócenia się

Główną ideą stojącą za powstaniem tego systemu jest pomoc w opiece nad osobami starszymi czy z ograniczoną mobilnością ruchową. Jest to automatyczny system do monitoringu pacjentów podczas opieki domowej czy w ośrodkach opiekuńczych. Zapewnia bezpieczeństwo i anonimowy nadzór, wykrywając upadek monitorowanej osoby. Po wykryciu upadku system będzie mógł zaalarmować personel ośrodka lub rodzinę. System powinien być przystępny cenowo i nie powinien być mniej dokładny niż inne dostępne opcje wykrywania upadku, jak zapowiada autor.

Upadek osób starszych jest szczególnie poważny i często prowadzi do obrażeń lub śmierci. Dlatego automatyczne monitorowanie odgrywa ważną rolę w domach opieki i placówkach opiekuńczych. Strach przed upadkiem prowadzi do ograniczenia czynności życia codziennego, co jest utrudnieniem dla wszystkich. Obawa jest uzasadniona, urazy związane z upadkiem są jedną z pięciu najczęstszych przyczyn zgonów wśród osób starszych. W przypadku wykrycia upadku pacjentowi można udzielić szybkiej pomocy medycznej, co może uratować życie. Obecność automatycznego systemu wykrywania upadku może również zmniejszyć strach, a tym samym zwiększyć aktywność monitorowanych osób.

System zawiera Raspberry Pi 3 z kamerą, która obserwuje miejsce, w którym znajduje się monitorowana osoba. Obraz analizowany jest przez skrypt napisany w Pythonie, który wykorzystuje OpenCV do wykrywania przewrócenia się osoby.

https://bit.ly/38kLzAl

Nikodem Czechowski, EP

eprasa.pl 5a847e4771

Podstawowe parametry:

- monitorowanie napięcia na zaciskach akumulatora 12 V,
- załączanie zasilania zewnętrznej ładowarki przy spadku napięcia poniżej ustalonego progu,
- wyłączanie zasilania ładowarki po wzroście napięcia do ustalonej wartości lub spadku natężenia prądu ładowania,
- maksymalny prąd ładowania 5 A,
- minimalny prąd ładowania regulowany od 0 do 2,5 A,
- zasilanie napięciem stałym o wartości około 12 V (10,8...14,4 V),
- pobór prądu do 40 mA.

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

AVT-5619	Zasilacz buforowy lub ładowarka akumulatorów żelowych EP 3/2018)
AVT-5598	Solarna ładowarka akumulatora 12 V (EP 8/2017)
AVT-3166	Regulator do prostownika (EdW 11/2016)
Projekt 222	Impulsowa ładowarka akumulatorów ołowiowych (EP 5/2015)
AVT-3120	Automatyczna ładowarka akumulatorów ołowiowych (EdW 2/2015)
Projekt 219	Ładowarka impulsowa akumulatorów ołowiowych (EP 9/2014)
AVT-5348	Uniwersalna ładowarka akumulatorów modelarskich (EP 6/2012)
AVT-5274	Monitor napięć do ładowarek i zasilaczy buforowych (EP 1/2011)
AVT-2715	Ładowarka akumulatorów ołowiowych 10-200 Ah (EdW 3/2004)
AVT-2628_1	Ładowarka akumulatorów ołowiowych 12 V 1...30 Ah. Zasilacz buforowy (EdW 9/2000)
AVT-2309	Ładowarka akumulatorów żelowych. Zasilacz buforowy. (EdW 10/1998)
AVT-609	Automatyczna ładowarka akumulatorów ołowiowych (EP 11/1995)

W ofercie AVT*

AVT5888

* 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

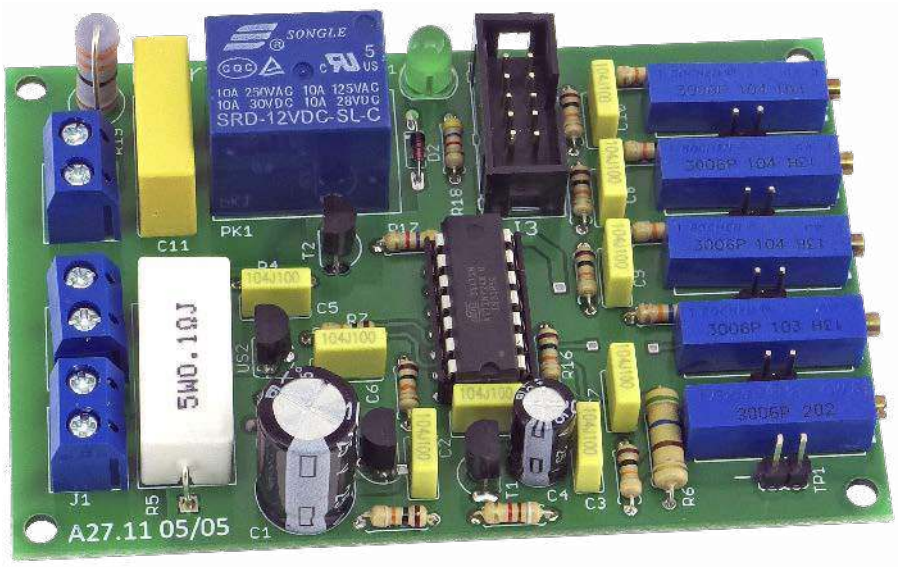
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

Rozbudowany sterownik ładowarki akumulatora 12 V

Zasilanie buforowe akumulatora kwasowego nie zawsze jest optymalnym rozwiązaniem. Aby utrzymać stale naładowany magazyn energii bez podtrzymywania go w trybie buforowym, należy zastosować ładowanie cykliczne. Wymaga to załączania i wyłączania ładowarki w odpowiednich momentach, czyli przy odpowiednim napięciu.



Proste ładowarki akumulatorów kwasowych nie mają żadnych układów odłączających ładowanie po jego zakończeniu. Trzeba w takiej sytuacji robić to samodzielnie lub ładować akumulator przez określony czas, co może wiązać się z jego przeładowaniem. W sytuacji kiedy ładowanie ma odbywać się cyklicznie – na przykład co kilka dni – użytkownik może często zapominać o podłączeniu ładowarki.

Zaprezentowany układ samodzielnie monitoruje napięcie na zaciskach akumulatora i decyduje o tym, kiedy włączyć i kiedy wyłączyć ładowarkę. Jeżeli prąd ładowania spadnie poniżej ustalonego progu, układ również odetnie jej zasilanie, choć tę funkcję można łatwo wyłączyć.

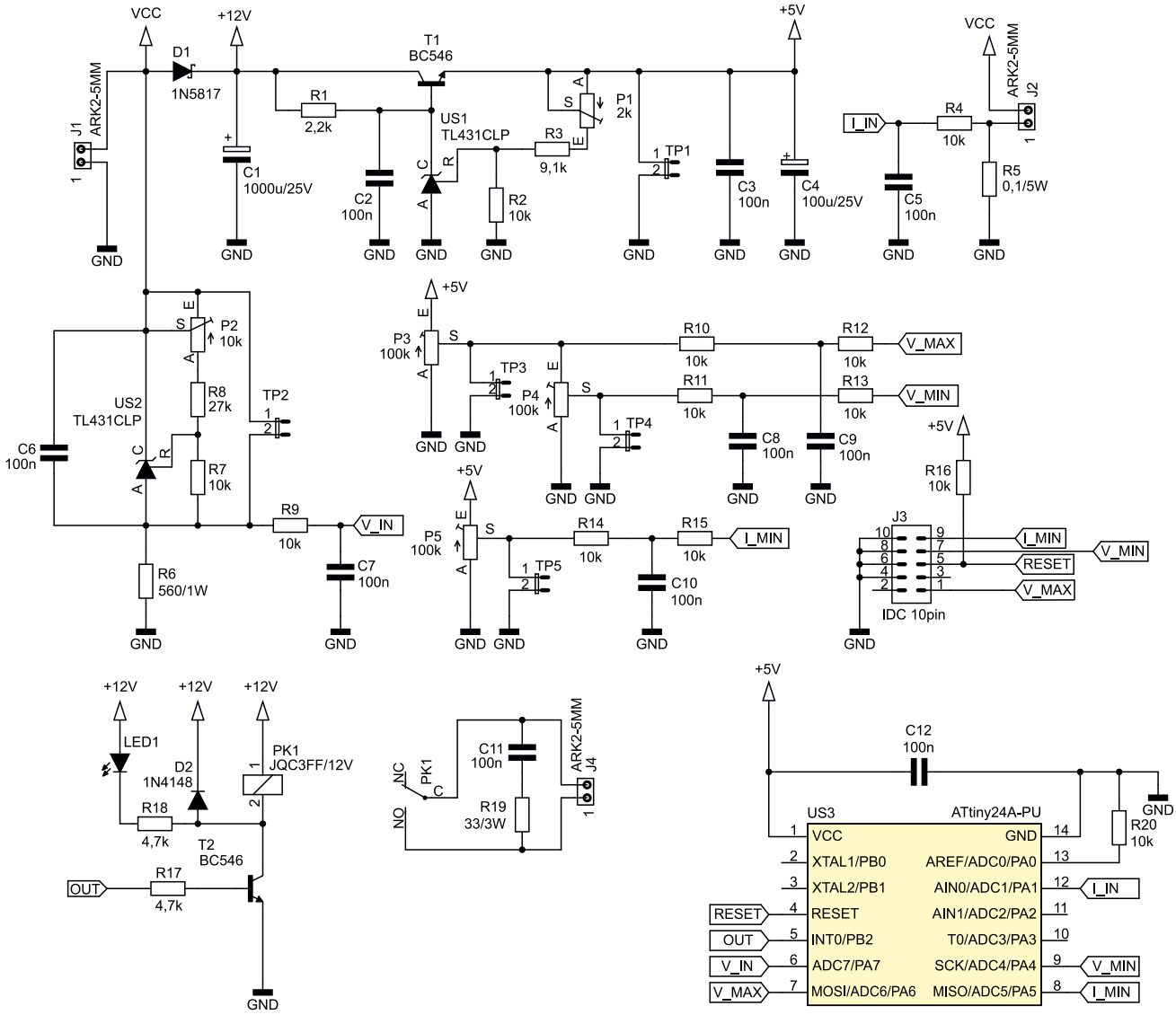
Budowa i działanie

Schemat sterownika ładowarki został pokazany na **rysunku 1**. Ładowarkę podłącza się do złącza J1, a nadzorowany akumulator do złącza J2. Dioda D1 stanowi ochronę układu przed zniszczeniem w razie niewłaściwej polaryzacji zasilania oraz, co równie istotne, doładowuje kondensator C1. Napięcie z ładowarki, może mieć znaczne tętnienia, dlatego dioda i kondensator realizują skuteczny układ filtrujący.

Niezmiernie istotne dla prawidłowego funkcjonowania układu jest zapewnienie stabilnego napięcia referencyjnego. Chcąc uprościć zadanie i uczynić urządzenie tańszym, w tej roli wystąpił znany układ typu TL431. Tranzystor T1 pracuje jako wtórnik napięciowy, zaś nad utrzymaniem napięcia wyjściowego czuwa US1. W jego pętli sprzężenia zwrotnego znajduje się dzielnik złożony z R2 oraz R3+P1. Aby uzyskać na wyjściu 5 V, rezystancje obu tych gałęzi powinny być, teoretycznie, jednakowe. Jednak w praktyce mamy do czynienia z rozrzutami parametrów wielu elementów, zatem wprowadzono możliwość dokładnej regulacji za pomocą potencjometru P1. Do zacisków TP1 można podłączyć woltomierz i ustawić wartość możliwie zbliżoną do pożądanej. Rezystor R1 polaryzuje układ US1, dostarczając prądu o natężeniu kilku miliamperów. Baza T1 nie będzie pobierała w tym układzie znacznego prądu, więc nie trzeba jej szczególnie uwzględniać. Kondensator C2 zapobiega wzbudzeniu układu US1.

Natężenie prądu płynącego przez akumulator z ładowarki jest mierzone metodą techniczną, poprzez pomiar spadku napięcia na rezystorze R5. Uzyskane w ten sposób napięcie zgrubnie filtruje się przez prosty obwód R4+C5. Napięcie na zaciskach akumulatora również musi być mierzone, co ułatwia obwód zawierający układ US2. To przesuwnik poziomu napięcia, który ma za zadanie obniżyć aktualną wartość napięcia na zaciskach akumulatora o dokładnie 10 V, co można zmierzyć, przykładając woltomierz do zacisków TP2. Aby wyregulować

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 1. Schemat ideowy układu

tę wartość, do układu został dodany potencjometr P2. W sytuacji idealnej, rezystancja gałęzi R8+P2 powinna być trzykrotnie wyższa niż samego rezystora R7. Rezystor R6 polaryzuje układ US2 prądem nie mniejszym niż 1 mA – to wymóg konieczny do prawidłowego działania tego regulowanego źródła referencyjnego. Kondensator C6 zapobiega wzbudzeniu układu US2, a człon R9+C7 filtruje obniżone napięcie.

Skąd takie rozwiązanie? Przyjęto, że minimalne napięcie na zaciskach akumulatora może wynosić 10,8 V (zupełnie rozładowanie), a maksymalne około 14,4 V (pełne naładowanie). Zatem obniżenie go o 10 V spowoduje, że na wejście układu przetwarzającego te wartości trafi napięcie zmieniające się w granicach 0,8…4,4 V. Zakładając napięcie referencyjne dla przetwornika analogowo-cyfrowego o wartości 5 V, możemy je zmierzyć z bardzo dobrą dokładnością.

W układzie znajdują się jeszcze inne potencjometry. Napięcie maksymalne – ustalane potencjometrem P3 – może wynosić o 10 V więcej niż to, które odkłada się między wyprowadzeniami TP3, czyli od 10 V do 15 V. Z kolei napięcie minimalne można regulować od 10 V do napięcia maksymalnego. To kaskadowe połączenie potencjometrów (P4 jest zasilany ze ślizgacza P3) pozwala na utrzymanie właściwego stosunku między tymi napięciami, czyli maksymalne będzie nie niższe od minimalnego. Zapobiegnie to omyłkowemu ustawieniu tych napięć w odwrotnej relacji, chociaż wymusza określoną kolejność regulacji – najpierw potencjometrem P3, a dopiero później P4.

Potencjometr P5 służy do ustawienia minimalnego prądu ładowania, przy którym opłaca się utrzymywać ładowarkę w stanie załączenia. Można w ten sposób uchronić akumulator przed rozkładem elektrolitu

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: 2,2 kΩ
R2, R4, R7, R9…R16, R20: 10 kΩ
R3: 9,1 kΩ
R5: 0,1 Ω 5 W
R6: 560 Ω 1 W
R8: 27 kΩ
R17, R18: 4,7 kΩ
R19: 33 Ω 3 W
P1: 2 kΩ montażowy, wieloobrotowy, leżący
P2: 10 kΩ montażowy, wieloobrotowy, leżący
P3…P5: 100 kΩ montażowe, wieloobrotowe, leżące

Kondensatory:
C1: 1000 µF 25 V raster 5 mm
C2, C3, C5…C10, C12: 100 nF raster 5 mm MKT
C4: 100 µF 25 V raster 2,54 mm
C11: 100 nF 310 VAC X2 raster 15 mm

Półprzewodniki:
D1: 1N5817
D2: 1N4148
LED1: 5 mm zielona matowa
T1, T2: BC546 lub podobny
US1, US2: TL431CLP TO92
US3: ATtiny24A DIP14

Pozostałe:
J1, J2, J4: ARK2/500
J3: IDC 10 pin 2,54 mm pionowe
PK1: JQC-3FF 12 V lub podobny
TP1…TP5: goldpin 2 piny męski THT 2,54 mm
Jedna podstawka DIP14

eprasa.pl 5a847e4771

na wodór i tlen (gazowaniem) w sytuacji, gdyby długotrwale było na nim utrzymywane zawyżone napięcie. Zaciski TP5 służą do kontroli ustawionego napięcia, które z kolei przelicza się na prąd.

Napięcie ustalone potencjometrami również jest filtrowane prostymi układami RC, aby w jak największym stopniu oczyścić je z szumu i zakłóceń przed przetwarzaniem analogowo-cyfrowym. Ponieważ te same linie mikrokontrolera są używane przez interfejs programowania ISP, konieczne było dodanie rezystorów R12, R13 i R15. Bez nich pojemność kondensatorów C8…C10 obciążałaby te wyprowadzenia, spowalniając zmiany napięcia na nich, co mogłoby uniemożliwić programowanie. W stanie ustalonym obecność tych rezystorów nie ma istotnego wpływu na działanie układu.

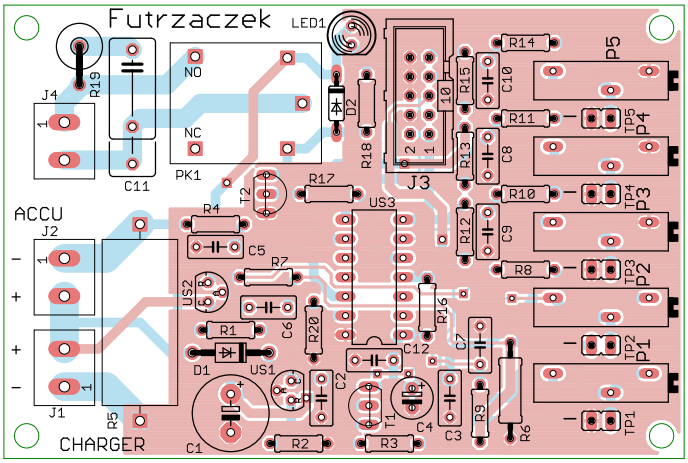
Zadaniem mikrokontrolera jest załączanie przekaźnika PK1, w czym pośredniczy tranzystor T2. Dioda LED1 sygnalizuje swoim świeceniem załączenie ładowarki, a jej zasilanie odbywa się wprost z napięcia akumulatora, aby nie obciążać niepotrzebnie układu stabilizującego napięcie referencyjne. Równolegle do styków przekaźnika został dodany prosty układ gaszący RC, który zmniejsza iskrzenie i emisję zakłóceń elektromagnetycznych, które mogłyby zablokować mikrokontroler.

Jak już wcześniej wspomniano, pracą sterownika zawiaduje mikrokontroler typu ATtiny24A. Ma on dostateczną liczbę wejść wbudowanego przetwornika analogowo-cyfrowego. Jego napięciem referencyjnym jest w tym układzie napięcie zasilania równe 5 V. Wyprowadzenie ADC0 zostało spolaryzowane potencjałem masy, ponieważ układ wykorzystuje wbudowany wzmacniacz różnicowy do wzmocnienia napięcia odkładającego się na rezystorze pomiarowym R5. Wzmocnienie wynosi 20 V/V i można go użyć wyłącznie w trybie różnicowym – stąd jego wejście odwracające (ADC0) zostało spolaryzowane potencjałem 0 V, zaś nieodwracające (ADC1) napięciem z rezystora R5. Płytka została tak zaprojektowana, że płaszczyzna masy na niej jest niemal ekwipotencjalna, toteż nie trzeba było podłączać wejścia ADC0 bezpośrednio przy R5.

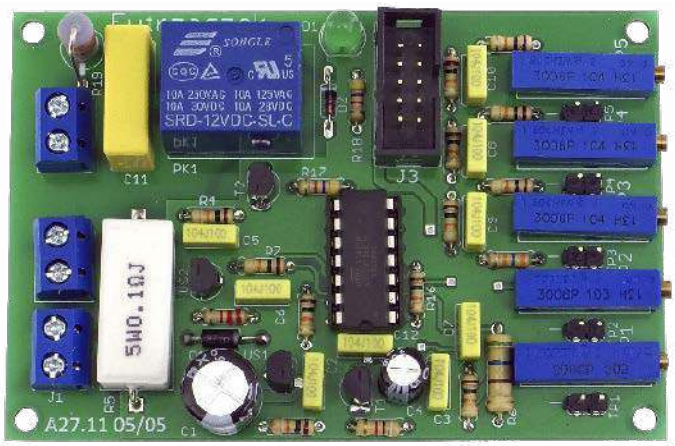
Ponieważ nie mamy gwarancji, że wyprowadzenie PA0 (ADC0) nie przyjmie nawet przez chwilę wysokiego stanu logicznego, zostało zwarte z masą układu przez rezystor R20. Jego zadaniem jest ograniczenie płynącego prądu w tej niepożądanej sytuacji.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 90×60 mm. Jej schemat wraz z rozmieszczeniem elementów został pokazany na **rysunku 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się otwory montażowe o średnicy 3,2 mm.



Rysunek 2. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów



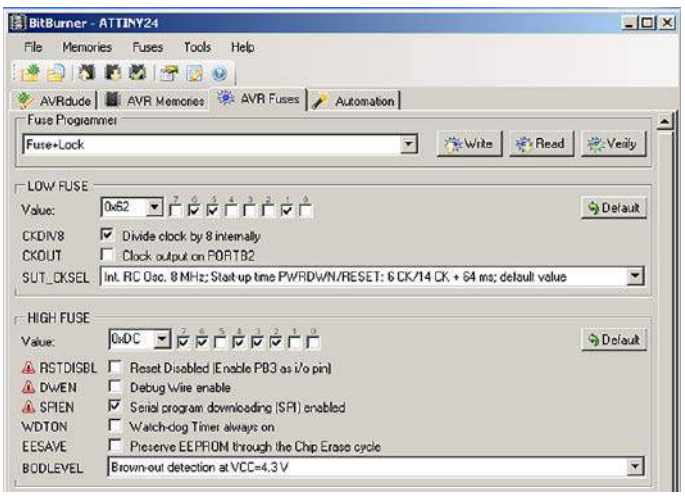
Fotografia 1. Wygląd zmontowanej płytki

Wszystkie elementy znajdujące się na płytce są przystosowane do montażu przewlekanego. Należy je wlutować klasycznie, poczynając od najniższych, a na najwyższych kończąc. Pod układ scalony w obudowie DIP proponuję zastosować podstawkę, aby można było go łatwo wymienić w razie uszkodzenia. Rezystor R5 polecam przylutować w pewnym oddaleniu od powierzchni płytki, na nieco dłuższych wyprowadzeniach, aby ułatwić cyrkulację powietrza wokół niego. Gotowy, zmontowany układ powinien wyglądać jak na **fotografii 1**.

Zasilanie rozbudowanego sterownika powinno odbywać się napięciem stałym o wartości około 12 V, które pochodzi wprost z monitorowanego akumulatora kwasowego. Przed włączeniem zasilania należy upewnić się, że potencjometry P1 i P2 są ustawione w połowie dostępnej wartości. Mikrokontroler należy dodatkowo zaprogramować dostarczonym wsadem napięcie oraz zmienić jego bity zabezpieczające na wartości:

Low Fuse = 0x62

High Fuse = 0xDC



Rysunek 3. Szczegóły ustawienia bitów zabezpieczających

eprasa.pl 5a847e4771

Szczegóły zostały pokazane na **rysunku 3**, który zawiera zrzut okna konfiguracji tych bitów z programu BitBurner. Spowoduje to załączenie obwodu Brown-Out Detector z progiem czułości około 4,3 V. To uchroni układ przed zawieszaniem się w trakcie włączania.

Pobór prądu zależy od napięcia akumulatora i stanu pracy układu. Z wyłączonym przekaźnikiem wynosi ono 5…15 mA, a po załączeniu wzrasta nawet do 40 mA. Zwiększenie poboru prądu po załączeniu się przekaźnika nie jest problemem, gdyż wtedy pracuje ładowarka sieciowa.

Eksploatacja urządzenia

Prawidłowo zmontowany układ należy podłączyć do akumulatora (złącze J2) i ładowarki (złącze J1). Należy zadbać o to, aby przewody łączące układ z akumulatorem były możliwie krótkie i grube, by spadek napięcia na nich był jak najniższy. Maksymalny prąd ładowania nie powinien przekraczać 5 A z uwagi na możliwość przegrzania rezystora R5 oraz możliwości pomiarowe układu. Zaciski złącza J3 należy potraktować jak styki wyłącznika sieciowego 230 V, który załącza ładowarkę.

Po podłączeniu do akumulatora należy wykonać kilka kalibracji. Ich przeprowadzenie zajmie nie więcej niż kilka minut. Najlepiej posłużyć się w tym celu woltomierzem cyfrowym o możliwie wysokiej dokładności oraz znacznej rezystancji wewnętrznej (najlepiej 10 MΩ lub więcej). Do podglądu wartości ustawianego napięcia służą zaciski TP1…TP5, które odpowiadają potencjometrom P1…P5. Na płytce oznaczono ujemny zacisk każdego z tych punktów pomiarowych.

W pierwszej kolejności należy podłączyć woltomierz do TP1 i potencjometrem P1 ustawić napięcie równe 5 V. Im dokładniej uda się je ustalić, tym lepiej. Następnie należy przełączyć woltomierz do zacisków TP2 i ustawić napięcie 10 V – również im dokładniej, tym lepiej dla późniejszego działania układu.

Pozostałe trzy potencjometry należy ustawić według swoich upodobań, mając na uwadze prawidłową eksploatację akumulatora w danej temperaturze – szczegółów dostarcza producent w karcie katalogowej swojego wyrobu. Najpierw potencjometrem P3 ustawiamy napięcie maksymalne, powyżej którego zostanie odłączone ładowanie, zgodnie ze wzorem:

$$U_{MAX}=10\ V+UTP3$$

Dla przykładu, chcąc uzyskać odłączanie się ładowarki powyżej 14,4 V, należy na zaciskach TP3 ustawić potencjometrem P3 napięcie równe 4,4 V. Analogicznie z napięciem minimalnym, które ustawia się potencjometrem P4, zgodnie ze wzorem:

$$U_{MIN}=10\ V+UTP4$$

Czyli chcąc załączać ładowarkę przy napięciu poniżej 10,8 V, trzeba ustawić napięcie równe 0,8 V na zaciskach TP4. Ostatni potencjometr dotyczy minimalnego prądu ładowania. Zależność między napięciem ustawionym na zaciskach TP5 a prądem jest taka:

$$I_{MIN}=(UTP5\ [V]/2)\ [A]$$

Czyli chcąc odłączać ładowarkę poniżej prądu 1 A, należy ustawić napięcie rzędu 2 V. Jeżeli nie chcemy korzystać z tej funkcji, wystarczy skręcić P5 tak, aby napięcie na TP5 było równe zero (dokładnie: poniżej 50 mV). Mikrokontroler zablokuje wtedy tę funkcję.

Napięcie na zaciskach akumulatora jest „fałszowane”, a dokładniej pomniejszone o spadek napięcia na rezystorze R5. Dlatego mikrokontroler uwzględnia ten spadek napięcia podczas pomiaru napięcia akumulatora. Wprawdzie R5 nie jest rezystorem precyzyjnym, ale uznano, że napięcie na jego zaciskach stanowi niewielki procent napięcia akumulatora, więc dokładność pomiarów napięcia dokonywanych przez układ można utrzymać na wysokim poziomie.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

KOMPUTERY RASPBERRY PI
I MODUŁY ARDUINO

ARDUINO



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 5a847e4771

Podstawowe parametry:

- poszerza możliwości niemal każdego miernika częstotliwości/czasu, dopasowując parametry mierzonych sygnałów do wejść miernika,
- zawiera wzmacniacze sygnału cyfrowego, sygnału HF oraz sygnału VHF oraz multiplekser pozwalający na wygodne przełączanie pomiędzy nimi,
- zawiera łatwo dostępne elementy i daje możliwość dokonania różnych modyfikacji, zarówno sprzętowych, jak i programowych.

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

AVT-3275	F-meter – mofułowy licznik częstotliwości i czasu (EdW 9/2020)
AVT-5755	F-meter – licznik częstotliwości i czasu (EP 5/2020)
AVT-2885	Miernik częstotliwości – f-meter (EdW 11/2008)
AVT-2831	Mikroprocesorowy miernik częstotliwości 4...150 MHz (EdW 7/2007)
AVT-2764	Częstościomierz & generator na PC (EdW 9/2005)

* 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.



Wzmacniacze wejściowe do częstościomierza (1)

Rozszerzenie możliwości AVT3275

W „Elektronice Praktycznej" oraz siostrzanej „Elektronice dla Wszystkich" były publikowane artykuły opisujące liczniki częstotliwości i czasu (EdW 9/20, EP 5/20). Są to urządzenia, które doskonale spełniają swoje zadania, ale ich możliwości można jeszcze poszerzyć. Zadaniem prezentowanych układów jest dostosowanie sygnałów, których parametry uniemożliwiały wykonanie pomiaru, do poziomów akceptowanych przez opisywane liczniki częstotliwości oraz projektowanego AVT3278.

Każdy elektronik miał nieraz styczność z pomiarem częstotliwości i z pewnością potrafi sobie wyobrazić, jak duża różnorodność sygnałów wiąże się z tym zagadnieniem. Z tego względu zaprojektowano trzy rodzaje wzmacniaczy (AVT3277/1, /2, /3), a każdy może być wykonany w kilku wariantach. Jeśli istnieje potrzeba użycia kilku rodzajów wzmacniaczy, można je podłączyć do płytki multipleksera (AVT3277/0), która, poza wyborem źródła sygnału, umożliwia dodatkowy podział sygnału (/2 lub /4) oraz monitorowanie badanego sygnału. Zasadniczym przeznaczeniem tych układów jest współpraca z licznikiem częstotliwości AVT3275 ale można je podłączyć do innych mierników wyposażonych w interfejs I²C. Jeśli miernik nie ma takiego interfejsu, to sterowane można zrealizować za pomocą dodatkowego mikrokontrolera albo, po pominięciu mikrokntrolera STM32G030, ręcznie przełącznikami i potencjometrem. Największy zestaw płytek wejściowych może składać się z czterech wzmacniaczy AVT3277/1/2/3 oraz dwóch multiplekserów AVT3277/0.

Wzmacniacz sygnału cyfrowego AVT3277/1 – budowa i działanie

Opis rozpocznę od prostej i taniej płytki wejścia cyfrowego w standardzie TTL/TTL-LV, której schemat został pokazany na **rysunku 1**. Sygnał wejściowy doprowadzony

eprasa.pl 5a847e4771

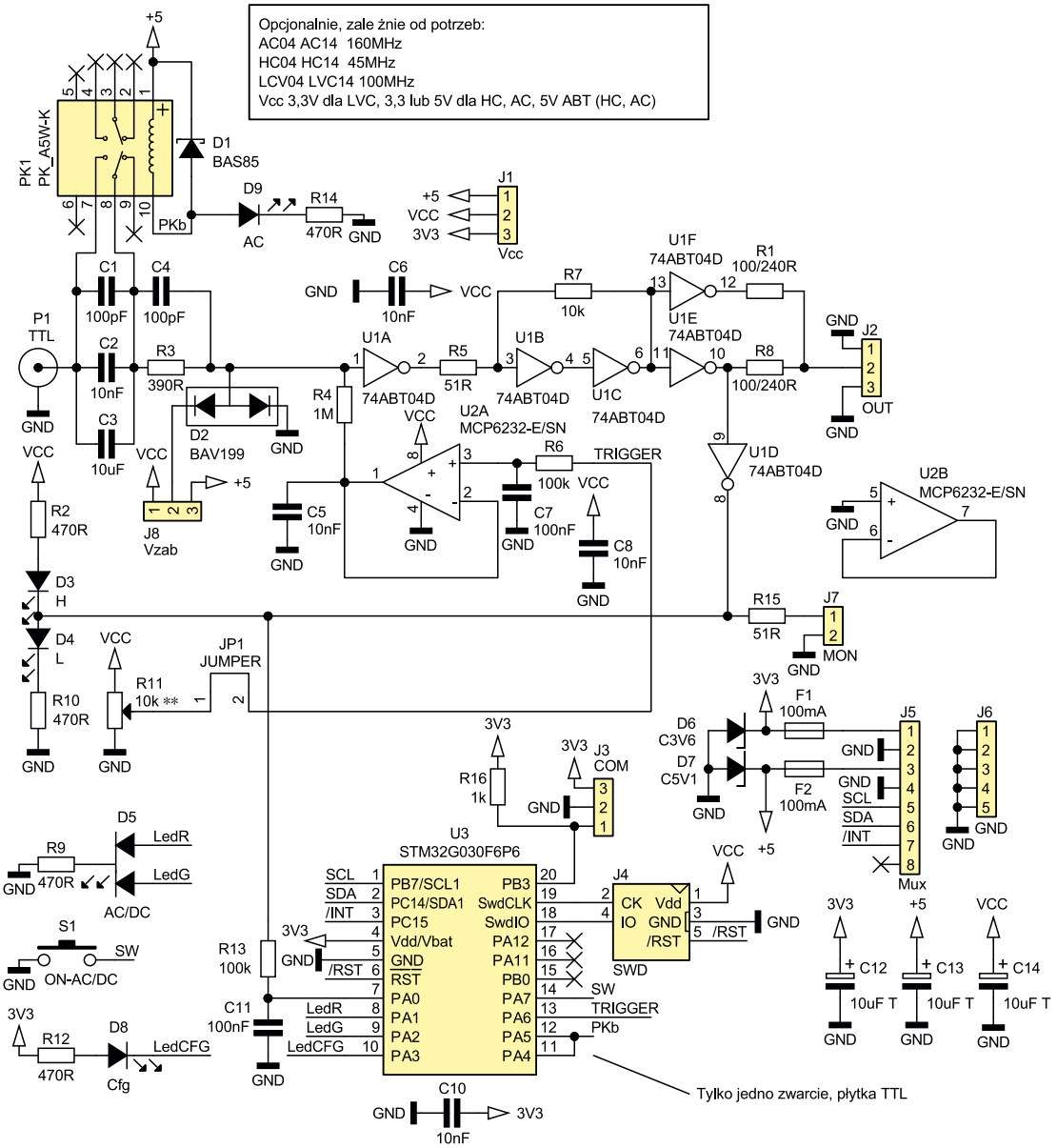
do gniazda BNC P1 przez kondensatory C1, C2, C3 przekazywany jest do obwodu zabezpieczającego złożonego z R3 i D2. Kondensator C4 zwiera rezystor R3 dla szybkich przebiegów wejściowych, dzięki czemu pojemność D2, U1A i pojemności montażowe nie tworzą filtru dolnoprzepustowego z R3 dla dużych częstotliwości. Gdyby jednak amplituda sygnału malała przy wysokich częstotliwościach, należy zwiększyć wartość C4. Kondensator C4 musi mieć małą wartość rezystancji szeregowej ESR, podobnie jak kondensatory wejściowe C1...C3. Właśnie z powodu ESR na wejściu użyto kondensatorów o małych pojemnościach, które najczęściej charakteryzują się małą wartością ESR oraz C2 o dużej pojemności, aby nie powstał filtr górnoprzepustowy. Ponieważ układ AVT3275 może mierzyć częstotliwości od 0,1 Hz, C2 powinien mieć ogromną wartość, co niesie za sobą wiele problemów. Z tego powodu kondensatory mogą być zwarte stykami przekaźnika PK1.

Bramka U1A jest buforem, który steruje bramką Schmitta. Wejście bramki zabezpieczają diody zawarte w D2. Można dokonać wyboru zakresu napięć wejściowych pomiędzy Vcc a 5 V. Najczęściej będzie wybrany zakres Vcc przez zwarcie pinów 1–2 J8, ale w przypadku układów LVC konieczne jest wybranie 3,3 V przez zwarcie pinów 2–3. W torze wejściowym przewidziano stosowanie różnych rodzin układów. Zależnie od potrzeb mogą to być układy HC, HCT, LVC, AC, ACT, ABT i inne. Nie w każdej rodzinie występują bramki Schmitta, na przykład w ABT. Z tego powodu bramka taka została zrealizowana z użyciem rezystorów R5, R7. Jeśli użyto układów z wejściami Schmitta, na przykład 74HC14, to rezystor R5 należy zastąpić zworą, a R7 nie montować. Głębokość sprzężenia zwrotnego reguluje stosunek R5 do R7. Nie należy zanadto zwiększać wartości R5, gdyż wraz z pojemnością wejściową U1B tworzy ona filtr dolnoprzepustowy.

Uformowany sygnał za pośrednictwem buforów U1E i U1F przekazywany jest na wyjście J2. Wartości rezystorów R1 i R8 należy dostosować do impedancji falowej dalszych obwodów. Jeśli połączenie będzie wykonane kablem ekranowanym, rezystory powinny mieć wartość 100 Ω dla przewodu 50 Ω, 150 Ω dla przewodu 75 Ω i 240 Ω dla skrętki 120 Ω. Jeżeli płytka wzmacniacza będzie połączona z multiplekserem, należy zastosować rezystory 100 Ω lub je pominąć.

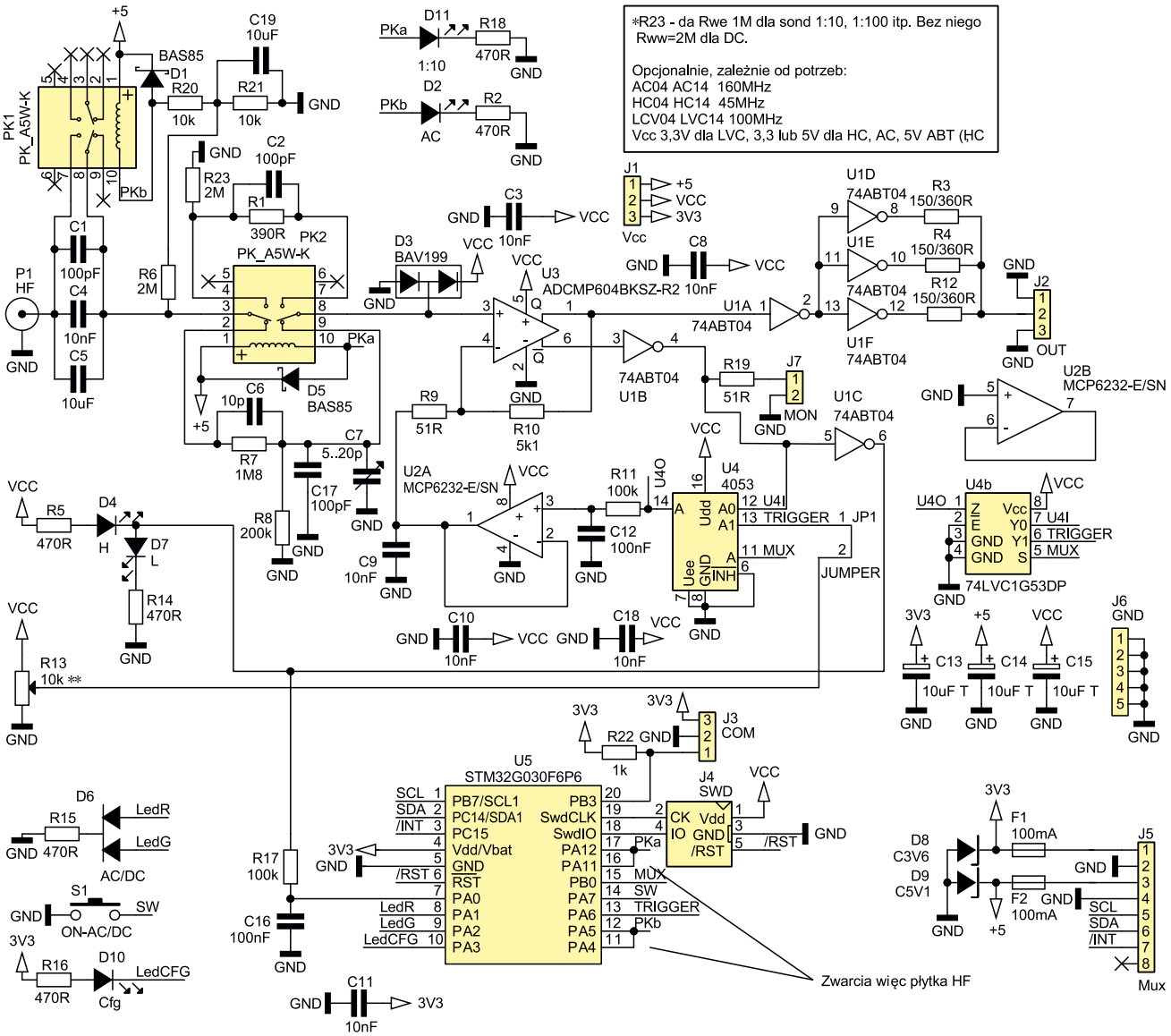
Sygnał wyjściowy jest doprowadzony przez U1D do wyjścia J7. Można tam podłączyć oscyloskop w czasie uruchamiania płytki. Ten sam sygnał steruje diodami D3 i D4 sygnalizującymi poziom sygnału wejściowego. Dodatkowo ten sam sygnał po przejściu przez filtr dolnoprzepustowy R13, C11 doprowadzony jest do przetwornika ADC w U3.

Gdy przekaźnik PK1 jest aktywny i zwiera kondensatory wejściowe, wzmacniacz U2A nie pełni istotnej funkcji. Inaczej jest, gdy



Rysunek 1. Schemat wzmacniacza sygnału cyfrowego AVT3277/1

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 2. Schemat wzmacniacza sygnału HF AVT3277/2

PK1 jest nieaktywny. Wtedy U2A za pośrednictwem R4 polaryzuje wejście U1A. Wartość tego napięcia ustala położenie potencjometru R11 lub wypełnienie sygnału PWM z wyjścia PA6 układu U3. Zworka JP1 pozwala odłączyć R11, który znajduje się na PCB. W takiej sytuacji do wyprowadzenia 2. JP1 można doprowadzić napięcie z zewnętrznego potencjometru znajdującego się na panelu czołowym. Nawet gdy jest zamontowany U3, można wymusić pracę z zewnętrznym napięciem, wystarczy wprowadzić U3 w stan resetu przez zwarcie wyprowadzeń 3 i 5 złącza J4. Gdy napięcie polaryzacji ustala U3, JP1 powinien być rozwarty, ponieważ skrajne położenie ślizgacza potencjometru R11 będzie powodowało zwarcie wyjścia U3 z zasilaniem lub masą układu.

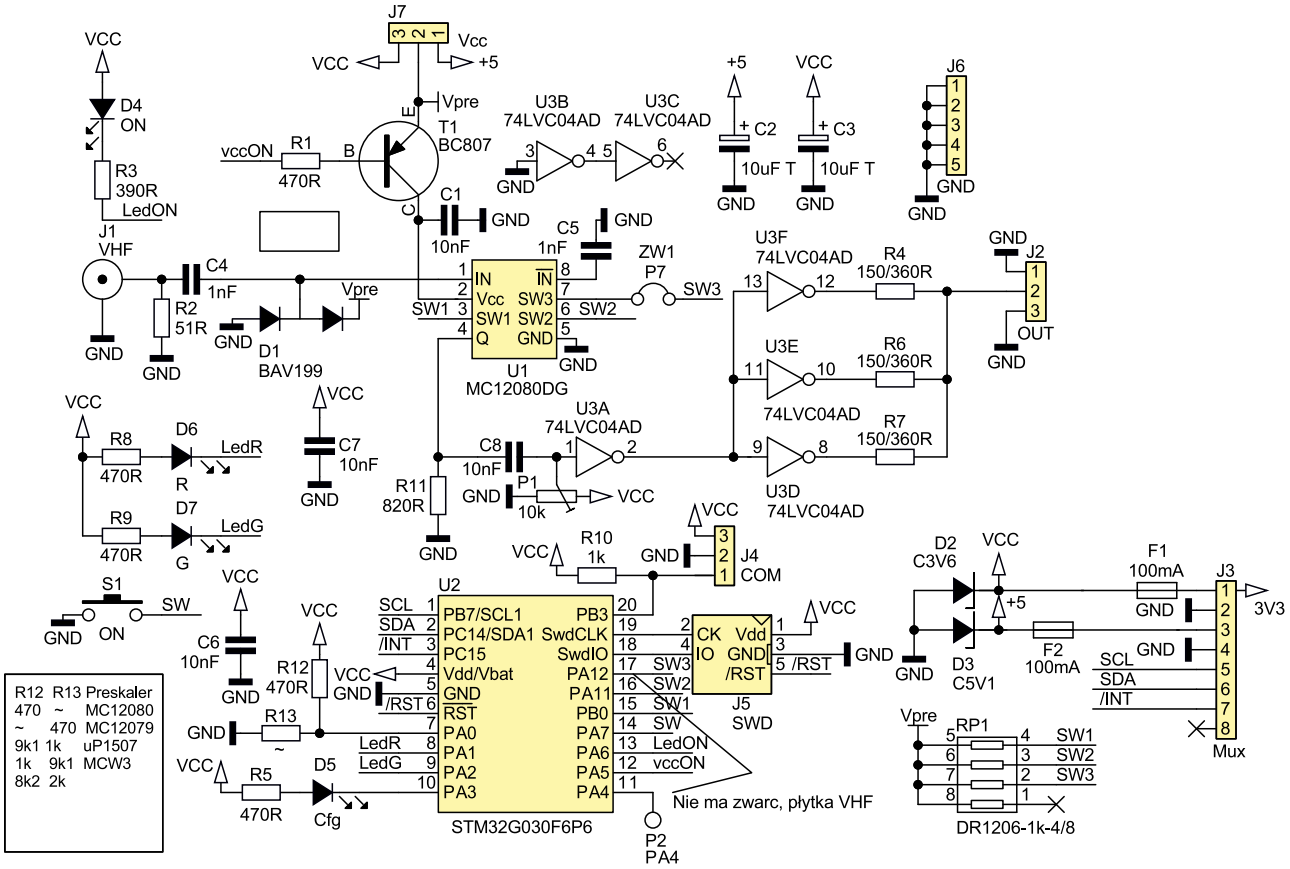
Rezystor R4 ustala rezystancję wejściową 1 MΩ. Jest to typowa rezystancja spotykana w tego rodzaju przyrządach pomiarowych. Pojemność wejściową ustalają głównie D2, U1A i pojemności montażowe. Dioda D2 ma ok. 2 pF, bramka U1A ma 3...5 pF, zależnie od technologii wykonania. Wraz z pojemnościami montażowymi pojemność wejściowa wynosi około 10...15 pF.

Zastosowany na płytce mikrokontroler zapewnia komunikację i sterowanie za pośrednictwem magistrali I²C i pełni funkcję przetwornika ADC, DAC i GPIO. Dlaczego w płytce wejść zastosowano mikrokotroler? Jest on tańszy od gotowych układów, które byłyby potrzebne do zrealizowania tej funkcjonalności. Mikrokontroler zawiera przetworniki 12-bitowe i pozwala na zaimplementowanie inteligentnego algorytmu pracy sygnalizującego awarie komunikacji czy pracę samodzielną bez sterowania przez magistralę I²C. Zasadniczą funkcją mikrokontrolera jest pomiar napięcia na wejściu PA0, sterowanie polaryzacją wejścia U1A, przekaźnikiem PK1 oraz dwukolorową diodą D5, statusową D8 i odczyt stanu przycisku S1. Dzięki temu, że odczyt przycisku realizuje mikrokontroler, nie ma problemu z pozbyciem się drżenia styków czy odróżnieniem krótkiego naciśnięcia od długiego.

Przekaźnik PK1 jest sterowany bezpośrednio z portów mikrokontrolera. Aby zwiększyć ich wydajność prądową i zmniejszyć spadek napięcia na tranzystorach wyjściowych portów, połączono je po dwa razem. Niektórych Czytelników zastanowi, dlaczego przekaźniki zasilane z 5 V podłączone są bezpośrednio do portów U3 zasilanego z 3,3 V? Otóż wejścia U3 tolerują napięcie 5 V, gdy pracują w trybie otwarty dren, dioda zabezpieczająca nie jest przyłączona do Udd U3, dzięki czemu napięcie na wyjściu nie jest ograniczone do Udd, lecz do około 5,5 V. To pozwala na bezproblemową pracę przekaźnika.

Zworka J1 pozwala wybrać napięcia zasilania U1. Dla układów 74HCTx4, 74ACTx4, 74ABT04 musi być ustawiona na 5 V. Dla 74HCx4, 74ACx4 5 V lub 3,3 V, dla 74LVC koniecznie 3,3 V. Układy LVC, AC, HC można zasilić niższym napięciem niż 3,3 V, doprowadzając je do wyprowadzenia 2 szpilek J1 (tak można dostosować płytkę do pracy z innymi napięciami, na przykład 1,8 V). Trzeba jednak zadbać o to, aby poziom wysoki wynosił co najmniej 70% napięcia zasilania układów na płytce współpracującej z płytką wzmacniacza wejściowego

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 3. Schemat wzmacniacza sygnału VHF AVT3277/3

(na przykład płytką multipleksera), jeśli znajdują się na niej układy rodziny HC, AC, LVC lub 2,45 V dla układów ABT, HCT, ACT.

Napięcie zasilające jest filtrowane kondensatorami C6, C8, C10, C12, C13, C14. Bezpieczniki F1, F2 i diody Zenera D6, D7 tworzą proste zabezpieczenie przed skutkami błędnego podłączenia zasilania.

Wzmacniacz sygnału HF AVT3277/2 – budowa i działanie

Następną płytką jest wzmacniacz sygnału HF z komparatorem, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. W opisie zostaną pominięte bloki występujące w płytce wzmacniacza sygnału cyfrowego, a omówione będą tylko różnice. Pierwszą z nich jest tłumik 1:10 przyłączany za pomocą styków przekaźnika PK2. W stanie spoczynkowym przekaźnika tłumik jest włączony (R7 i R8). Kompensację częstotliwością zapewnia C6 i C17 wraz z trymerem C7. Gdy przekaźnik jest włączony, tłumik jest odłączony, a sygnał wejściowy jest przekazywany, podobnie jak w przypadku wzmacniacza sygnału cyfrowego, przez szeregowy rezystor R1 i kondensator C2.

Napięcie spoczynkowe w trybie AC zapewniają rezystory R20, R21 i R6. Wynosi ono 2,5 V i w razie potrzeby można je zmienić, korygując wartość R20 lub R21. Kondensator C19 filtruje to napięcie. W trybie DC, gdy przekaźnik PK1 jest aktywny, rezystor R6 zwarty jest do masy za pośrednictwem R21. Rezystor R23 gwarantuje rezystancję wejściową 1 MΩ, także dla wyłączonego dzielnika 1:10, gdy nie wtrąca on swojej rezystancji 2 MΩ przez połączone szeregowo rezystory R7 i R8.

W odróżnieniu od rozwiązania z rysunku 1, sygnał wejściowy jest kształtowany przez szybki komparator U3. Wyjście proste komparatora (wyprowadzenie 1) buforowane bramką U1A steruje buforami U1D, U1E i U1F, z których sygnał jest kierowany na wyjście J2. W odróżnieniu od rozwiązania z rysunku 1 tu trzy, a nie dwa bufory sterują linią wyjściową, dlatego rezystancje na wyjściach są inne. Sygnał dla monitora (wyjście J7) i sterowania diodami D4, D7 jest pobierany w wyjścia zanegowanego komparatora.

Poza diodami, filtrem dolnoprzepustowym R17, C16, zanegowane wyjście komparatora doprowadzone jest także do klucza analogowo-cyfrowego U4 (U4b). Pozwala to na wybór poziomu wyzwalania pomiędzy potencjometrem R13 czy wyjściem PA6 układu U3 (tryb MANUAL) a sygnałem wyjściowym komparatora (tryb AUTO). Pozostała funkcjonalność płytki jest taka sama jak układu wzmacniacza sygnału cyfrowego.

Wzmacniacz sygnału VHF AVT3277/3 – budowa i działanie

Ostatnia z płytek to wzmacniacz sygnału VHF, którego schemat został pokazany na **rysunku 3**. Na płytce można zastosować preskaler typu MC12080 (od 100 MHz do 1,4 GHz) i MC12079 (od 250 MHz do 2,8 GHz) oraz układ typu μPB1507 (od 500 MHz do 3 GHz) zasilane, zależnie od wersji, napięciem 3,3 V lub 5 V. Wyboru napięcia dokonujemy, zwierając odpowiednie wyprowadzenia J7.

Tranzystor T1 załącza zasilanie preskalera tylko wtedy, gdy płytka wejściowa jest aktywna, co eliminuje generowanie zakłóceń na inne płytki wejściowe, ponieważ preskaler jest samooscylujący, a to oznacza, że gdy nie ma sygnału wejściowego, na wyjściu generuje jakąś niestabilną częstotliwość. Dodatkową zaletą odłączania zasilania nieużywanego preskalera jest zmniejszenie poboru prądu – trzeba mieć na uwadze, że w mierniku można zamontować kilka płytek z preskalerami.

Dioda D1 zabezpiecza wejście, ale należy mieć świadomość wpływu pojemności D1 na pracę układu. Można rozważyć pominięcie tego elementu w czasie montażu. Wartość R1 zależy od preskalera, dla MC12080 wynosi 820 Ω, dla MC12079 1,2 kΩ, a μPB1507 nie wymaga rezystora.

Rezystory drabinki RP1 zapewniają napięcie 5 V w stanie wysokim dla obwodów zasilanych tym napięciem (wyjścia PA0, PB11 i PB12 pracują w trybie otwarty dren). Zworę ZW1 należy założyć, gdy używany jest MC12080, w przypadku μPB1507 musi być bezwzględnie zdjęta, natomiast dla MC12079 nie można znaleźć informacji na temat wyprowadzenia 7 układu, co sugeruje, że zwora Z1 nie ma znaczenia.

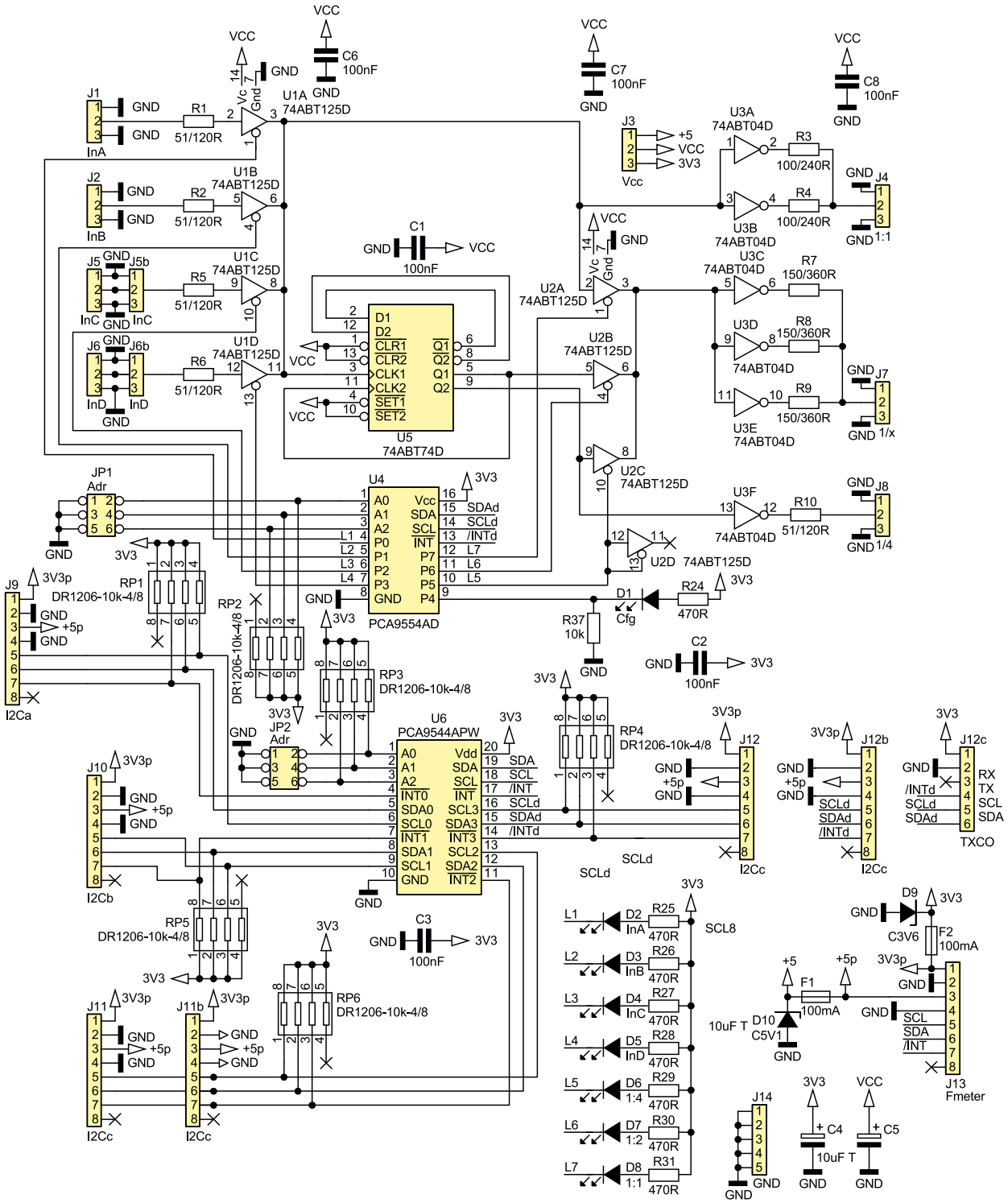
eprasa.pl 5a847e4771

Zależnie od typu preskalera należy wlutować odpowiednie rezystory R12 i R13. Dla MC12080 R12=0 Ω, R13 niewlutowany, dla MC12079 R12 niewlutowany, R13=0 Ω, µPB1507 R12=2 kΩ R13=18 kΩ. Dzięki temu miernik AVT3275 dobierze odpowiednie mnożniki przy wyświetlaniu wyniku pomiaru.

Multiplekser wzmacniaczy sygnału AVT3277/0 – budowa i działanie

Powyżej opisane płytki mogą pracować samodzielnie, jeśli jednak istnieje potrzeba podłączenia kilku płytek wzmacniaczy do jednego wejścia miernika, to można zrealizować z użyciem multipleksera AVT3277/0. Jego budowa nie jest skomplikowana, a schemat został pokazany na **rysunku 4**. Sygnały wejściowe pochodzące z maksymalnie czterech płytek wzmacniaczy wejściowych doprowadzone są do złączy J1, J2, J5, J6. Aby wybrać sygnał jednej z czterech płytek wzmacniaczy, nie zastosowano multipleksera, ale cztery bramki z wyjściem 3-stanowym układu U1 ze względu na to, że asortyment bardzo szybkich układów rodziny ABT jest dość ubogi. Sygnał ten jest dzielony przez dwa i cztery w przerzutniku T zrealizowanym z przerzutnika D układu U5. Układ U2 pozwala wybrać, czy na wyjście J7 przekazać sygnał ze wzmacniacza wejściowego, czy podzielony przez dwa lub cztery. Dodatkowo dostępne są wyjścia sygnału bez podziału na złączu J4 oraz po podziale przez cztery na J8.

Wyjście J4 (sygnał 1:1) może być wyprowadzone, jak w prototypie, na złącze BNC dostępne z tyłu obudowy, do którego podłącza się oscyloskop. Podgląd sygnału może być bardzo pomocny przy manualnym ustawianiu poziomu wyzwalania lub kontroli



Rysunek 4. Schemat multipleksera wzmacniaczy sygnału AVT3277/0

eprasa.pl 5a847e4771

automatycznego ustalania poziomu, który ma spore ograniczenia zwłaszcza przy większych częstotliwościach. Sygnały dostępne na J4, J7, J8 są buforowane bramkami układu U3. Podobnie jak w przypadku płytek wzmacniaczy, zastosowano tu bufory wyjściowe z włączonymi równolegle rezystorami, których rezystancję należy dostosować do impedancji przewodów (zwykle będzie to przewód ekranowany 50 Ω).

Bramkami układów U1 i U3 steruje ekspander I²C układ U4 typu PCA9554AD. Układ ten jest bardziej zaawansowaną wersją układu PCF8574. Podstawową zaletą PCA9554 w stosunku do PCF8574 jest komunikacja I²C z zegarem 400 kHz, a nie 100 kHz, oraz rejestr kierunku pozwalający na pracę wyjścia w trybie push-pull, a nie pull-up jak na przykład w układach serii 8051, co ogranicza maksymalny prąd wyjściowy w stanie wysokim oraz stromość narastania zboczy sygnału.

Drugim układem związanym z magistralą I²C jest multiplekser PCA9544APW (U6). Pozwala on rozdzielić jedną magistralę I²C na cztery. Dzięki temu każda z płytek wzmacniaczy ma ten sam adres. Program częstościomierza AVT3275 sprawdza obecność płytek wzmacniaczy na poszczególnych slotach. Bez tego mechanizmu każda z płytek musiałaby mieć inny adres, ustalany na przykład zworkami. Zastosowany w nich STM32G030F6 nie ma wystarczającej liczby wyprowadzeń, aby na każdej z wersji ustawić inny adres, co wiązałoby się z koniecznością zastosowanie innego, droższego mikrokontrolera zajmującego na płytce większą powierzchnię. Co gorsza, takie rozwiązanie byłoby podatne na błędy użytkownika, związane ze złym ustawieniem adresu, bo w I²C nie ma unikalnych adresów jak w 1-Wire. Rozwiązanie z PCA9544 pozwala uniknąć takich problemów. Kolejną zaletą PCA9544 jest obsługa linii przerwań. Co prawda w AVT3275 ta funkcja nie jest wykorzystana, ale w innych rozwiązaniach może być przydatna. Mikrokontrolery na płytkach wzmacniaczy mogą zgłaszać przerwania. Aktualnie jest to przerwanie od resetu płytki i przycisku, ale niewykluczone, że w kolejnych wersjach programu czy kolejnych wersjach płytek źródeł przerwań będzie więcej.

Dlaczego zrealizowana jest obsługa aż czterech wejść w sytuacji, gdy AVT3275 ma tylko dwa wejścia? Trudno zrealizować jedno uniwersalne wejście, które działałoby prawidłowo zarówno dla sygnałów 0,1 Hz, jak i 200 MHz, a także dla sygnałów logicznych 1,8 V czy radiowych o poziomie kilku mV, jak i dziesiątek czy setek woltów. Z tego powodu można zbudować kilka wzmacniaczy zoptymalizowanych do określonych warunków. Przykładowo może to być płytka dla poziomów TTL 5 V, kolejna dla 1,8 V oraz

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):

Wykaz elementów wzmacniacza sygnału cyfrowego AVT3277/1

Rezystory: (SMD1206, o ile nie opisano inaczej)
R1, R8: 100/240 Ω
R2, R9, R10: 470 Ω
R3: 390 Ω
R4: 1 MΩ
R6, R12...R14: 100 kΩ
R5, R15: 51 Ω
R7: 10 kΩ
R16: 1 kΩ
R11: 10 kΩ potencjometr montażowy THT

Kondensatory: (SMD1206)
C1, C4: 100 pF
C2, C5, C6, C8, C10: 10 nF
C3: 10 µF
C7, C11: 100 nF
C12...C14: 10 µF tantalowy

Półprzewodniki:
D1: BAS85
D2: BAV199
D3: LED czerwona 5 mm
D4: LED zielona 5 mm
D5: LED 2 kolory wspólna katoda
D6: C3V6 minimelf
D8: LED niebieska SMD1206
D7: C5V1 minimelf
D9: LED żółta SMD1206
U1: 74ABT04D
U2: MCP6232-E/SN
U3: STM32G030F6P6

Pozostałe:
S1: mikroswitch kątowy
PK1: AZ850-5
P1: gniazdo kątowe BNC
F1, F2: PTC 100 mA ZH32
JP1: listwa goldpin 1×2
J1: listwa goldpin 1×3
J2, J8: gniazdo goldpin kątowe 1×3
J3: listwa goldpin 1×3
J4: T821-1-06-S1
J5: gniazdo goldpin kątowe 1×8
J6: listwa goldpin 1×5
J7: NS25-W2K

Wykaz elementów wzmacniacza sygnału HF AVT3277/2

Rezystory: (SMD1206, o ile nie opisano inaczej)
R1: 390 Ω
R2, R5, R14...R16, R18: 470 Ω
R3, R4, R12: 150/360 Ω
R6 R23 2 MΩ
R7: 1,8 MΩ
R8: 200 kΩ
R9, R19: 51 Ω
R10: 5,1 kΩ
R11, R17: 100 kΩ
R20, R21: 10 kΩ
R22: 1 kΩ
R13: 10 kΩ potencjometr montażowy THT

Kondensatory: (SMD1206)
C1, C2, C17: 100 pF
C3, C4, C8, C9, C10, C11, C18: 10 nF
C6: 10 pF
C5, C19: 10 µF
C7: trymer 2...25 pF
C12, C16: 100 nF
C13...C15: 10 µF tantalowy

Półprzewodniki:
D1: D5 BAS85
D2: LED żółta
D3: BAV199
D4: LED czerwona 3 mm
D6: LED 2 kolory wspólna katoda
D7: LED zielona 3 mm
D8: C3V6 minimelf
D9: C5V1 minimelf
D11: LED żółta
D10: LED niebieska
U1: 74ABT04
U2: MCP6232-E/SN
U3: ADCMP604BKSZ-R2
U4: 74HC4053D
U5: STM32G030F6P6
U4: 74LVC1G53DP

Pozostałe:
S1: mikroswitch kątowy
P1: gniazdo kątowe BNC
PK1: PK2 AZ850-5
F1, F2: PTC 100 mA ZH32
JP1: listwa goldpin 1×2
J1: listwa goldpin 1×3
J2, J3: gniazdo goldpin kątowe 1×3
J4: T821-1-06-S1
J5: gniazdo goldpin kątowe 1×8
J6: listwa goldpin 1×5
J7: NS25-W2K

Wykaz elementów wzmacniacza sygnału VHF AVT3277/3

Rezystory: (SMD1206, o ile nie opisano inaczej)
R1, R5, R8, R9, R12, R14: 470 Ω
R2: 51 Ω
R3: 390 Ω
R4: R6: R7: 150/360 Ω
R11: 820 Ω
R10: 1 kΩ
R13: opis w tekście
P1: 10 kΩ potencjometr montażowy THT
RP1: DR1204-4/8-4D03

Kondensatory: (SMD1206)
C1, C6...C8 10 nF
C2, C3: 10 µF tantalowy
C4, C5: 1 nF

Półprzewodniki:
D1: BAV199
D2: C3V6 minimelf
D3: C5V1 minimelf
D4: D7 LED zielona 3 mm
D5: LED niebieska
D6: LED czerwona 3 mm
D8: LED niebieska 3 mm
T1: BC807
U1: MC12080DG
U2: STM32G030F6P6
U3: 74LVC04AD

Pozostałe:
S1: mikroswitch kątowy
ZW1: zwora
F1, F2: PTC 100 mA ZH32
J1: gniazdo kątowe BNC
J2: J4 gniazdo goldpin kątowe 1×3
J3: gniazdo goldpin kątowe 1×3
J5: T821-1-06-S1
J6: listwa goldpin 1×5
J7: listwa goldpin 1×3

Wykaz elementów multipleksera wzmacniaczy sygnału AVT3277/0

Rezystory: (SMD1206, o ile nie opisano inaczej)
R1, R2, R5, R6, R10: 51/120 Ω
R3, R4, 100/240 Ω
R7, R8, R9, 150/360 Ω
R24...R31: 470 Ω
R37: 10 kΩ
RP1, RP2, RP3, RP4, RP5, RP6: DR1204-4/8-4D03

Kondensatory: (SMD1206)
C1...C3, C6...C8: 100 nF
C4, C5, 10 µF tantalowy

Półprzewodniki:
D1: LED niebieska SMD1206
D2...D8: LED zielona SMD1206
D9: C3V6 minimelf
D10: C5V1 minimelf
U1, U2: 74ABT125D
U3: 74ABT04D
U4: PCA9554AD
U5: 74ABT74D
U6: PCA9544APW

Pozostałe:
F1, F2: PTC 100 mA ZH32
JP1, JP2: T821-1-06-S1
J1...J3, J5, J5b, J6, J6b: listwa goldpin 1×3
J4, J7, J8: NS25-W3P
J9...J12b: listwa goldpin 1×8
J12c: NS25-W6P
J13: NS25-W8P
J14: listwa goldpin 1×5

eprasa.pl 5a847e4771



Fotografia 1. Uruchomiony miernik częstotliwości i czasu z zamontowanymi wzmacniaczami sygnałów wejściowych

preskaler na kilka GHz. Dzięki identyfikacji płytki przez oprogramowanie, zawarte w mikrokontrolerze na płytce wzmacniacza, licznik częstotliwości wie, czy płytka zawiera preskaler i może uwzględnić to przy wyświetlaniu wyniku pomiaru.

W częstościomierzu przewidziano możliwość podłączenia dwóch płytek multiplekserów, stąd na JP2 wyprowadzono wejścia adresowe. W sytuacji, gdy są dwie płytki, należy je zmontować, zachowując pewne reguły związane z montażem złączy, bo płytki montowane są na tak zwaną kanapkę. Dzięki dwóm płytkom multiplekserów dowolna płytka wejściowa może zostać podłączona do dowolnego z dwóch wejść częstościomierza AVT3275/3278. W wersji z jednym multiplekserem wejście A AVT3275 podłączone jest do multipleksera (wyjście J7), natomiast wejście B do jednego z wejść J1, J2, J5 lub J6 przez przylutowanie na stronie bottom płytki złącza NS25-W3P albo w miejscu złącza J5b, J6b.

Wyjaśnienia wymaga jeszcze wyprowadzenie na złącze J8 sygnału podzielonego przez cztery. Wynika to także z obecności sygnału bez podziału na J4, które może służyć do podglądu sygnału na oscyloskopie. W przypadku gdy miernik nie potrafi mierzyć większych częstotliwości, które jest w stanie dostarczyć płytka wejść, sygnał może zostać podzielony przez dwa lub cztery, aby dostosować go do możliwości miernika. Przykładowo, gdy miernik został zrealizowany na popularnym AVRmega/tiny, co ogranicza pomiar do 10 lub nawet 8 MHz, a płytka z układami 74HC potrafi dostarczyć sygnały do 45, a nawet 50 MHz. Podział przez 4 pozwoli mierzyć miernikiem o zakresie 10 MHz sygnały do 40 MHz. Niestety, dzielnik powoduje utratę rozdzielczości, a co gorsza, uniemożliwia pomiar czasu impulsu (możliwy jest tylko pomiar okresu sygnału). To oznacza, że dzielnik należy przyłączyć wtedy, gdy jest to niezbędne.

Gdy o przyłączeniu dzielnika decyduje operator miernika, problemu nie ma, ale gdy funkcję tę realizuje automatyka miernika, zaczynają się problemy. Gdy zostanie podany sygnał o zbyt dużej częstotliwości, miernik zmierzy go, przy czym wynik będzie niezgodny z rzeczywistością. Najczęściej pomiar będzie niestabilny, ale może się zdarzyć, że pomiar będzie stabilny, a częstotliwość niezgodna z rzeczywistą. Dzięki wyjściu J8 można mierzyć sygnał dodatkowym timerem, oszacować częstotliwość (pomiar nie musi być dokładny) i odpowiednio ustawić dzielnik. Wydawać się może, że do automatycznej zmiany stopnia podziału wystarczy tylko dodatkowy sygnał podzielony przez cztery. Byłoby tak, gdyby nie możliwość pomiaru długich czasów. Przy pomiarze czasu 10 sekund i włączonym dzielniku przez cztery stwierdzenie, czy sygnał występuje, czy nie, trwałoby 40 sekund zamiast dziesięciu. Można co prawda mierzyć głównym wejściem sygnał bez podziału, dodatkowym timerem podzielonym przez cztery, po pomiarze odpowiednio ustawić dzielnik, ale co w sytuacji, gdy po pomiarze wysokiej częstotliwości rozpoczniemy pomiar niskiej? Podzielnik będzie ustawiony na cztery! Tu z pomocą przychodzi wyjście J4, które nawet nie musi być doprowadzone do timera, wystarczy, aby programowo sprawdzać, czy zmienia stan. Razem z wynikiem pomiaru sygnału z J8 pozwoli to oszacować mierzoną częstotliwość. Dzięki temu automatyka pomiaru działa najszybciej jak to możliwe. Niestety AVT3275 nie ma dodatkowych wejść pomiarowych, ale będzie w nie wyposażony AVT3278. Możliwy byłby taki pomiar w AVT3275, korzystając z wejścia timera przeznaczonego do pomiaru sygnału 1 pps oraz dodatkowego wejścia rezerwowego. Jeśli Czytelnicy będą zainteresowani taką wersją programu, powstanie odpowiednia modyfikacja oprogramowania.

Uwaga! Sygnały na wyjściach J4, J7 i J8 są zanegowane. Program AVT3275 uwzględnia ten fakt i gdy wykryje płytkę AVT3277/0, zamienia zmierzone czasy impulsów niskiego i wysokiego pomiędzy sobą.

Magistrala I²C w pewnych warunkach może zostać zablokowana przez slave. Dzieje się tak w przypadku, kiedy transmisja zostanie przerwana w czasie, gdy slave wystawia na SDA stan niski. Reset mikrokontrolera nie rozwiązuje problemu, bo kontroler stwierdza, że trwa transmisja i komunikuje przegranie arbitrażu na magistrali. Wyjściem z tej sytuacji jest wyłączenie i włączenie zasilania slave. Nie jest to jednak elegancie rozwiązanie. Można inaczej odblokować slave – wystarczy wygenerowanie dziesięciu impulsów na linii SCL. W przypadku AVT3275 sytuacja jest bardziej skomplikowana, ponieważ na magistrali znajdują się multipleksery. Z tego powodu oprogramowanie cyklicznie sprawdza każdą z magistral za multiplekserem, testuje ją i w razie wykrycia nieprawidłowości próbuje odblokować slave.

Podsumowanie

W kolejnej części artykułu dokończymy opis sprzętu i omówimy szczegóły montażu wszystkich płytek. Uruchomiony miernik częstotliwości i czasu z zamontowanymi wzmacniaczami sygnałów wejściowych został zaprezentowany na **fotografii 1**.

SaS
sas@elportal.pl

Chcesz czytać nasze najnowsze artykuły jeszcze przed wydrukowaniem w EP?

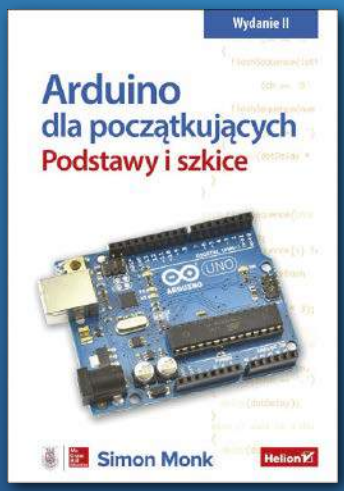
Zajrzyj na
www.ep.com.pl/EPwtoku

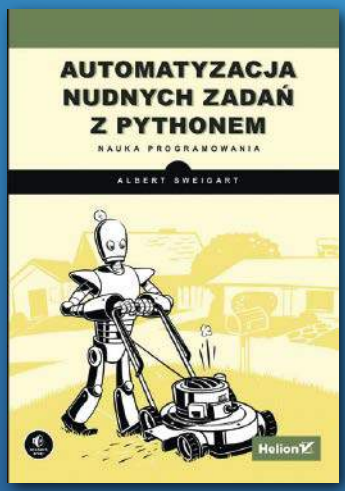


eprasa.pl 5a847e4771

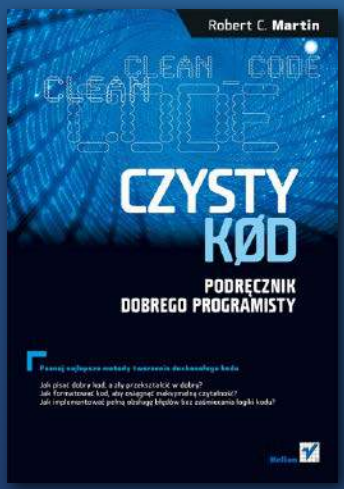
KSIĄŻKI W ULUBIONYM KIOSKU

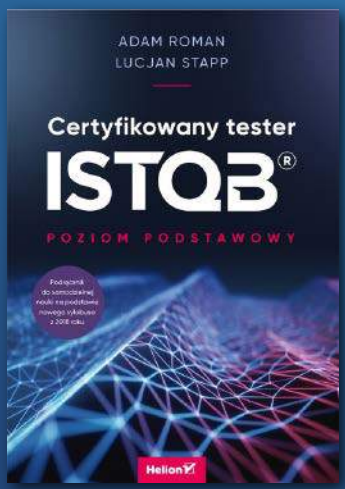
Wybieraj spośród naszych nowości i bestsellerów!





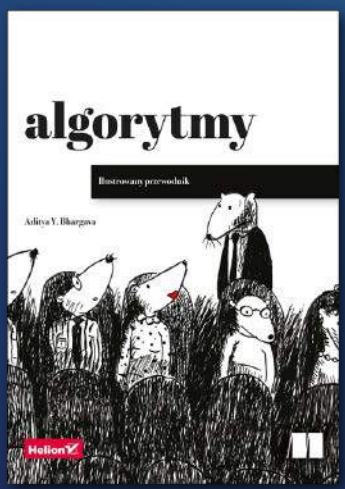


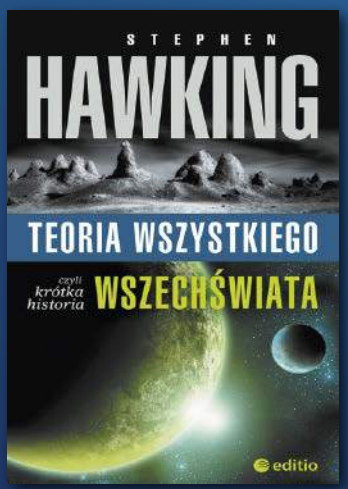












Zobacz pełną ofertę książek na UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl 5a847e4771

Podstawowe parametry:

- wspierany przez dystrybucję Linuxa dla Raspberry Pi,
- umożliwia realizację transmisji z typowymi prędkościami, także w trybie z potwierdzeniem sprzętowym i elastyczną konfiguracją ramki,
- umożliwia ustawienie 4 adresów na magistrali I²C,
- wymaga zasilania 3,3 V/50 mA.

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

AVT-5717 Konwerter USB-UART z ekstenderem (EP 10/2019)
AVT-5648 Izolowana przejściówka USB/UART (EP 9/2018)
AVT-1780 USB_FT230XQ Miniaturowy konwerter USB/UART (EP 11/2013)
AVT-1775 Miniaturowy konwerter USB/UART z układem FT230XS (EP 9/2013)
AVT-1595 Miniaturowy konwerter USB/UART (EP 10/2010)

W ofercie AVT*
AVT5884

* 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

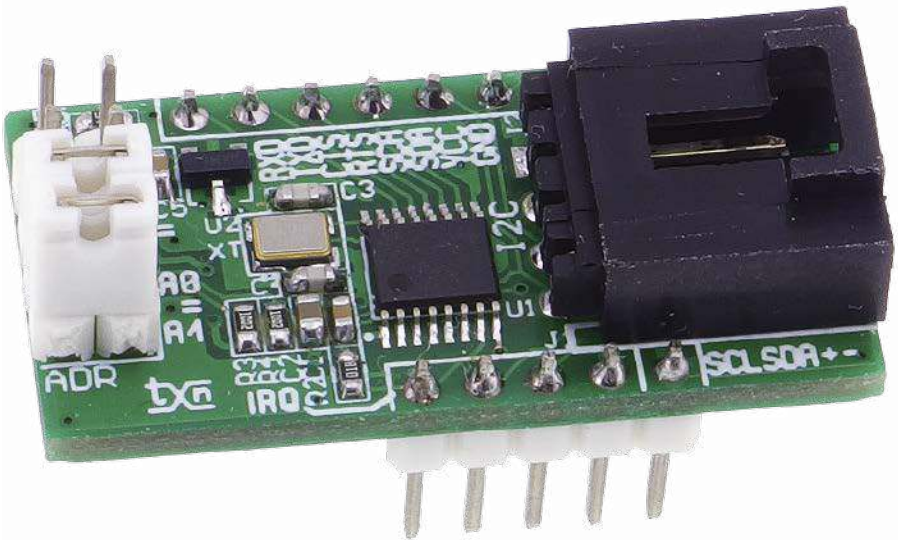
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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 portu szeregowego UART do magistrali I²C

Dzięki zastosowaniu ekspandera możemy uzupełnić Raspberry Pi lub inne SBC o dodatkowy port szeregowy UART przydatny w aplikacjach automatyki domowej lub IoT.



Moduł zawiera sprzętowy port UART do magistrali I²C w postaci układu typu SC16IS740 firmy NXP, którego schemat wewnętrzny został pokazany na **rysunku 1**. Układ jest wspierany przez dystrybucję Linuxa dla Raspberry Pi i umożliwia realizację transmisji z typowymi prędkościami, także w trybie z potwierdzeniem sprzętowym i elastyczną konfiguracją ramki przy zachowaniu niewielkiego poboru mocy.

Budowa i działanie

Schemat ideowy modułu został pokazany na **rysunku 2**. Magistrala I²C doprowadzona jest do złącza J1, na które wyprowadzony jest też niezbędny do poprawnej pracy sygnał przerwania IRQ. Na złącze J2 wyprowadzone są sygnały portu szeregowego RXD/TXD, CTS/RTS oraz dodatkowo sygnały magistrali I²C. Rozstaw złączy ułatwia zastosowanie modułu w typowych płytkach stykowych i prototypowych. Złącza I²C/I²C1 typu EH/JST mogą zostać użyte do podłączenia pozostałych modułów na magistrali I²C. Układ U2 zapewnia reset po włączeniu zasilania.

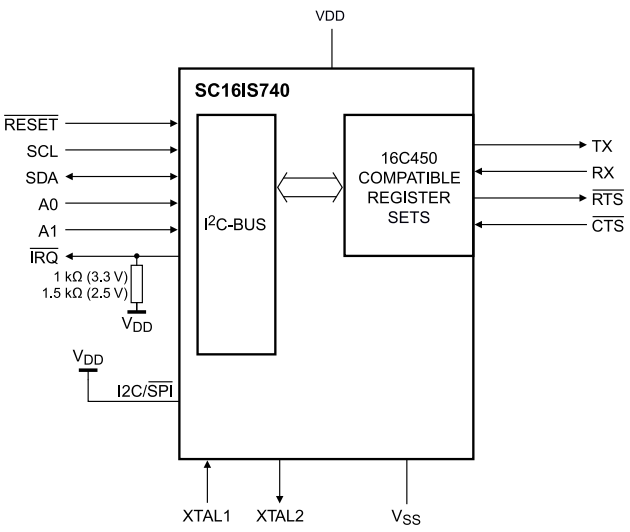
Układ SC16IS740 wymaga stabilnego zegara do realizowania transmisji, który jest zbudowany na elementach XT, C3, C4. Zwora PU umożliwia konfigurację rezystorów podciągających magistralę I²C – R5, R6. Zwora ADR umożliwia ustawienie 4 adresów (zwora zwarta Ax=0, rozwarta Ax=1) zgodnie z **tabelą 1**. Należy zwrócić uwagę, aby ustawiony adres nie pokrywał się np. z termometrami I²C. Moduł wymaga zasilania 3,3 V/50 mA, dioda LED sygnalizuje jego obecność.

Tabela 1. Adresacja układu SC16IS740

A1	A0	Adres
1	1	0x48 (1001000x)
1	0	0x49 (1001001x)
0	1	0x4C (1001100x)
0	0	0x4D (1001101x)

Montaż i uruchomienie

Moduł zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat wraz z rozmieszczeniem elementów został pokazany na **rysunku 3**. Sposób montażu jest



Rysunek 1. Schemat wewnętrzny układu SC16IS740

eprasa.pl 5a847e4771

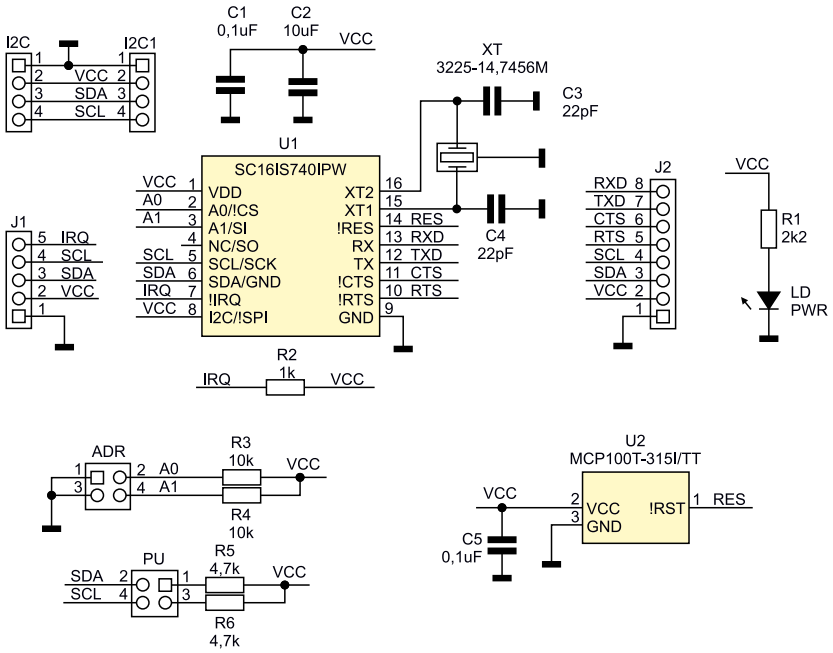
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory: (SMD0603, 1%)
R1: 2,2 kΩ
R2: 1 kΩ
R3, R4: 10 kΩ
R5, R6: 4,7 kΩ

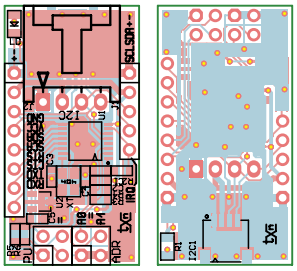
Kondensatory: (SMD0603)
C1, C5: 0,1 µF
C2: 10 µF
C3, C4: 22 pF

Półprzewodniki:
LD: dioda LED SMD0805
U1: SC16IS740IPW (TSSOP16)
U2: MCP100T-315I/TT (SOT-23)

Pozostałe:
ADR, PU: listwa IDC8 + zwory IDC4
I2C: złącze EH4 kątowe
I2C1: złącze JST4 1 mm
J1: listwa SIP5 prosta męska
J2: listwa SIP8 prosta męska
XT: rezonator kwarcowy 14,7456 MHz SMD 3,2×2,5



Rysunek 2. Schemat modułu



Rysunek 3. Schemat płytki PCB z rozmieszczeniem elementów

klasyczny i nie wymaga dokładnego opisu. Konstrukcja mechaniczna modułu umożliwia bezproblemową współpracę z płytkami stykowymi lub prototypowymi, zalecam stosowanie długich (30...40 mm) złączy SIP, wlutowanych tak, aby wyprowadzenia wystawały po obu stronach płytki drukowanej. Taki sposób montażu umożliwia wygodne stosowanie w płytkach stykowych oraz ułatwia wyprowadzenie sygnałów oraz rozszerzanie magistrali I²C.

Dla szybkiego sprawdzenia działania moduł można podłączyć do magistrali I²C komputerka Raspberry Pi, a wyprowadzenie przerwania INT do GPIO24 (pin 18). Domyślny adres modułu to 0x4D (założone obie zwory ADR). Gdy wykorzystuje się bibliotekę i2ctools, po ustawieniu adresu bazowego, moduł powinien być widoczny po odczycie magistrali poleceniem:

```
i2cdetect -y 1
```

Efekt został pokazany na **rysunku 4** (ustawiony adres bazowy 7-bitowy 0x4D).

Jeżeli układ jest widoczny na magistrali I²C, to można zainicjować jego sterownik. W tym celu edytujemy plik config.txt:

```
sudo nano /boot/config.txt
```

dodając na końcu pliku linię:

```
dtoverlay=sc16is750-i2c,int_
pin=24,addr=0x4D
```

W zależności od wykorzystanych wyprowadzeń GPIO i ustawionego adresu należy zmodyfikować parametry `int_pin, addr`. Układ SC16IS740 jest uproszczoną o GPIO wersją SC16IS750 i w zakresie obsługi UART jest w 100% zgodny.

Po edycji pliku należy zrestartować system poleceniem:

```
sudo reboot now
```

Po uruchomieniu systemu poleceniem:

```
i2cdetect -y 1
```

sprawdzamy, czy w miejscu adresu 0x4D, pojawi się tekst UU, świadczący o kontroli urządzenia przez driver. Obecność dodatkowego portu szeregowego w systemie możemy sprawdzić poleceniem:

```
ls /dev
```

Wśród urządzeń powinien znaleźć się wpis *ttySC0*, który odpowiada nowemu portowi transmisji szeregowej. Dla sprawdzenia poprawności transmisji można użyć emulatora terminalu minicom lub picocom, instalując go poleceniem:

```
sudo apt-get install
minicom
```

lub

```
sudo apt-get install
picocom
```

Po uruchomieniu poleceniem:

```
sudo minicom
```

ustalamy parametry transmisji (ttySC0, ANSI, 115200,8,N,1). Menu minicoma wywołujemy kombinacją CTRL A+Z, następnie opcje konfiguracji portu P, ustawień terminalu T, konfiguracji minicom O, zgodnie z **rysunkiem 5**. Pierwsze użycie emulatora terminalu może być wstrząsające, ale po przeglądnięciu menu i wbudowanej pomocy wszystko staje się logiczne. Po konfiguracji zwieramy wyprowadzenie TXD/RXD modułu, wprowadzone w znaki powinny wracać do terminalu.

Po podłączeniu do terminalu PC poprzez konwerter USB/UART (3,3 V) do sprawdzenia komunikacji możemy też wykorzystać polecenia systemowe:

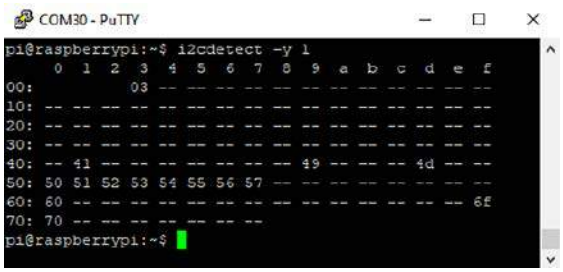
```
while (true) do cat -A /dev/ttySC0
; done
```

odbierające znaki z zewnętrznego terminalu lub

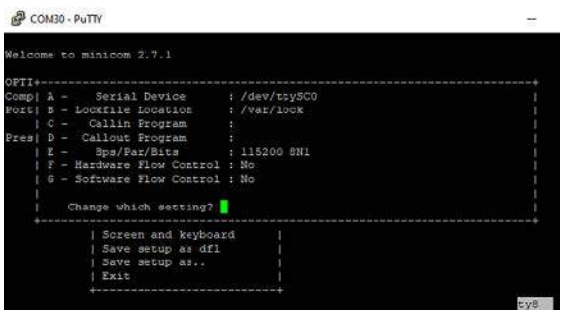
```
echo "1234567890 test 16IS740" >
/dev/ttySC0
```

wysyłające znaki do zewnętrznego terminala przy domyślnych ustawieniach portu szeregowego. Jeżeli wszystko działa, możemy moduł zastosować we własnej aplikacji.

Adam Tatuś, EP



Rysunek 4. Detekcja SC16IS740



Rysunek 5. Konfiguracja minicom

eprasa.pl 5a847e4771

W ofercie AVT*
AVT5887

Podstawowe parametry:

- zawiera układ THAT4301, który zapewnia regulację w klasyczny analogowy sposób,
- regulacja progu zadziałania oraz wzmocnienia,
- zasilany jest napięciem symetrycznym ±15 V, 150 mA.

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

AVT-3222	Sterowany dowolnym pilotem potencjometr audio z przekaźnikiem (EdW 5/2018)
AVT-5237	Cyfrowy potencjometr audio z impulsatorem (EP 6/2010)
AVT-5185	Volumer – elektroniczny potencjometr audio (EP 5/2009)
AVT-594	Zdalnie sterowany potencjometr do aplikacji audio (EP 9/2006)
AVT-2795	Bezprzewodowy regulator głośności subwoofera (EdW 8/2006)
AVT-1822	Regulator głośności komputera z interfejsem USB (EP 8/2014)

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KITem (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

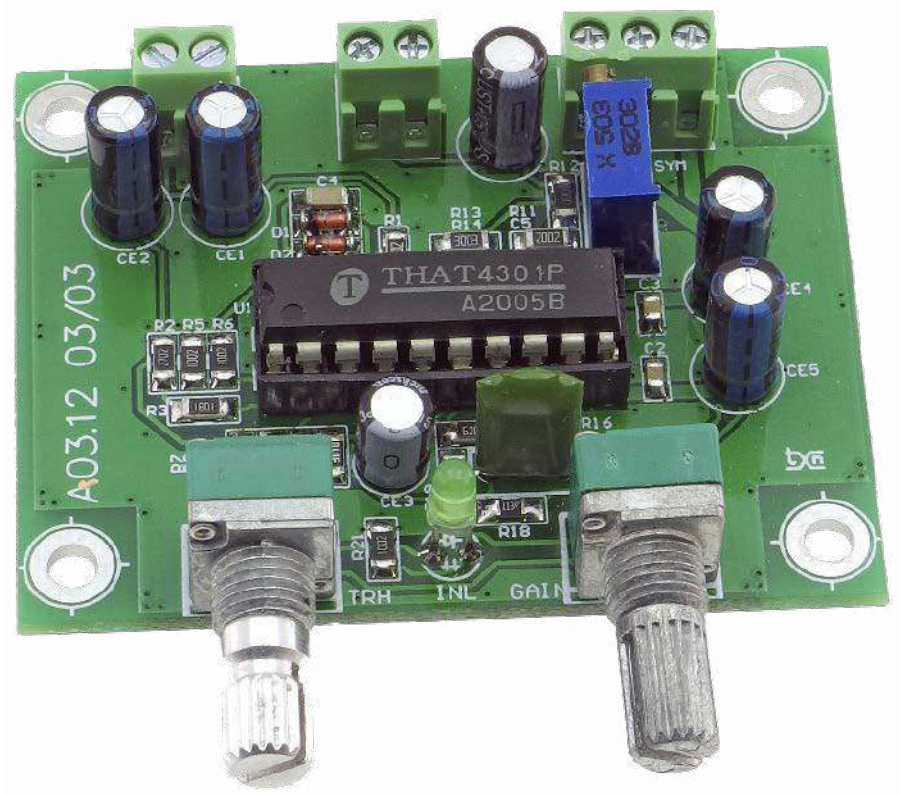
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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 regulator poziomu sygnału audio

Układ automatycznego regulatora poziomu – AGC, jest przydatny przy rejestracji i obróbce sygnału audio. Jego działanie będzie nieocenione, gdy rejestrujemy lub transmitujemy sygnał mowy, a mówca ma niespokojny charakter lub najzwyczajniej wierci się przed mikrofonem, co utrudnia utrzymanie stałego poziomu sygnału. Układ przyda się też w torze audio odbiorników komunikacyjnych, pozbawionych funkcji AGC.

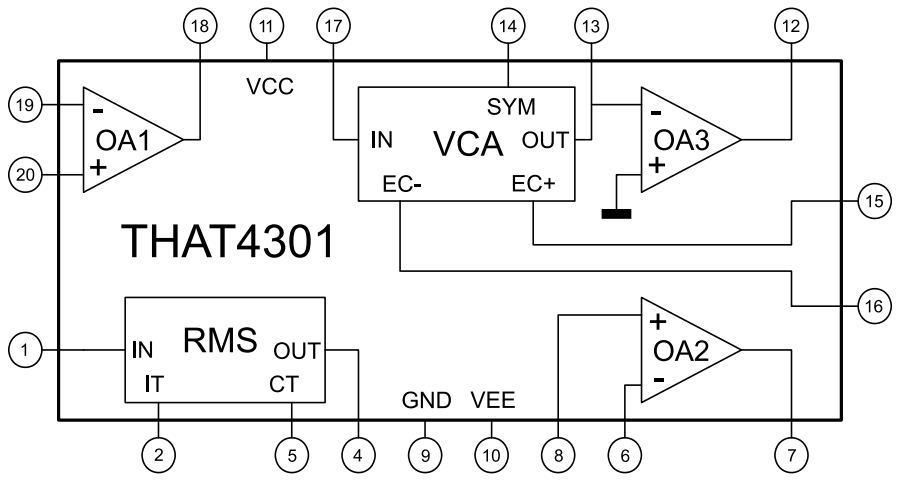


Układ automatycznej regulacji poziomu ingeruje w dynamikę sygnału, utrzymując stały poziom wyjściowy, przy zmiennym poziomie wejściowym. Zasada działania układu AGC jest następująca: sygnał wejściowy jest porównywany z regulowanym poziomem odniesienia jeżeli poziom sygnału przekracza próg, zmniejszane jest wzmocnienie układu wzmacniacza sterowanego napięciem VCA, co ogranicza poziom wyjściowy. Sygnał regulacyjny wypracowywany jest w detektorze RMS, a układ pracuje w topologii feed-forward.

Budowa i działanie

W urządzeniu zastosowano specjalizowany układ serii THAT Analog Engine typu THAT4301, który zawiera wszystkie niezbędne do obróbki sygnału bloki funkcjonalne. Struktura wewnętrzna układu została pokazana na **rysunku 1**.

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 2.** Bazuje na rozwiązaniu zaproponowanym przez producenta układu w nocie dn106. Sygnał wejściowy z gniazda IN doprowadzony jest poprzez elementy CE1, R1 do stopnia o regulowanym wzmocnieniu VCA oraz poprzez elementy CE2, R2 do wejścia detektora RMS. Kontrola wzmocnienia odbywa się poprzez połączenie wyjścia



Rysunek 1. Struktura wewnętrzna THAT4301

eprasa.pl 5a847e4771

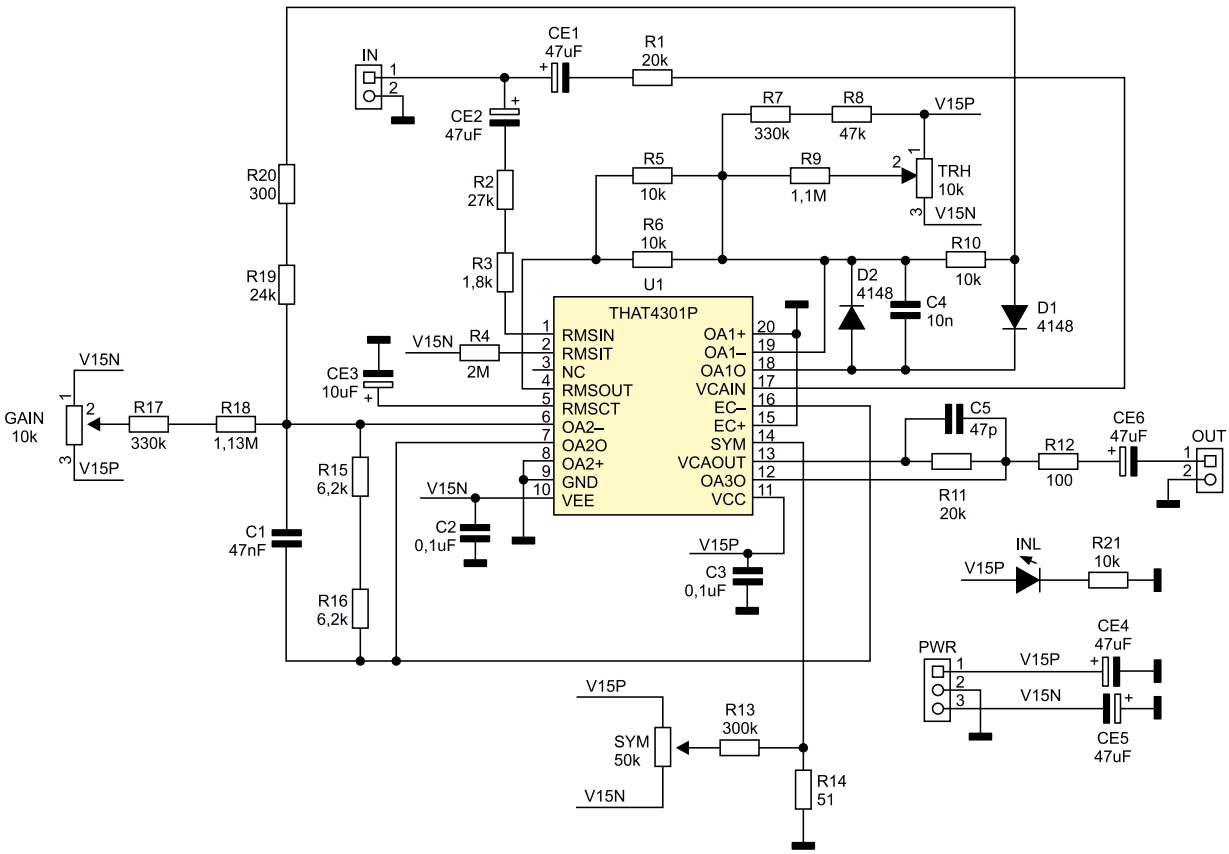
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory: (SMD1206, 1%)
R1, R11: 20 kΩ
R2: 27 kΩ
R3: 1,8 kΩ
R4: 2 MΩ
R5, R6, R10, R21: 10 kΩ
R7, R17: 330 kΩ
R8: 47 kΩ
R9: 1,1 MΩ
R12: 100 Ω
R13: 300 kΩ
R14: 51 Ω
R15, R16: 6,2 kΩ
R18: 1,13 MΩ
R19: 24 kΩ
R20: 300 Ω

Kondensatory:
C1: 47 nF kondensator foliowy 5 mm
C2, C3: 0,1 µF/50 V ceramiczny SMD0805
C4: 10 nF/50 V ceramiczny SMD1206
C5: 47 pF ceramiczny 50 V SMD1206
CE1, CE2, CE4, CE5, CE6: 47 µF/25 V elektrolityczny
CE3: 10 µF/25 V elektrolityczny

Półprzewodniki:
D1, D2: 1N4148 dioda uniwersalna SMD
U1: THAT4301P (DIP20)
INL: dioda LED 3 mm

Pozostałe:
GAIN, TRH: 10 kΩ potencjometr 9 mm liniowy PTD90
IN, OUT: złącze DG381 2 piny 3,5 mm
PWR: złącze DG381 3 piny 3,5 mm
SYM: 50 kΩ helitrim pionowy 3296W



Rysunek 2. Schemat ideowy regulatora AGC

detektora RMS z odwracającym wejściem sterującym VCA.

Wzmacniacz OA1 pracuje jako wzmacniacz progowy o ustalanym potencjometrem TRH progu zadziałania. Rezystory R7 i R8 ustalają offset progu na –40 dB, a potencjometr TRH umożliwia jego zmianę o ±10 dB poprzez sumowanie w układzie wzmacniacza OA2 sygnału detektora progowego i napięcia z potencjometru GAIN. Potencjometrem GAIN możliwe jest ustalenie wzmocnienia toru w zakresie ±20 dB. Wzmacniacz OA3 konwertuje wyjściowy sygnał prądowy z VCA na napięcie doprowadzone do wyjścia OUT. Potencjometrem SYM możliwe jest ustawienie minimalnych zniekształceń sygnału wyjściowego.

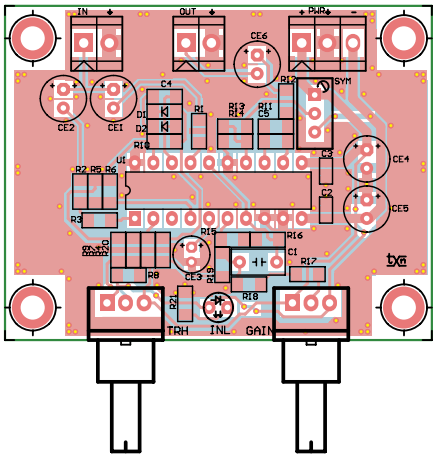
Układ zasilany jest napięciem symetrycznym ±15 V (150 mA) doprowadzonym do złącza PWR.

Montaż i uruchomienie

Moduł AGC zmontowany jest na niewielkiej płytce drukowanej, której schemat wraz z rozmieszczeniem elementów pokazuje **rysunek 3**. Montaż wykonujemy zgodnie z ogólnymi zasadami. Warto zastosować podstawkę pod dosyć kosztowy układ U1.

Po poprawnym zmontowaniu układ należy wyregulować. Do wejścia układu należy podłączyć generator przebiegu sinusoidalnego o regulowanym poziomie wyjściowym w zakresie 0...1 V. Wyjście należy obciążyć rezystorem 10 kΩ i podłączyć do oscyloskopu. Potencjometry TRH i GAIN ustawić w położeniach środkowych, ustawić poziom sygnału z generatora na 0,2 V. Potencjometrem SYM ustawić minimalne zniekształcenia sygnału wyjściowego poprzez regulację na najniższy poziom drugiej harmonicznej. Niezbędny będzie oscyloskop z FFT lub PC z kartą muzyczną i odpowiednim oprogramowaniem.

Następnie należy sprawdzić regulację wzmocnienia potencjometrem GAIN oraz wpływ progu zadziałania TRH. Zmieniając poziom sygnału wejściowego, sprawdzamy jakość stabilizacji poziomu wyjściowego dla



Rysunek 3. Schemat płytki drukowanej wraz z rozmieszczeniem elementów

różnych nastaw TRH. Jeżeli wszystko działa poprawnie, układ można włączyć w tor audio, np. za wzmacniaczem mikrofonowym. Teraz można sprawdzić działanie urządzenia w praktyce.

Adam Tatuś, EP

eprasa.pl 5a847e4771

W ofercie AVT*
AVT5889

Podstawowe parametry:

- moduł z czterema przyciskami z niezależnie sterowanym podświetleniem,
- komunikacja poprzez interfejs I²C,
- zasilany napięciami z zakresu 3,0...5,5 V.

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

AVT-5773 Mikrointerfejs użytkownika dla Pi Zero (EP 6/2020)
AVT-5831 Analogowa klawiatura dotykowa (EP 12/2020)
AVT-1939 Miniaturowa klawiatura USB do Raspberry PI (EP 11/2016)

* 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

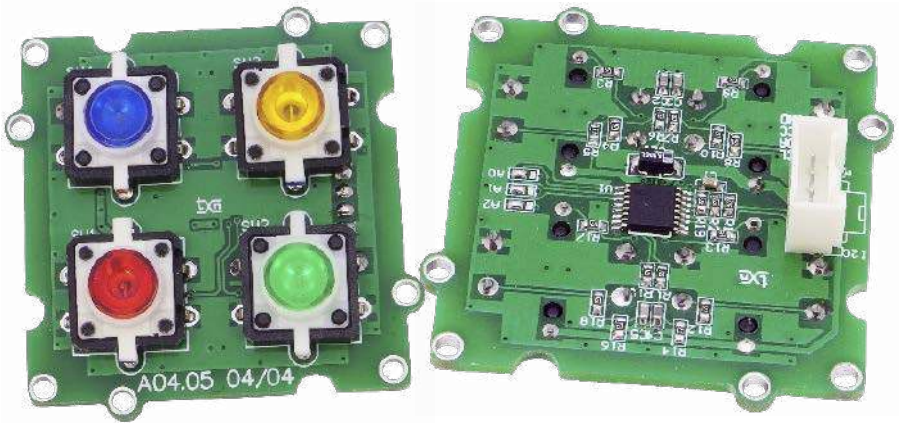
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

Miniklawiatura z podświetlaniem

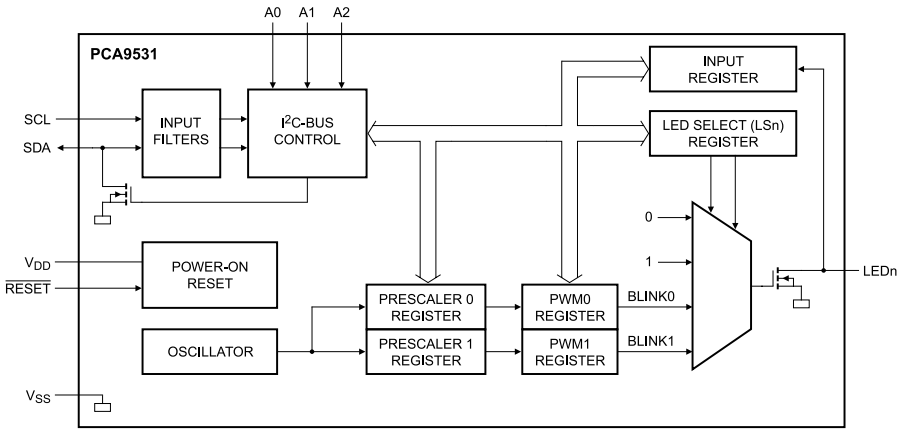
Przyciski i diody LED są najprostszym, ale praktycznym i efektywnym interfejsem użytkownika. Minimoduł z czteroprzyciskową klawiaturą z podświetlonymi przyciskami znajdzie wiele różnych zastosowań. Dzięki interfejsowi I²C może być łatwo dołączony do płytek typu Arduino czy Raspberry Pi.



Za obsługę miniklawiatury odpowiada ekspander I/O – układ typu PCA9531, który oprócz obsługi dwukierunkowych portów I/O jest rozbudowany o dwa konfigurowane generatory umożliwiające sterowanie częstotliwością migania podłączonych diod LED. Schemat wewnętrzny układu PCA9531 został pokazany na **rysunku 1**. Takie rozwiązanie umożliwia sprzętowe sterowanie diodami LED bez zbędnego obciążenia procesora sterującego.

Budowa i działanie

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 2**. Porty ekspandera zostały podzielone na dwie grupy. Pierwsza zawiera wyprowadzenia oznaczone LED0...LED3, które zostały skonfigurowane jako wejścia i służą do odczytu stanu przycisków SW1...SW4. Przyciski uzupełnione są w proste filtry RC eliminujące zakłócenia z drgań styków. Wyprowadzenia oznaczone LED4...LED7 sterują wbudowanymi w przyciski diodami LED. W układzie zastosowano popularne przyciski typu TACT-24N-F-Ix firmy NINIGI. W zależności od typu możemy wybrać, odpowiednio do aplikacji, jeden z pięciu kolorów podświetlenia (czerwony, zielony, żółty, niebieski, biały).



Rysunek 1. Schemat wewnętrzny układu PCA9531

Zasilanie i magistrala I²C doprowadzone są do złącza I²C w standardzie Grove. Trzy zworki A0...A2 służą do ustawienia adresu bazowego na magistrali, co pozwala na dołączenie ośmiu układów klawiatury na jednej magistrali (**tabela 1**). Moduł może być zasilany napięciami z zakresu 3,0...5,5 V. Po włączeniu zasilania wszystkie wyprowadzenia I/O są ustawione w stan wysokiej impedancji.

Tabela 1. Adresacja układu PCA9531

A2	A1	A0	Adres
GND	GND	GND	0x60 (1100 000X)
GND	GND	VCC	0x61 (1100 001X)
GND	VCC	GND	0x62 (1100 010X)
GND	VCC	VCC	0x63 (1100 011X)
VCC	GND	GND	0x64 (1100 100X)
VCC	GND	VCC	0x65 (1100 101X)
VCC	VCC	GND	0x66 (1100 110X)
VCC	VCC	VCC	0x67 (1100 111X)

Tabela 2. Rejestry sterujące układu PCA9531

B2	B1	B0	Adres	Typ	Opis
0	0	0	INPUT	R	Rejestr wejściowy IO
0	0	1	PSC0	RW	Preskaler 0
0	1	0	PWM0	RW	PWM 0
0	1	1	PSC1	RW	Preskaler 1
1	0	0	PWM1	RW	PWM1
1	0	1	LS0	RW	Rejestr sterujący LED0...3
1	1	0	LS1	RW	Rejestr sterujący LED4...7

eprasa.pl 5a847e4771

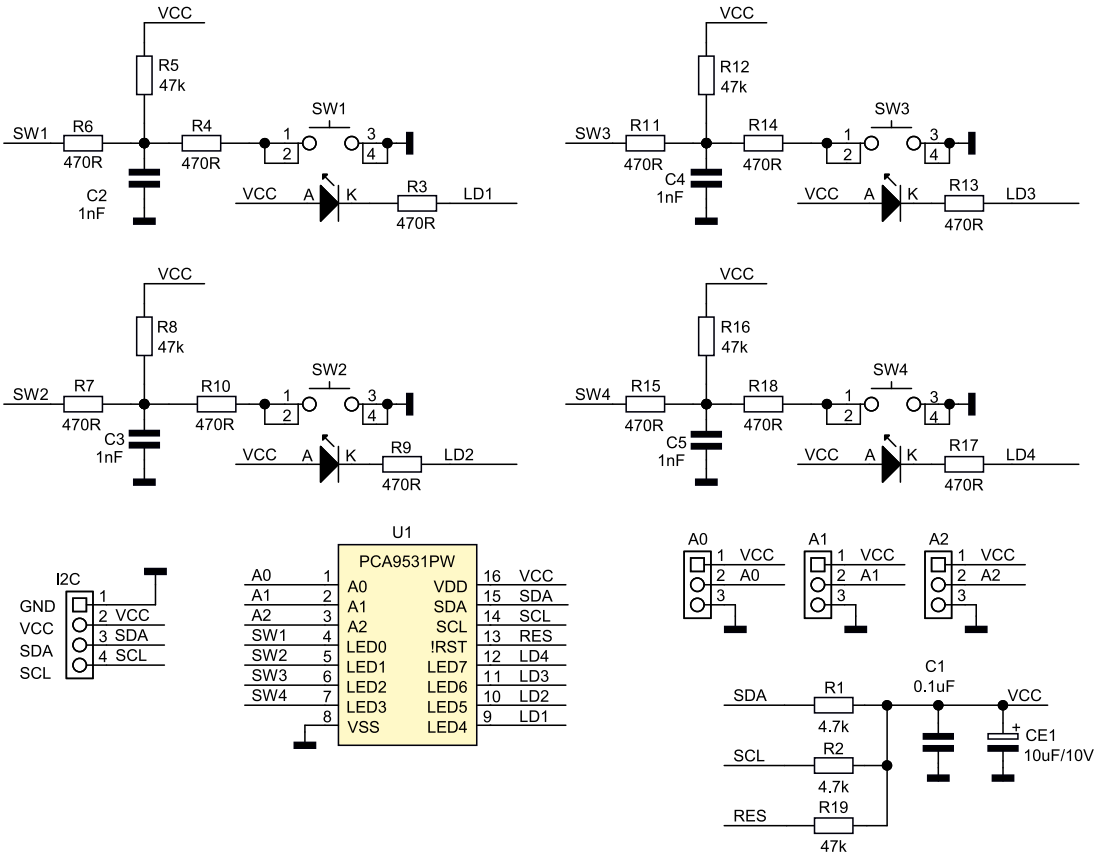
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory: (SMD0603)
R1, R2: 4,7 kΩ
R3, R4, R6, R7, R9...R11, R13...R15, R17, R18: 470 Ω
R5, R8, R12, R16, R19: 47 kΩ

Kondensatory:
C1: 0,1 µF SMD0603
C2, C3, C4, C5: 1 nF SMD0603
CE1: 10 µF/10 V tantalowy SMD3216

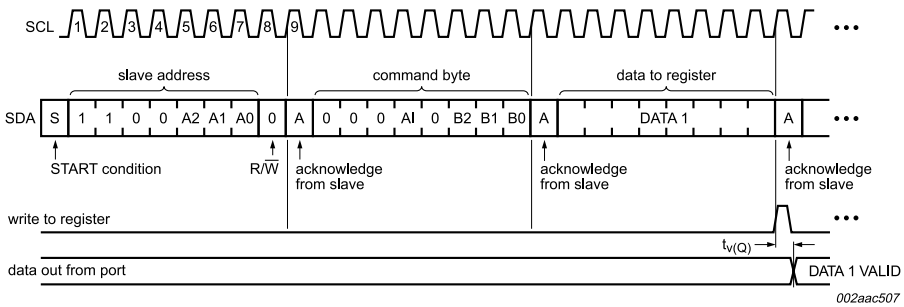
Półprzewodniki:
U1: PCA9531PW (SSOP16)

Pozostałe:
SW1, SW2, SW3, SW4: przycisk z podświetleniem TACT-24N--F-Ix Ninigi

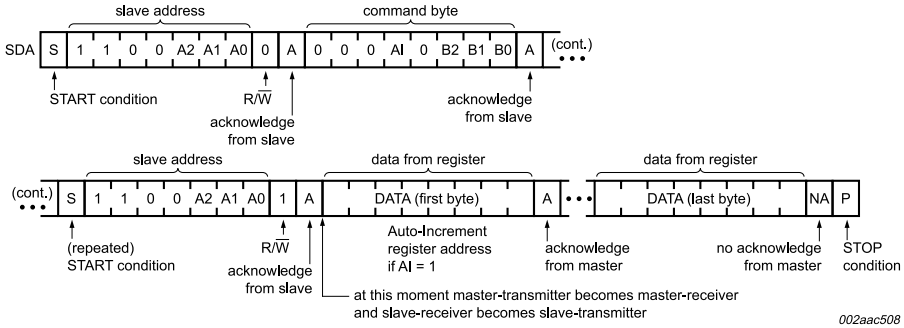


Rysunek 2. Schemat modułu miniklawiatury

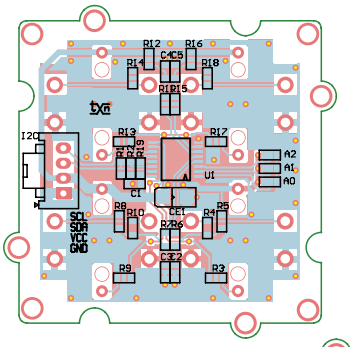
Układ PCA9531 posiada siedem rejestrów sterujących, które zestawiono w **tabeli 2**. Zapis do rejestrów odbywa się w taki sposób, jak obrazuje to **rysunek 3**. Po adresie slave zapisywany jest bajt sterujący, adresujący rejestr do zapisu (B2, B1, B0) oraz określający tryb autoinkrementacji adresu AI (AI=1). Sposób odczytu rejestrów został pokazany na **rysunku 4**.

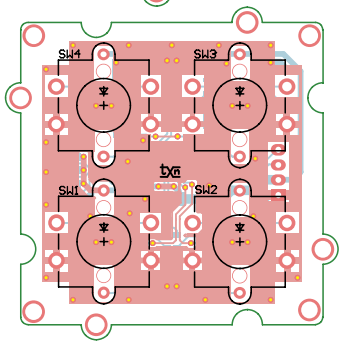


Rysunek 3. Procedura zapisu do PCA953



Rysunek 4. Procedura odczytu z PCA9531





Rysunek 5. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów

eprasa.pl 5a847e4771

Montaż i uruchomienie

Moduł został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat wraz z rozmieszczeniem elementów został pokazany na **rysunku 5**. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga dokładnego opisu.

Do sprawdzenia modułu można użyć Raspberry Pi. Po podłączeniu modułu do zasilania 3,3 V i magistrali I²C należy wpisać polecenie

```
i2cdetect -y 1,
```

którym sprawdzamy obecność układu na magistrali (w modelu został ustawiony adres 0x60 – wszystkie zwory A2, A1, A0=0). Efekt został pokazany na **listingu 1**.

Dla odczytu stanu przycisków należy w rejestrze LS0 ustawić wyjścia LED0...LED3 (SW1...SW4) w stan wysokiej impedancji LS0=00, za pomocą polecenia

```
i2cset -y 1 0x60 0x06 0x00
```

Odczyt stanu klawiszy z rejestru INPUT wykonujemy poleceniem

```
i2cget -y 1 0x60 0x00
```

Naciśnięty przycisk sygnalizowany jest stanem niskim odpowiadającego bitu 3...0.

Dla sterowania wyjściami z diodami LED (LED7...4) wystarczająca jest ich odpowiednia konfiguracja w rejestrze LS1, **tabela 3**. Przypisanie diod LED do rejestrów LS jest następujące:

```
LS1 [0x06, B7..0] : LD4|LD3|LD2|LD1
```

Dla sprawdzenia działania ustawiamy wyjścia w stan niski (załączenie LED) poleceniem:

Listing 1. Efekt sprawdzenia działania modułu z użyciem Raspberry Pi

```
     0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:          -- 04 -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
10: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
20: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
30: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
40: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
50: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
60: 60 -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
70: -- -- -- -- -- -- -- --
```

Tabela 3. Tryb konfiguracji LED

LSx	LSx	Funkcja LED
0	0	Wysoka impedancja LEDx = OFF w trybie IO wymaga rezystora podciągającego do zasilania
0	1	LED = ON, w trybie IO stan niski
1	0	Miganie z ustawioną częstotliwością PWM0 (BLINK0)
1	1	Miganie z ustawioną częstotliwością PWM1 (BLINK1)

```
i2cset -y 1 0x60 0x06 0x55
```

oraz stan wysoki (wyłączenie LED) poleceniem:

```
i2cset -y 1 0x60 0x06 0x00
```

W celu konfiguracji migania konieczne jest ustawienie rejestrów PSCx, PWMx, okres migania określony jest wzorem:

BLINK0=(PSC0+1)/152

oraz BLINK1=(PSC1+1)/152

Wypełnienie określa wzór:

BLINK0=PWM0/256

oraz BLINK1=PWM1/256

Dla przykładu ustalamy częstotliwość BLINK0 na 1 Hz (0x97) oraz wypełnienie na 50% (0x80), dla testu konfigurujemy układ następującymi poleceniami:

```
i2cset -y 1 0x60 0x01 0x97
i2cset -y 1 0x60 0x02 0x80
```

Ustawiamy sterowanie diod LED z BLINK0:

```
i2cset -y 1 0x60 0x06 0xAA
```

Diody powinny migać z częstotliwością 1 Hz. Bez zmiany parametrów PSC/PWM diody można wyłączyć (LSx=00), załączyć (LSx=01) lub zmienić częstotliwość migania (LSx=10/11) tylko przez zapis rejestru LS1, bez potrzeby ponownej konfiguracji układu. Stan LED można sprawdzić podczas odczytu rejestru INPUT na bitach B7...B4.

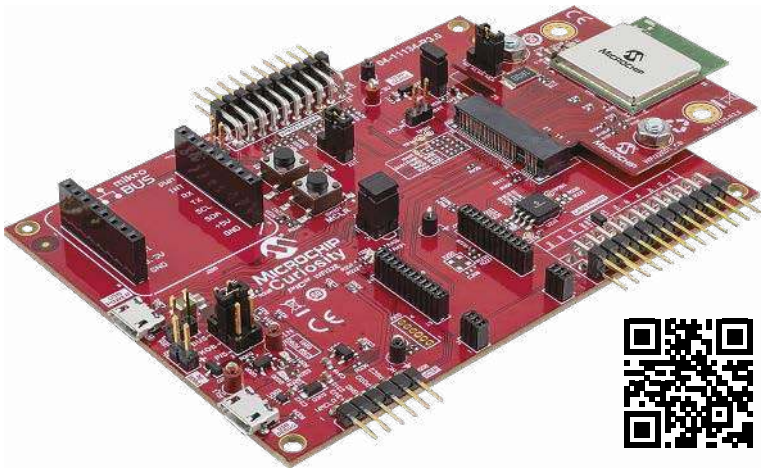
Adam Tatuś, EP

KONKURS

Wygraj zestaw ewaluacyjny Microchip PIC32 WFI32E Curiosity Board

Firma Microchip organizuje konkurs dla czytelników „Elektroniki Praktycznej”, w ramach którego można wygrać płytkę ewaluacyjną EV12F11A (Microchip PIC32 WFI32E Curiosity Board), która zawiera moduł Wi-Fi typu WFI32E01PC z układem SoC Wi-Fi serii PIC32MZW1.

Prezentowany zestaw ewaluacyjny jest łatwym w użyciu narzędziem do oceny wydajności modułu WFI32E01PC. Zastosowany w nim wysokowydajny mikrokontroler PIC32MZW1 jest taktowany zegarem 200 MHz i realizuje łączność poprzez Wi-Fi oraz zawiera liczne urządzenia peryferyjne. Wbudowana pamięć Flash ma pojemność 1 MB, natomiast pamięć SRAM to 256 kB. Takie zasoby umożliwiają projektantom systemów wbudowanych szybkie budowanie złożonego oprogramowania IoT obejmującego WLAN, stos TCP/IP, RTOS, łączność z chmurą i inne podobne technologie. Różne typy urządzeń peryferyjnych, takie jak Ethernet, USB, ADC, przyciski dotykowe CVD i interfejs CAN, sprawiają, że PIC32MZW1 jest idealnym rdzeniem systemu, który umożliwia realizację większości funkcji nawet w zaawansowanych aplikacjach.



Dostępne są różne rodzaje płytek rozszerzających funkcjonalność płytki bazowej. Użytkownicy mogą budować złożone systemy, łącząc dodatkowe moduły, takie jak karty Microchip XPRO czy płytki adapterów MikroElectronika mikroBUS Click. Płytka Curiosity PIC32 WFI32E ma wbudowany debugger PICkit (PKOB) bazujący na mikrokontrolerze PIC24FJ256GB106 ze zitegrowanym interfejsem USB. Dodatkowo obsługuje zewnętrzne debuggery, takie jak MPLAB REAL ICE, MPLAB ICD 3, łącząc się poprzez złącze ICSPTM.

Aby mieć szansę na wygranie zestawu ewaluacyjnego PIC32 WFI32E Curiosity Board lub aby otrzymać kupon rabatowy 20% i bezpłatną wysyłkę, należy wypełnić formularz zgłoszeniowy na stronie: https://bit.ly/2W00xck

Szczegółowe informacje na temat płytki ewaluacyjnej oraz układu SoC Wi-Fi PIC32MZW1 można znaleźć pod adresem: https://bit.ly/37S0Nwp

eprasa.pl 5a847e4771

Podstawowe parametry:

- zawiera kontroler typu PCA9685 sterowany poprzez magistralę I²C,
- 16 niezależnych kanałów PWM o rozdzielczości 12 bitów,
- wydajność prądowa wyjść pozwala na sterowanie prądem do 25 mA,
- możliwość wyboru konfiguracji wyjść (open-drain lub totem-pole).

W ofercie AVT*

AVT5886

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

AVT-5752	Rozgałęźnik dla serwomechanizmów (EP 3/2020)	AVT-1605	Dwustanowy sterownik serwomechanizmu (EP 2/2011)
AVT-5731	Radiowy sterownik serwomechanizmów (EP 12/2019)	AVT-1570	Spowalniacz serwomechanizmu (EP 5/2010)
AVT-1632	Tester serwomechanizmów modelarskich (EP 8/2011)		
AVT-5290	3-kanałowa aparatura do zdalnego sterowania modeli (EP 5/2011)		

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KITem (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

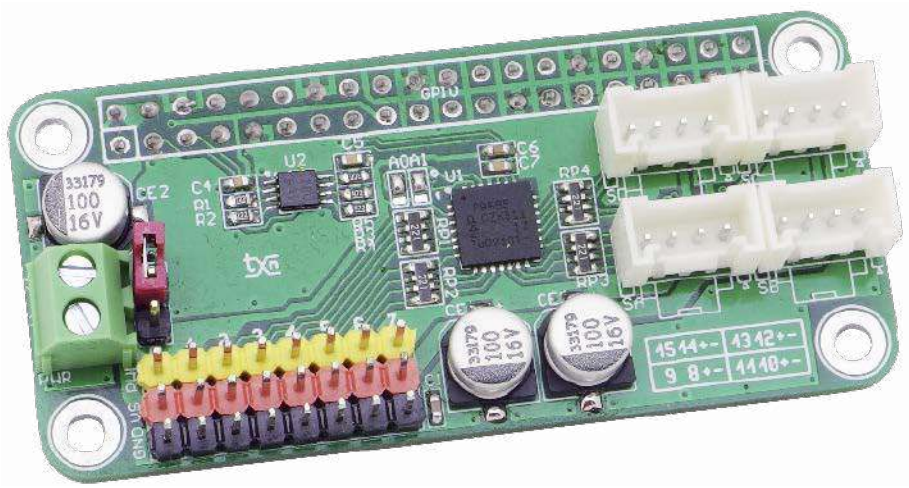
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

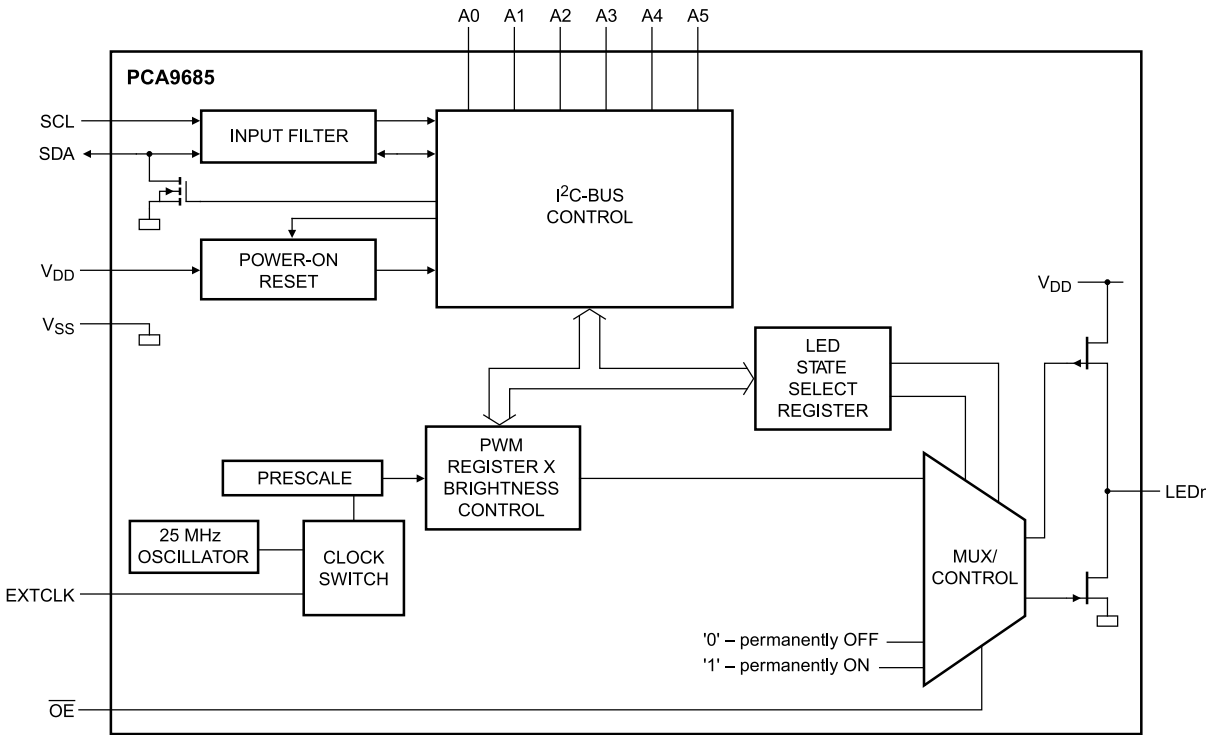
W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

16 kanałowy kontroler PWM – sterownik serwomechanizmów dla RPi Zero

Prezentowany moduł to 16-kanałowy kontroler PWM, pozwalający rozszerzyć możliwości niejednego komputerka o sterowanie serwomechanizmami, regulację jasności LED lub, po zastosowaniu stopni mocy, regulację prędkości silników prądu stałego. Będzie przydatny w robotyce amatorskiej czy automatyce.



Moduł bazuje na specjalizowanym generatorze PWM typu PCA9685 sterowanym poprzez magistralę I²C. Ma on 16 niezależnych kanałów o rozdzielczości 12 bitów. Wydajność prądowa wyjść pozwala na sterowanie prądem do 25 mA (otwarty dren OD), co umożliwia bezpośrednie zasilanie np. diod RGB. Częstotliwość PWM może zostać wybrana z zakresu od 24 do 1526 Hz poprzez zmianę podziału częstotliwości wbudowanego oscylatora. Wyjścia Ln mają możliwość wyboru konfiguracji pomiędzy *open drain* lub *totem pole* przydatnej przy współpracy z zewnętrznymi driverami. Schemat wewnętrzny układu PCA9685 został pokazany na **rysunku 1**.



Rysunek 1. Schemat wewnętrzny układu PCA9685

eprasa.pl 5a847e4771

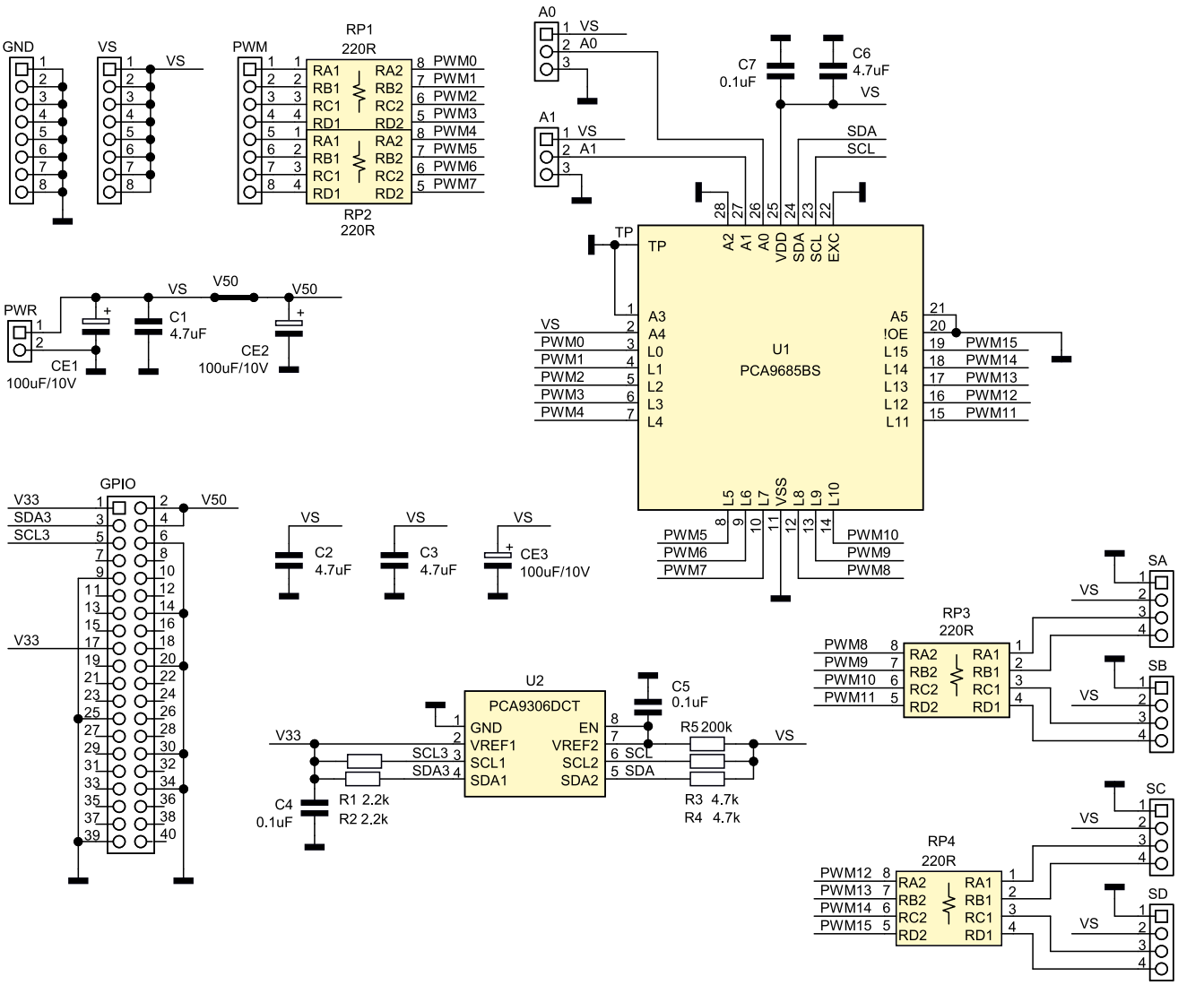
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory:
R1, R2: 2,2 kΩ SMD0603
R3, R4: 4,7 kΩ SMD0603
R5: 200 kΩ SMD0603
RP1...RP4: 220 Ω drabinka rezystorowa

Kondensatory:
C1...C3, C6: 4,7 µF SMD0603
C4, C5, C7: 0,1 µF SMD0603
CE1...CE3: 100 µF/10 V elektrolityczny SMD 6,3 mm

Półprzewodniki:
U1: PCA9685BS (QFN28)
U2: PCA9306DCT (SSOP8)

Pozostałe:
GND, PWM, VS: złącze SIP8 (1×8 pinów) 2,54 mm
GPIO: złącze IDC40 żeńskie (2×20 pinów) 2,54 mm
PWR: złącze śrubowe DG381-3,5-2
V50: złącze SIP2 (1×2 piny) 2,54 mm



Rysunek 2. Schemat modułu

Budowa i działanie

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 2**. Układ zasilany jest zewnętrznym napięciem 5 V doprowadzonym do złącza PWR. Zwora V50 umożliwia zasilanie Raspberry Pi napięciem zasilającym moduł. W przypadku współpracy z serwomechanizmami należy zapewnić odpowiednia jakość i wydajność źródła zasilania, aby Raspberry Pi pracowało niezawodnie. Napięcie 5 V doprowadzone jest do złączy VS oraz SA...SD, gdzie służy do zasilania podłączonych elementów wykonawczych.

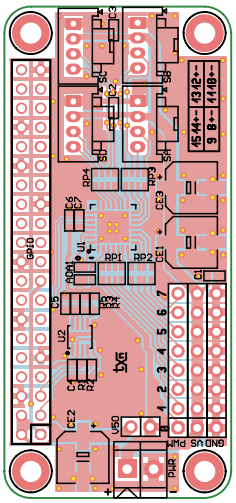
Układ U1 jest odpowiedzialny za generowanie sygnałów PWM, które doprowadzone są do dwóch grup złączy: PWM typu SIP2,54 (sygnały PWM0...7) umożliwiających podłączenie standardowych serwomechanizmów z przewodem 3-żyłowym oraz do złączy SA...SD (sygnały PWM8...15) w standardzie Grove. Do złączy Grove doprowadzone są po dwa sygnały PWM, standardowy serwomechanizm w wersji mini wykorzystuje tylko jeden sygnał, aby wykorzystać oba wyprowadzone PWM, należy użyć kabla rozdzielającego.

Każdy z sygnałów PWM0...15 ma rezystor szeregowy 220 Ω, co nie zakłóca sterowania serwomechanizmem, a upraszcza bezpośrednie sterowanie LED i stanowi także podstawowe zabezpieczenie wyjść PCA9685. Układ U2 typu PCA9306 jest konwerterem poziomów logicznych pomiędzy PCA9685 zasilanym z 5 V, a magistralą I²C Raspberry Pi pracującą w standardzie 3,3 V. Układ uzupełniają zwory A0, A1 umożliwiające ustawienie czterech adresów bazowych modułu, co umożliwia generowanie do 64 kanałów PWM.

Montaż i uruchomienie

Moduł został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach zgodnych z Raspberry Pi Zero, ale oczywiście może być stosowany także w pozostałych wersjach. Schemat płytki wraz z rozmieszczeniem elementów został pokazany na **rysunku 3**. Montaż jest typowy, należy tylko zwrócić uwagę na przylutowanie padu termicznego układu U1, który zapewnia prawidłowe odprowadzanie ciepła. Na koniec należy ustawić adres układu na magistrali I²C za pomocą zworek A1, A0.

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 3. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów

Sterowanie wyjściami Ln odbywa się poprzez odpowiednią konfigurację generatorów PWM układu PCA9685. W sieci można znaleźć wiele bibliotek ułatwiających sterowanie układem, ale do sprawdzenia działania wystarczy odpowiednia konfiguracja rejestrów układu. Strukturę rejestrów konfiguracyjnych układu zestawiono w **tabeli 1**. W zależności od potrzeb możliwa jest komunikacja z poszczególnymi rejestrami poprzez adresowanie indywidualne, zgodnie z **rysunkiem 4** lub adresowanie grupowe, co zostało pokazane na **rysunku 5**. Odczyt odbywa się podobnie. Dokładniejsze informacje i dodatkowe tryby adresowania zamieszczone są w nocie katalogowej. Podstawowe rejestry konfiguracyjne dla zastosowanego w module trybu pracy zostały umieszczone w **tabeli 2**.

Po włączeniu zasilania i uruchomieniu systemu obecność układu na magistrali sprawdzamy poleceniem:

```
i2cdetect -y 1
```

Powinien zostać wskazany adres PCA9685 z zakresu 0x50...0x53 odpowiadający ustawieniu zwór A1, A0. Dla sprawdzenia działania modułu do złącza PWM0 oraz VS podłączamy diodę LED. Poleceniem:

```
i2cset -y 1 0x50 0x00 0x90
```

ustawiamy tryb *sleep*. Teraz możemy skonfigurować prescaler na 1562 Hz poleceniem:

```
i2cset -y 1 0x50 0xFE 0x03
```

Następnie wracamy do normalnego trybu pracy układu, wpisując:

```
i2cset -y 1 0x50 0x00 0x00
```

Ustawiamy wyjścia zanegowane (bezpośrednie sterowanie LED) oraz konfigurację wyjścia typu otwarty dren:

```
i2cset -y 1 0x50 0x01 0x10
```

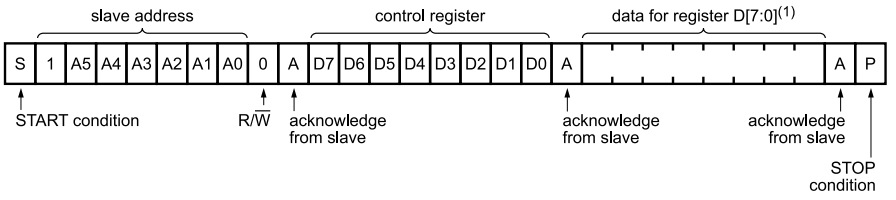
Inicjujemy rejestry cykli PWM:

```
i2cset -y 1 0x50 0x06 0x00
i2cset -y 1 0x50 0x07 0x00
i2cset -y 1 0x50 0x08 0x00
i2cset -y 1 0x50 0x09 0x00
```

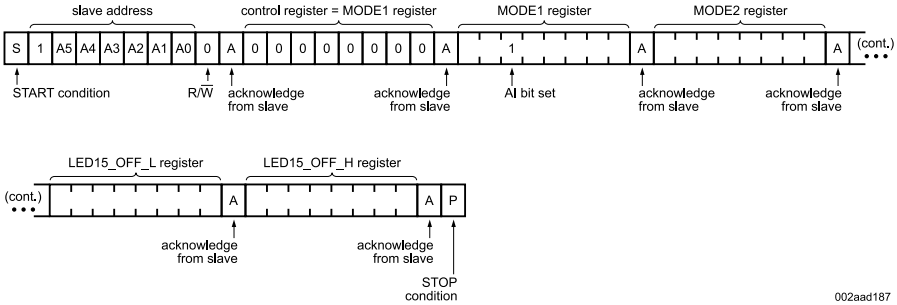
Sprawdzamy załączenie LED0, bez generatora PWM:

Tabela 1. Rejestry konfiguracyjne układu PCA9685

Adres	Nazwa	Funkcja
0x00	MODE1	Rejestr konfiguracji układu
0x01	MODE2	Rejestr konfiguracji buforów
0x02	SUBADR1	Konfiguracja podadresu globalnego grupa 1
0x03	SUBADR2	Konfiguracja podadresu globalnego grupa 2
0x04	SUBADR3	Konfiguracja podadresu globalnego grupa 3
0x05	ALLCALLADR	Konfiguracja adresu globalnego ALL CALL LED
0x06	LED0_ON_L	Rejestr PWM LED0 bajt 0
0x07	LED0_ON_H	Rejestr PWM LED0 bajt 1
0x08	LED0_OFF_L	Rejestr PWM LED0 bajt 2
0x09	LED0_OFF_H	Rejestr PWM LED0 bajt 3
...		Rejestry PWM LED1...14 bajt 0...3
0x42	LED15_ON_L	Rejestr PWM LED15 bajt 0
0x43	LED15_ON_H	Rejestr PWM LED15 bajt 1
0x44	LED15_OFF_L	Rejestr PWM LED15 bajt 2
0x45	LED15_OFF_H	Rejestr PWM LED15 bajt 3
...		Zarezerwowane
0xFA	ALL_LED_ON_L	Zapis globalny LEDn_ON bajt 0
0xFB	ALL_LED_ON_H	Zapis globalny LEDn_ON bajt 1
0xFC	ALL_LED_OFF_L	Zapis globalny LEDn_OFF bajt 0
0xFD	ALL_LED_OFF_H	Zapis globalny LEDn_OFF bajt 1
0xFE	PRE_SCALE	Prescaler PWM
0xFF	TEST	Rejestr testu



Rysunek 4. Adresowanie indywidualne rejestrów



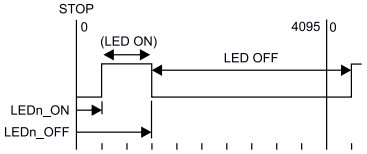
Rysunek 5. Adresowanie grupowe rejestrów

```
i2cset -y 1 0x50 0x07 0x10
i2cset -y 1 0x50 0x07 0x00
```

Sprawdzamy wyłączenie LED0, bez generatora PWM:

```
i2cset -y 1 0x50 0x09 0x10
i2cset -y 1 0x50 0x09 0x00
```

Sterowanie sygnałem PWM odbywa się przez dwa 12-bitowe rejestry. Pierwszy – LEDn_ON określa czas załączenia, drugi – LEDn_OFF czas wyłączenia wyjścia Ln. Długości cyklu ustawione w rejestrach są porównywane z 12-bitowym licznikiem, co umożliwia elastyczne sterowanie wyjściem (**rysunek 6**). Wygenerowanie sygnału PWM z wypełnieniem 50%, bez początkowego przesunięcia cyklu wymaga następujących zapisów do rejestrów:



Rysunek 6. Zasada sterowania wyjściem Ln

eprasa.pl 5a847e4771

Tabela 2. Rejestry konfiguracyjne układu dla zastosowanego w module trybu pracy

Adres	Nazwa rejestru	Funkcja Bitu
0x00	MODE1	B7, 0/1 – restart układu: wyłączony/załączony B6, 0/1 – wybór oscylatora: wbudowany/zewnętrzny B5, 0/1 – autoinkrementacja rejestrów: wyłączona/załączona B4, 0/1 – praca/uśpienie B3, 2, 1, 0/1 – wyłączenie podadresu globalnego 1, 2, 3 B0 0/1 – wyłączenie adresacji globalnej
0x01	MODE2	B4, 0/1 – wyjście: proste/zanegowane B3, 0/1 – zmiana stanu wyjść po: I²C STOP/ACK B2, 0/1 – wyjścia: open-drain/totem-pole B1, 0 – 00 LEDn=0, 10 LEDn=1 (totem-pole, HiZ open-drain), 10,11 – HiZ
0x06...0x09 – 0x42...0x45	LEDn_ON_L LEDn_ON_H LEDn_OFF_L LEDn_OFF_H	LEDn_ON_L – cykl aktywny ON, 8LSB LEDn_ON_H – cykl aktywny ON, 7...5 – nieużywane, 4 – LED załączona, 3...0 – 4MSB LEDn_OFF_L – cykl nieaktywny OFF, 8LSB LEDn_ON_H – cykl nieaktywny OFF, 7...5 – nieużywane, 4 – LED wyłączona, 3...0 – 4MSB (Maksymalny cykl ON + OFF = 4096)
0xFE	PRE-SCALE	Wartość jest wyznaczana ze wzoru: $\text{prescale value} = \text{round}\left\{\frac{\text{osc clock}}{4096 \cdot \text{update_rate}}\right\} - 1$ Częstotliwość wbudowanego oscylatora = 25 MHz, 0x03 = 1526 Hz ... 0xFF = 24 Hz Zmiana częstotliwości preskalera jest możliwa tylko w trybie uśpienia układu – MODE1 B4 = 1

cykl załączenia ON: 2048,
cykl wyłączenia OFF: 2047 (2048 – 1).

Po rozbiciu na wartości 8-bitowe wpisujemy do rejestrów odpowiednio:
LED0_ON_H = 0x00,
LED0_ON_L = 0x00,
LED0_OFF_H = 0x07,
LED0_OFF_L = 0xFF.

Realizujemy to poleceniami:

```
i2cset -y 1 0x50 0x06 0x00
i2cset -y 1 0x50 0x07 0x00
i2cset -y 1 0x50 0x08 0xFF
i2cset -y 1 0x50 0x09 0x07
```

Dobierając odpowiednio ustawienia preskalera i generatorów PWM, tak aby okres przebiegu wynosił 20 ms, a czas załączenia wyjścia zależnie od kąta obrotu 1...2 ms oraz ustawiając wyjścia jako *totem pole* otrzymujemy możliwość precyzyjnego sterowania do 16 serwomechanizmów.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA



eprasa.pl 5a847e4771

Podstawowe parametry:

- umożliwia dołączenie do Raspberry PI Zero wyświetlacz ze standardowym 50-pinowym złączem FFC/FPC,
- dostarcza napięć polaryzacji AVdd, Vgh, Vgl i regulowanego Vcom,
- zawiera przetwornicę zasilającą podświetlenie panelu obsługującą równoległe łańcuchy z trzech połączonych szeregowo diod LED.

* 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.

W ofercie AVT*

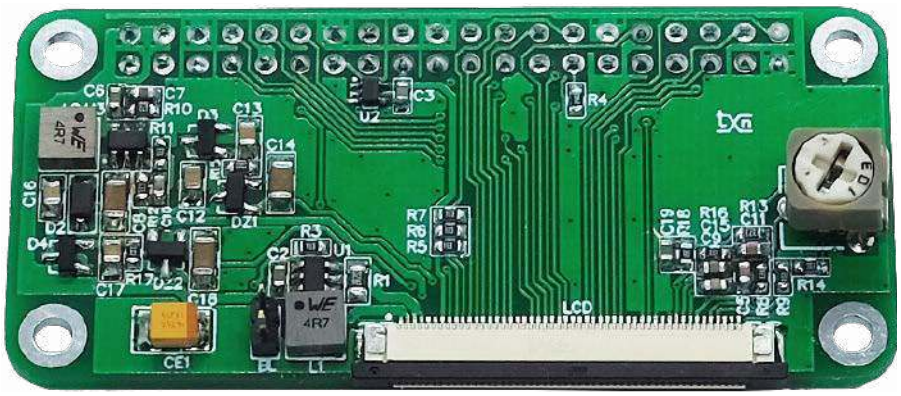
AVT5890

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

AVT-5882	Podwójny klucz zasilania High Side (EP 8/2021)
----	Zasilacz PoE do Raspberry Pi (EP 7/2021)
----	Cyfrowy wzmacniacz audio w formacie RPi Zero (EP 7/2021)
----	Moduł DSP Audio do Raspberry Pi (EP 6/2021)
AVT-5858	Płytka bazowa dla Raspberry Pi Pico (EP 5/2021)
AVT-5851	Dwukanałowy port szeregowy dla Raspberry (EP 3/2021)
AVT-5847	Interfejs wyświetlacza TFT-RGB dla RPi Zero (EP 3/2021)
----	Sterownik 18 LED dla Pi Zero (EP 2/2021)
AVT-5837	Moduł do pomiaru napięcia i prądu z interfejsem I²C (EP 1/2021)
AVT-5811	Odtwarzacz audio z Raspberry Pi (EP 10-12/2020)
----	Kieszonkowy Linux (EP 9/2020)
AVT-5776	Miniaturowa czujka ruchu dla Raspberry Pi, Arduino i nie tylko (EP 6/2020)
AVT-5770	Arduino i nie tylko (EP 5/2020)
AVT-5761	Czterokanałowy moduł przekaźnikowy sterowany I²C (EP 4/2020)
Projekt 249	Karta muzyczna dla Raspberry Pi (EP 3/2020)
AVT-5739	Zasilacz buforowy z superkondensatorami dla Raspberry Pi (EP 1/2020)
----	Instalacja zegara czasu rzeczywistego w Raspberry Pi (EP 9/2019)
----	Domowy serwer Network Attached Storage na Raspberry Pi (EP 9/2019)
----	Sprzętowy przycisk do wyłączania Raspberry Pi (EP 9/2019)
AVT-5689	Budżetowy interfejs USB-I²S (EP 7/2019)
AVT-5680	Sensor smogu z technologią Bluetooth Low Energy (EP 4/2019)
----	Miniaturowy moduł interfejsu RS485 dla Raspberry Pi, launchpadów i nie tylko (EP 11/2018)
----	Budowa projektora DLP z użyciem Raspberry Pi 3 oraz modułu TI LightCrafter Display 2000 (EP 9/2018)
AVT-1989	Miniaturowy driver LED RGBW z interfejsem I²C (EP 8/2018)
----	2-portowy, miniaturowy hub USB zgodny z Raspberry PI Zero (EP 6/2018)
----	Płytka rozszerzeń GPIO dla Raspberry Pi Zero (EP 5/2018)
----	Moduł audio do Raspberry Pi Zero (EP 4/2018)
----	Płytka wejść analogowych dla Raspberry Pi Zero (EP 3/2018)
AVT-1947	Przenośny zasilacz dla Raspberry Pi Zero (EP 2/2017)
AVT-1939	Miniaturowa klawiatura USB do Raspberry Pi (EP 11/2016)
AVT-1937	Płytka domowej automatyki dla Raspberry Pi Zero (EP 10/2016)
AVT-1936	Combo Audio DAC dla Raspberry PI (EP 10/2016)
----	Stacjonarny odtwarzacz audio Media PI (EP 8/2016)
AVT-1909	Driver silników prądu stałego dla Raspberry Pi Zero (EP 6/2016)
AVT-1906	Moduł audio DAC dla Raspberry PI z wyjsciami I²S i S/PDIF (EP 5/2016)
AVT-1905	Interfejs Ethernet dla Raspberry Pi Zero (EP 4/2016)
AVT-1896	RaspbPI DAC+ (EP 1/2016)
AVT-5515	HABoard – moduł automatyki domowej dla RPi+ (EP 10/2015)
AVT-5513	Moduły do komunikacji szeregowej Xbee dla Raspberry Pi i nie tylko (EP 9/2015)
AVT-1854	RaspbPI_PLUS_GPIO. Moduł rozszerzeń GPIO Pi B+ (EP 6/2015)
AVT-1851	RaspbPI_DAC – przetwornik audio dla Raspberry Pi (EP 4/2015)
AVT-1827	RaspbPI_NFC – płytka czytnika RFID dla Raspberry Pi i nie tylko (EP 9/2014)
AVT-5459	RaspbPI_GSM Płytka z modemem GSM dla Raspberry Pi (EP 7/2014)
AVT-5431,-32,-33	Moduły rozszerzeń dla Raspberry Pi (4) – RaspbPI_LCD, RaspbPI_Relay, RaspbPI_LED8_PWM_Expander (EP 1/2014)
AVT-5412,-13,-14	Moduły rozszerzeń dla Raspberry Pi (3) – RaspbPI_DIO16, RaspbPI_HUB, RaspbPI_DCM (EP 9/2013)
AVT-5402_2	Moduły rozszerzeń dla Raspberry Pi (2) – Płytka do komunikacji szeregowej (EP 7/2013)
AVT-5402	Moduły rozszerzeń dla Raspberry Pi (1) – Płytka stykowa, moduł I/O, moduł wejść analogowych (EP 6/2013)
AVT-5146	4-portowy Hub USB 2.0 (EP 9/2008)

Interfejs wyświetlacza TFT RGB dla RPi Zero

Zaprezentowana płytka rozszerza funkcjonalność Raspberry Pi Zero (i nie tylko) o możliwość sterowania graficznym wyświetlaczem TFT o przekątnej 7 cali ze standardowym 50-pinowym złączem FFC/FPC. Do wyświetlacza doprowadzone są 6-bitowe sygnały kolorów (RGB666), a sterowanie odbywa się w trybie DE, bez wykorzystania sygnałów synchronizacji poziomej i pionowej.



W porównaniu z wyświetlaczami o mniejszych przekątnych, wyświetlacze 7-calowe często wymagają zewnętrznego obwodu generującego napięcia polaryzacji. Oczywiście dostępne są modele z wbudowaną przetwornicą, ale są kilkakrotnie droższe i niestety są niezgodne mechanicznie i elektrycznie z wyświetlaczami pozbawionymi przetwornicy. Opisany moduł dostarcza napięć polaryzacji AVdd, Vgh, Vgl i regulowanego Vcom, które w prosty sposób poprzez dobór kilku elementów mogą zostać dopasowane do zalecanych dla wyświetlacza wartości. Płytka zawiera też przetwornicę zasilającą podświetlenie panelu z możliwością programowego wyłączenia, obsługującą równoległe łańcuchy z trzech połączonych szeregowo diod LED (Vled ok. 9,8 V; 3×7/3×9/3×11 LED).

Budowa i działanie

Przyporządkowanie sygnałów złącza wyświetlacza opisano w **tabeli 1**. Do obsługi wyświetlacza zastosowana jest konfiguracja ALT2 GPIO przeznaczona do współpracy z wyświetlaczem z interfejsem równoległym DPI-RGB. Schemat płytki interfejsu został pokazany na **rysunku 1**. Moduł składa się z dwóch przetwornic – U1 odpowiedzialnej za generowanie prądu dla układu podświetlenia oraz U2 dostarczającej napięć polaryzacji panelu LCD.

Blok konwertera podnoszącego napięcie bazuje na układzie U1 typu AP3031. Oprócz generowania napięcia do zasilania łańcucha białych LED układu podświetlenia, stabilizuje ich prąd pracy. Wartość prądu określają

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):

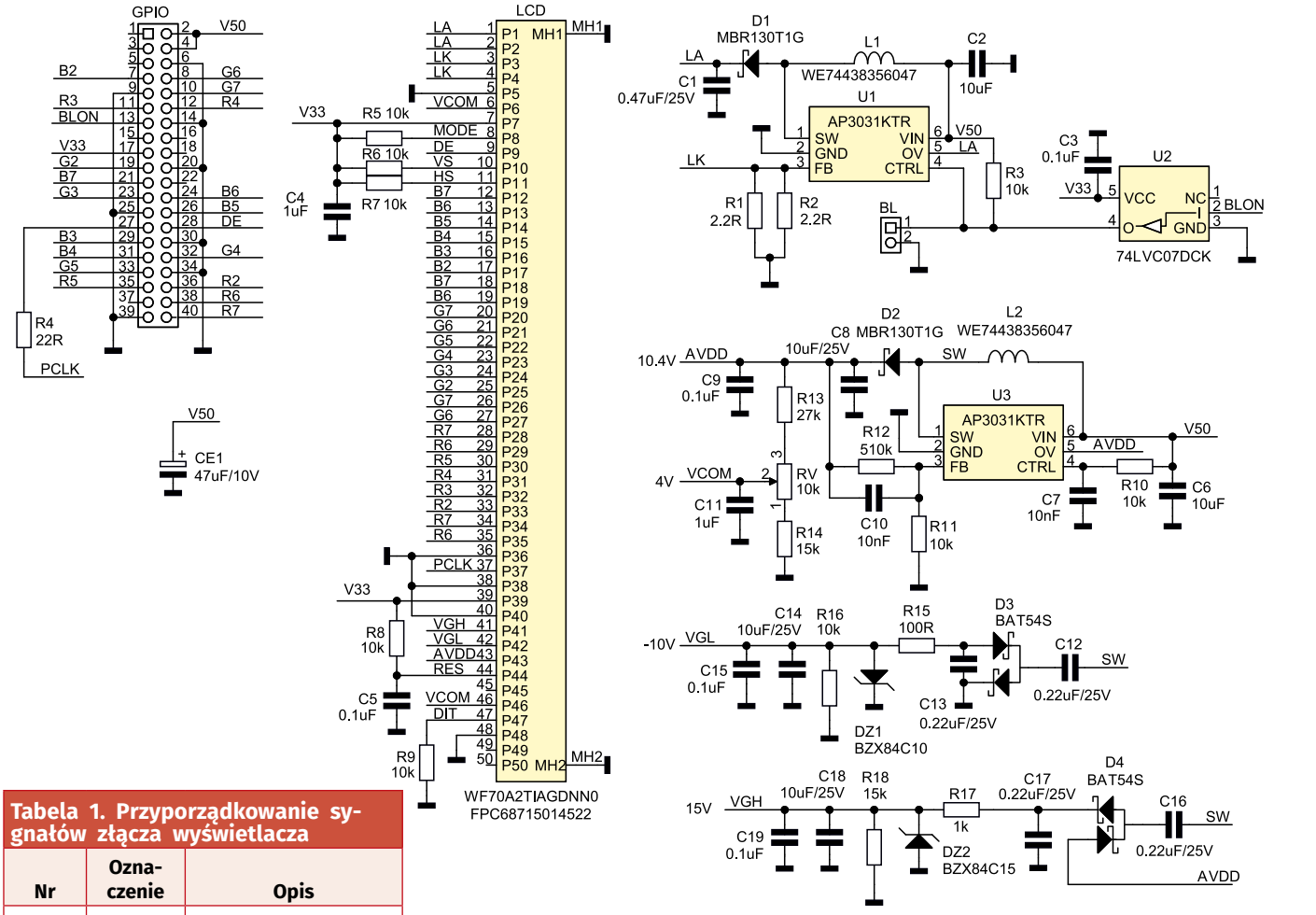
Rezystory: (SMD0603 1%, o ile nie opisano inaczej)
R1, R2: 2,2 Ω SMD0805 1%
R3, R5, R6, R7...R11, R16: 10 kΩ
R4: 22 Ω
R12: 510 kΩ
R13: 27 kΩ
R14, R18: 15 kΩ
R15: 100 Ω
R17: 1 kΩ
RV: 10 kΩ potencjometr SMD

Kondensatory:
C1: 0,47 µF /25 V SMD1206
C2, C6: 10 µF SMD0603
C3, C5, C9, C15, C19: 0,1 µF SMD0603
C4, C11: 1 µF SMD0603
C7, C10: 10 nF SMD0603
C8, C14, C18: 10 µF /25 V SMD1206
C12, C13, C16, C17: 0,22 µF /25 V SMD0805
CE1: 47 µF/10 V tantalowy B SMD3528

Półprzewodniki:
D1, D2: MBR130T1G dioda Schottky'ego (SOD123)
D3, D4: BAT54S podwójna dioda Schottky'ego (SOT-23)
DZ1: BZX84C10 dioda Zenera (SOT-23)
DZ2: BZX84C15 dioda Zenera (SOT-23)
U1, U3: AP3031KTR (SOT-23-6)
U2: 74LVC07DCK (SC70-5)

Pozostałe:
BL: złącze SIP2 + zwora (opcja)
GPIO: złącze IDC40 żeńskie
L1, L2: dławik mocy WE MAPI4020 4,7 µH (WE74438356047)
LCD: złącze FPC 50 pinów styki dolne FPC (WE68715014522)

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 1. Schemat płytki interfejsu wyświetlacza

Tabela 1. Przyporządkowanie sygnałów złącza wyświetlacza

Nr	Oznaczenie	Opis
1, 2	LED A	LED Power A
3, 4	LED C	LED Power C
5	GND	LCD Power GND
6	Vcom	Common Voltage
7	Vcc	Digital Circuit Power
8	MODE	DE/SYNC Mode
9	DE	Data Input Enable
10	VS	Vertical Sync
11	HS	Horizontal Sync
12...19	B7...B0	Blue Data (B0 LSB)
20...27	G7...G0	Green Data(G0 LSB)
28...35	R7...R0	Red Data (R0 LSB)
36	GND	LCD Power GND
37	PCLK	Pixel Clock
38	GND	LCD Power GND
39	L/R	Left/Right Select (option)
40	U/D	Up/Down Select (option)
41	Vgh	Gate On Voltage
42	Vgl	Gate Off Voltage
43	AVdd	Analog Circuit Power
44	RES	Display On/Off (Res)
45	NC	–
46	Vcom	Common Voltage
47	DITHB	Dithering
48	GND	LCD Power GND
49	NC	–
50	NC	–

rezystory R1 i R2, napięcie na wyprowadzeniu FB dla określonego prądu podświetlenia powinno wynosić ok. 200 mV, co w modelu odpowiada wartości ok.180 mA. Opcjonalna zwora BL umożliwia wyłączenie podświetlenia zewnętrznym przełącznikiem. Układ bufora U2 odpowiada za programowe sterowanie podświetleniem za pomocą wyprowadzenia GPIO27. Domyślnie po uruchomieniu Pi podświetlenie jest wyłączone i należy je aktywować ustawiając stan wysoki GPIO27. Układ U3, także typu AP3031 pracuje w konfiguracji przetwornicy podwyższającej o napięciu wyjściowym ustalonym dzielnikiem R13, R11.

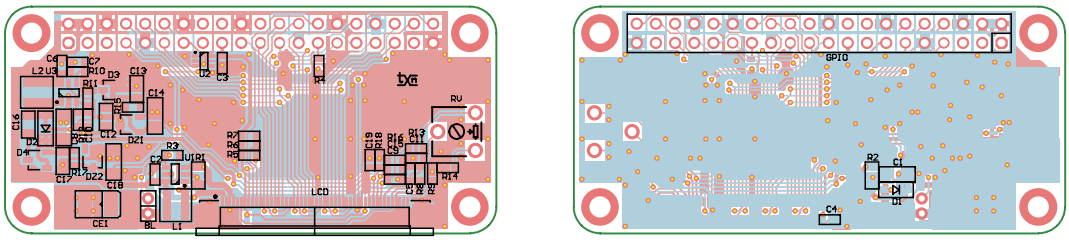
Obie przetwornice zasilane są z napięcia 5 V (obwód V50) z Raspberry Pi. Obwód R10, C7 minimalnie opóźnia start przetwornicy U2. Napięcie wyjściowe przetwornicy U2 służy do zasilania części analogowej LCD potencjałem AVdd. W modelu dzielnik ustala napięcie wyjściowe na ok. 10,4 V wymagane dla wyświetlacza Winstar WF70A2TIAGDNN0#. Z napięcia AVdd poprzez dzielnik R13, RV, R14 generowane jest napięcie VCom. Potencjometr RV umożliwia jego regulację w celu ustawienia najlepszego kontrastu wyświetlanego obrazu.

Dla generowania napięcia Vgh zastosowano powielacz napięcia z D4, C16, C17, w którym napięcie klucza SW jest dodawane do napięcia AVdd przetwornicy U2. Napięcie wyjściowe jest stabilizowane diodą Zenera DZ2 na wartość ok. 15 V i dodatkowo filtrowane przez C18, C19. Ujemnego napięcia dostarcza odwracacz zbudowany z elementów D3, C12, C13. Jego napięcie wyjściowe stabilizowane jest diodą DZ1 i w modelu wynosi

Tabela 2. Wartości napięć zasilania dla kilku typów wyświetlaczy 7"

Typ	Rozdzielczość	AVdd	Vcom	Vgh	Vgl	If
Powertip PH800480T013-IBA01	800×480	10,4 V	3,9 V	16 V	–7 V	9,6 V/160 mA
Powertip PH800480T013-IDA01	800×480	10,4 V	4,0 V	16 V	–7 V	9,6 V/270 mA
Winstar WF70A2TIAGDNN0#	800×480	10,4 V	4,04 V	15 V	–10 V	9,8 V/180 mA
Capway THH070BH03	1024×600	9 V	3,15 V	18 V	–6 V	9 V/300 mA

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 2. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów

ok. –10 V. Rezystory R16, R18 rozładowują kondensatory filtrujące napięcia Vgh, Vgl po wyłączeniu zasilania układu. Dobierając wartości R11, R13, DZ1, DZ2 i ich rezystory R15, R17, można dostosować układ do współpracy z innymi typami wyświetlaczy.

Przykładowe wartości napięć dla popularnych typów wyświetlaczy zestawiono w **tabeli 2**. Napięcie V33 zasilania części cyfrowej LCD pobierane jest bezpośrednio z Raspberry. Rezystory R5, R6, R7, R9 konfigurują tryb pracy wyświetlacza, obwód R8, C5 zapewnia restart po włączeniu zasilania.

Pomimo prostego interfejsu, obsługa wyświetlacza LCD w trybie równoległym DPI w przypadku RPi generuje jeden bardzo poważny problem – zajmuje praktycznie większość GPIO i wymusza podłączenie współpracujących urządzeń przez porty USB. Od tych ograniczeń wolne są aplikacje Compute Module 3 ze znacznie większą liczbą dostępnych wyprowadzeń i elastycznością konfiguracji GPIO.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na niewielkiej dwustronnej płytce drukowanej, której schemat wraz z rozmieszczeniem elementów został pokazany na **rysunku 2**. Płytka jest zgodna elektrycznie z każdą wersją Raspberry Pi, ale mechanicznie dopasowana jest do Pi Zero, tworząc zwarty zestaw o niewielkich rozmiarach. Montaż płytki nie wymaga dokładnego opisu. W zależności od posiadanego wyświetlacza należy dobrać prąd podświetlenia za pomocą rezystorów R1 i R2 oraz wartości napięć zasilania. Złącze BL jest opcjonalne i montujemy

Listing 1. Znaczenie poszczególnych bitów parametru dpi_output_format

```
output_format           = (dpi_output_format >>  0) & 0xf;
rgb_order               = (dpi_output_format >>  4) & 0xf;
output_enable_mode      = (dpi_output_format >>  8) & 0x1;
invert_pixel_clock      = (dpi_output_format >>  9) & 0x1;
hsync_disable           = (dpi_output_format >> 12) & 0x1;
vsync_disable           = (dpi_output_format >> 13) & 0x1;
output_enable_disable   = (dpi_output_format >> 14) & 0x1;
hsync_polarity          = (dpi_output_format >> 16) & 0x1;
vsync_polarity          = (dpi_output_format >> 17) & 0x1;
output_enable_polarity = (dpi_output_format >> 18) & 0x1;
hsync_phase             = (dpi_output_format >> 20) & 0x1;
vsync_phase             = (dpi_output_format >> 21) & 0x1;
output_enable_phase     = (dpi_output_format >> 22) & 0x1;

output_format:
   1: DPI_OUTPUT_FORMAT_9BIT_666
   2: DPI_OUTPUT_FORMAT_16BIT_565_CFG1
   3: DPI_OUTPUT_FORMAT_16BIT_565_CFG2
   4: DPI_OUTPUT_FORMAT_16BIT_565_CFG3
   5: DPI_OUTPUT_FORMAT_18BIT_666_CFG1
   6: DPI_OUTPUT_FORMAT_18BIT_666_CFG2
   7: DPI_OUTPUT_FORMAT_24BIT_888

rgb_order:
   1: DPI_RGB_ORDER_RGB
   2: DPI_RGB_ORDER_BGR
   3: DPI_RGB_ORDER_GRB
   4: DPI_RGB_ORDER_BRG

output_enable_mode:
   0: DPI_OUTPUT_ENABLE_MODE_DATA_VALID
   1: DPI_OUTPUT_ENABLE_MODE_COMBINED_SYNCS

invert_pixel_clock:
   0: RGB Data changes on rising edge and is stable at falling edge
   1: RGB Data changes on falling edge and is stable at rising edge.

hsync/vsync/output_enable_polarity:
   0: default for HDMI mode
   1: inverted

hsync/vsync/oe phases:
   0: DPI_PHASE_POSEDGE
   1: DPI_PHASE_NEGEDGE
```

REKLAMA



eprasa.pl 5a847e4771

Listing 2. Parametry polecenia dpi_timings

```
dpi_timings=<h_active_pixels> <h_sync_polarity> <h_front_porch> <h_sync_pulse> <h_back_
porch> <v_active_lines> <v_sync_polarity> <v_front_porch> <v_sync_pulse> <v_back_porch>
<v_sync_offset_a> <v_sync_offset_b> <pixel_rep> <frame_rate> <interlaced> <pixel_freq>
<aspect_ratio>

<h_active_pixels> = horizontal pixels (width)
<h_sync_polarity> = invert hsync polarity
<h_front_porch>   = horizontal forward padding from DE acitve edge
<h_sync_pulse>    = hsync pulse width in pixel clocks
<h_back_porch>    = vertical back padding from DE active edge
<v_active_lines>  = vertical pixels height (lines)
<v_sync_polarity> = invert vsync polarity
<v_front_porch>   = vertical forward padding from DE active edge
<v_sync_pulse>    = vsync pulse width in pixel clocks
<v_back_porch>    = vertical back padding from DE active edge
<v_sync_offset_a> = leave at zero
<v_sync_offset_b> = leave at zero
<pixel_rep>       = leave at zero
<frame_rate>      = screen refresh rate in Hz
<interlaced>      = leave at zero
<pixel_freq>      = clock frequency (width*height*framerate)
<aspect_ratio>    = *

aspect_ratio może przyjmować następujące wartości:
HDMI_ASPECT_4_3 = 1
HDMI_ASPECT_14_9 = 2
HDMI_ASPECT_16_9 = 3
HDMI_ASPECT_5_4 = 41
HDMI_ASPECT_16_10 = 5
HDMI_ASPECT_15_9 = 6
HDMI_ASPECT_21_9 = 7
HDMI_ASPECT_64_27 = 8
```

je tylko w przypadku podłączenia wyłącznika podświetlenia.

Po zmontowaniu płytki, przed podłączeniem wyświetlacza, koniecznie należy sprawdzić poprawność generowania napięć wyjściowych Avdd, Vcom, Vgh, Vgl, Vcom. Potencjometrem RV należy ustawić wstępną wartość napięcia Vcom zgodnie z dokumentacją LCD. Przed włączeniem wyświetlacza należy zapoznać się z jego kartą katalogową, sprawdzić zgodność sygnałów ze złączem FPC oraz ustalić zależności czasowe niezbędne do prawidłowej konfiguracji wyświetlacza.

Przed użyciem interfejsu DPI należy wyłączyć obsługę I²C i SPI w pliku */boot/config.txt:*

```
dtparam=i2c_arm=off
dtparam=spi=off
```

Do współpracy z LCD RGB przeznaczone są w systemie operacyjnym konfiguracje `dtoverlay=dpi18` lub `dtoverlay=dpi24`. Niestety, ze względu na brak kanału informującego o parametrach wyświetlacza i dostępnych trybach pracy, jak ma to miejsce w przypadku HDMI, w każdym przypadku konieczna jest indywidualna i szczegółowa parametryzacja interfejsu DPI oraz dostosowanie częstotliwości zegara, kodowania koloru, synchronizacji i rozdzielczości przez użytkownika.

Przed konfiguracją wyświetlacza należy poinformować system o niestandardowym trybie pracy *custom mode DPI* poprzez wpis:

```
dpi_group=2
dpi_mode=87,
```

oraz o współpracy z wyświetlaczem DPI w pliku */boot/config.txt*:

```
enable_dpi_lcd=1
display_default_lcd=1
```

Format wyjściowy DPI ustalany jest parametrem `dpi_output_format` w postaci

REKLAMA



Listing 3. Przykładowa konfiguracja ustalona dla wyświetlacza WF70A2TIAGDNN0# o przekątnej 7" i rozdzielczości 800×480

```
dtoverlay=dpi18
display_rotate=0
overscan_left=0
overscan_right=0
overscan_top=0
overscan_bottom=0
framebuffer_width=800
framebuffer_height=480
enable_dpi_lcd=1
display_default_lcd=1
dpi_group=2
dpi_mode=87
dpi_output_format=0x6f015
dpi_timings=800 0 40 48 88 480 0 13 3 32 0 0 0 60 0 32000000 6
```

Listing 4. Skrypt umożliwiający załączenie podświetlenia

```
#!/bin/bash
cd /home/pi
BASE_GPIO_PATH=/sys/class/gpio
PIN1=27

if [ ! -e $BASE_GPIO_PATH/gpio$PIN1 ]; then
  echo $PIN1 > $BASE_GPIO_PATH/export
fi

echo "out" > $BASE_GPIO_PATH/gpio$PIN1/direction
echo "1" > $BASE_GPIO_PATH/gpio$PIN1/value
echo "LCD wlaczony"
```

liczby szesnastkowej. Znaczenie poszczególnych bitów zostało opisane na **listingu 1**. Parametry czasowe i rozdzielczość wyświetlacza ustalane są poleceniem `dpi_timings`, które zostało opisane na **listingu 2**.

Jeżeli z przyczyn mechanicznych wyświetlacz wygodniej zamontować w pozycji pionowej lub odwróconej, parametrem `display_rotate=x` ustalamy wymaganą orientację, gdzie x = 0...3, a odpowiadająca wartościom orientacja wyświetlacza to: 0, 90, 180, 270°.

Przykładowa konfiguracja ustalona dla wyświetlacza WF70A2TIAGDNN0# o przekątnej 7" i rozdzielczości 800×480 została pokazana na **listingu 3**. Czasami do ustalenia prawidłowych parametrów, szczególnie w przypadku braku wyświetlania lub zakłóceń w obrazie, konieczny jest oscyloskop lub analizator logiczny. Ważne jest, aby minimalizować długość połączeń taśmy wyświetlacza, unikając stosowania przedłużek, bo może to wpływać na jakość wyświetlanego obrazu. Do sprawdzenia parametrów wyświetlania można użyć polecenia:

```
sudo fbset
```

Warto przeglądać zasoby sieci, czy nie jest dostępna gotowa konfiguracja do wyświetlacza, można zaoszczędzić sporo czasu. Obowiązkowo trzeba zapoznać się z dokumentacją Raspberry Pi: https://bit.ly/2PuEiHZ.

Po konfiguracji wyświetlacza konieczne jest wysterowanie linii GPIO27 w celu załączenia podświetlenia za pomocą skryptu backlightON.sh z **listingu 4**.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA



ELPORTAL.pl

EdW możesz zamówić na
www.ulubionykiosk.pl
lub w Empikach i wszystkich większych kioskach z prasą.

Nie przegap interesujących materiałów w siostrzanym czasopiśmie

We wrześniowym wydaniu „Elektroniki dla Wszystkich" między innymi:

„Maluch" dla malucha
Samodzielna budowa zabawki dla dziecka może zapewnić podwójną satysfakcję. Czy i Ty doświadczysz takiej radości?

Inteligentny dom także dla Ciebie, czyli jest dobrze, ale nie beznadziejnie. Trochę historii
Każdy, kto zainteresowany jest tematyką Smart home, koniecznie powinien choć trochę poznać historię inteligentnych domów.

Silniki prądu stałego
Silniki elektryczne prądu stałego nazywane PMDC niesłusznie są lekceważone jako elementy wręcz prymitywne. Nie można w pełni zrozumieć ich właściwości bez dobrego rozumienia, czym jest ich praca w czterech ćwiartkach.

Współczesne neony, czyli znów tajemnicze lampy EL
Na rynku można znaleźć mnóstwo gadżetów, które z reguły przedstawiane są jako lampy lub neony LED. Jednak nie zawsze zawierają diody LED, a często są to po prostu lampy EL.

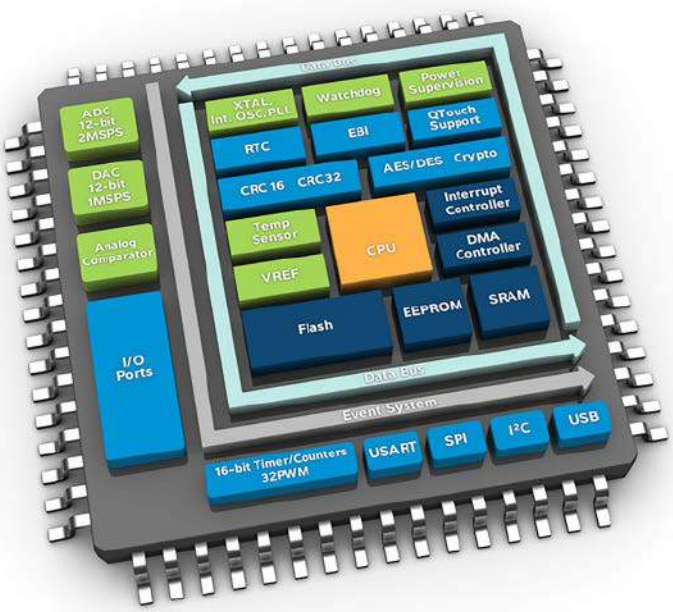
Redukcja napięcia sieci energetycznej z 240 V na 220 V
Nominalna wartość napięcia sieci energetycznej to 230 V, a w praktyce coraz częściej sięga 240 V. Jak zapewnić długą żywotność starych radioodbiorników, projektowanych na napięcie 220 V?

Ponadto w numerze:
- Filozofia sieci. Protokół TCP
- Panorama audio. Co to jest DAC?
- Droga do RRIO, czyli wzmacniacze operacyjne (nie tylko) dla początkujących,
- Lampowa „mrygałka"
- Dołączanie przewodów do złączy kołkowych
- Szkoła Konstruktorów:
  - jak wdrażać dzieci i wnuki w arkana techniki, a w szczególności elektroniki, logiki oraz programowania
  - zaproponuj ciekawe, najlepiej nietypowe zastosowanie diod LED

Masz może pomysł na ciekawy artykuł lub projekt? Skonstruowałeś urządzenie, które jest godne zaprezentowania szerszej publiczności? Możesz napisać artykuł edukacyjny? Chcesz podzielić się doświadczeniem? W takim razie zapraszamy do współpracy na łamach Elektroniki dla Wszystkich. Kontakt: edw@elportal.pl

Mikrokontrolery 8-bitowe vs 32-bitowe

Upowszechnienie relatywnie tanich mikrokontrolerów z rdzeniem 32-bitowym wywołało trwający do dzisiaj spór o to, czy mikrokontrolery 8-bitowe są jeszcze potrzebne i czy jest sens ich stosowania. Producenci nowych elementów prześcigają się w uzyskiwaniu dużej wydajności nowoczesnych, 32-bitowych rozwiązań. Warto je poznać i stosować, jeżeli nie chce się zostać technicznym dinozaurem. Jednak mikrokontrolery 8-bitowe były bardzo szeroko stosowane na całym świecie nawet w stosunkowo wymagających aplikacjach i do dziś nie zniknęły z rynku, a wręcz stale obserwujemy premiery nowych modeli zaskakujących wieloma praktycznymi rozwiązaniami.



Wielu konstruktorów i programistów doskonale zna układy serii ATmega, PIC16 czy STM8, na których poznawali tajniki techniki cyfrowej i które stosowali w różnych rozbudowanych konstrukcjach. Natomiast nowe rozwiązania zawsze obarczone są pewnym ryzykiem – czy to prawidłowości funkcjonowania, czy długoczasowej dostępności. Dlatego wiele osób nie miało zamiaru bezwzględnie poddawać się tak mocno kreowanej presji nowoczesności. Do tej pory na 8-bitowcach dało się zrobić bardzo dużo, a w przyszłości zapewne da się zrobić jeszcze więcej. Nie tak łatwo porzucić wieloletnie doświadczenia, setki godzin żmudnych dociekań i analizowania kodu wynikowego kompilatora oraz możliwości stosowania wstawek asemblerowych w krytycznych fragmentach kodu.

Nowe technologie miały też kilka „chorób wieku dziecięcego", do których możemy zaliczyć problemy z szybkością układów peryferyjnych (taktowanie magistrali bloków peryferyjnych), tak zwane „puchnięcie kodu", brak tanich lub darmowych narzędzi programistycznych (IDE, kompilatory, bloki peryferyjne), programatorów, debuggerów, wsparcia w postaci modułów ewaluacyjnych, czy w końcu wsparcia środowiska entuzjastów. Wszystkie te przeszkody szybko znikały. W dodatku pojawił się nowy lepszy rdzeń – Cortex. Producenci układów 32-bitowych intensywnie pracowali nad wsparciem programowo-sprzętowym, a społeczność entuzjastów rosła błyskawicznie. Mikrokontrolery z rdzeniami Cortex bardzo szybko zyskały wielu oddanych zwolenników. Patrząc na ich możliwości techniczne i umiarkowaną cenę – trudno się temu dziwić. Pierwsze wrażenia były takie, że nic już nie uratuje układów serii AVR czy PIC i zajmą one miejsce w historii podobne do lamp elektronowych. Jednak od kiedy pojawiły się pierwsze w miarę tanie i dostępne mikrokontrolery 32-bitowe, minęło już sporo czasu, a układy 8-bitowe nadal mają się nadspodziewanie dobrze. Nie dość, że są systematycznie rozwijane, to jeszcze można je bez problemu zakupić nawet w dużych ilościach. Pojawiają się nowe interesujące komponenty, wprowadza się innowacje przeznaczone do specyficznych zastosowań (**rysunek 1**), jak chociażby stosowane przez Microchipa układy peryferyjne pracujące niezależnie od rdzenia. Rozwijane są też narzędzia projektowe, oferowane niemal zawsze za darmo: środowiska IDE, konfiguratory układów peryferyjnych, kompilatory C oraz rozbudowane biblioteki.

Nadal jest to sporny segment rynku mikrokontrolerów. Świadczą o tym choćby ciągłe próby wejścia w segment prostych aplikacji przez oferowanie 32-bitowych mikrokontrolerów z uproszonym rdzeniem Cortex-M0+. Są one dostępne w cenie bardziej rozbudowanych układów 8-bitowych, a mają większe możliwości. Nawet jeśli to się trochę udaje, to nie widać fali rezygnacji z mikrokontrolerów 8-bitowych. Dlatego ciągle aktualne pozostaje pytanie: jaki mikrokontroler wybrać: 8-bitowy, czy 32-bitowy? Wydaje się, że jeżeli mamy elementy w podobnej cenie, to zawsze lepiej jest zastosować ten o większych możliwościach, czyli mikrokontroler z 32-bitowym rdzeniem. Niestety w praktyce nie jest to takie proste.

Dobór do aplikacji

W przypadku takich dylematów pierwsza mądra rada, jaka się pojawia, to taka, aby dobierać elementy adekwatnie do aplikacji. Jeżeli mamy do wykonania bardziej skomplikowane zadania wymagające większej mocy obliczeniowej, wykonywania zaawansowanych algorytmów związanych z obsługą protokołów sieciowych, na przykład rodziny TCP/IP, stosowania zabezpieczeń informacji metodami



Rysunek 1. Mikrokontroler AVR przeznaczony do zastosowań w branży motoryzacyjnej. Jest wyposażony w małą liczbę wyprowadzeń (8...20), szereg układów czasowo-licznikowych, podstawowe interfejsy komunikacyjne, komparator i przetwornik ADC. Pracuje z zasilaniem 2,7...5,5 V, w temperaturze –40...+125°C

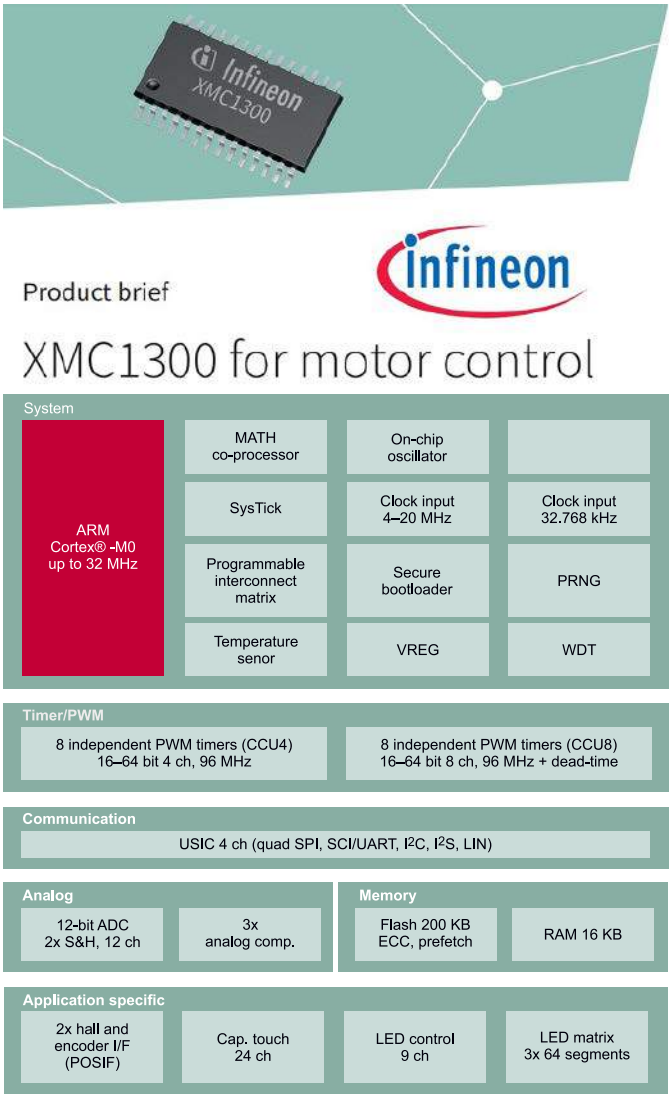
eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 2. Przykładowy moduł z interfejsem HMI zaprogramowanym z użyciem TouchGFX

kryptograficznymi, obsługi rozbudowanych graficznych interfejsów użytkownika HMI itp., to nie warto sobie zawracać głowy nawet rozbudowanymi mikrokontrolerami 8-bitowymi. Intuicyjnie wyczuwamy, że nawet gdyby podołały takim zadaniom, to najprawdopodobniej byłoby to okupione dużo większym nakładem pracy programisty. Poza tym wiele takich aplikacji musi mieć potencjał do późniejszej funkcjonalnej rozbudowy, co w przypadku zastosowania mniej wydajnych mikrokontrolerów może być problematyczne.

Należy wiedzieć, że stosowanie zasobnych w pamięć i rozbudowanych układów peryferyjnych szybkich mikrokontrolerów z rdzeniem 32-bitowym nie musi być okupione wnikliwym wczytywaniem się



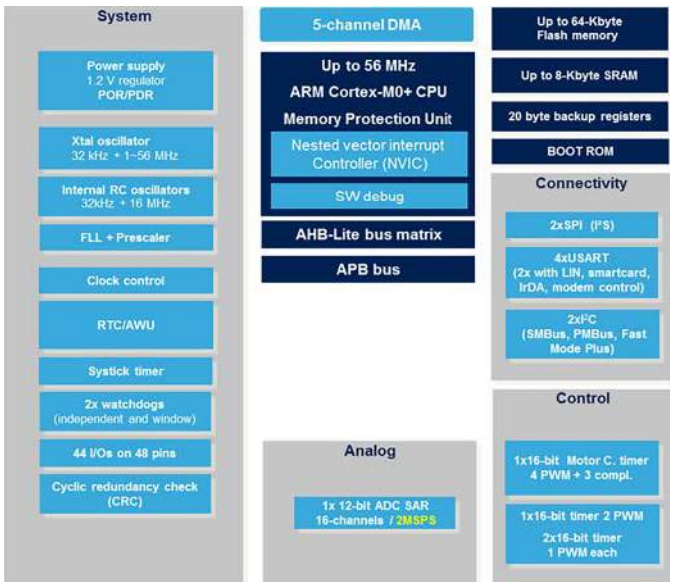
Rysunek 3. Mikrokontroler serii XMC1300 przeznaczony do sterowania silnikami elektrycznymi. Jest wyposażony w 8 niezależnych układów czasowo-licznikowych o rozdzielczości nawet 64–bitów i taktowane sygnałem do 96 MHz. Ponadto ma sprzętowy blok realizujący złożone obliczenia – MATH co-processor

w dokumentację. Programiści mają do dyspozycji gotowe biblioteki lub całe tzw. frameworki, pozwalające pisać programy z pewnym stopniem abstrakcji – dostęp do układów peryferyjnych zapewniają funkcje warstwy HAL (*hardware abstraction layer*). Dzięki temu można się skupić na skomplikowanych algorytmach stosowanych w wyższych warstwach aplikacji. Przykładem takiego podejścia jest cały ekosystem przeznaczony do projektowania rozbudowanych interfejsów HMI zbudowanych w oparciu na zaawansowanych mikrokontrolerach z rodziny STM32. Firma ST dostarcza bezpłatne narzędzie TouchGFX Designer, które w połączeniu z innymi narzędziami, takimi jak STM32CubeMX, pozwala na relatywnie szybkie zaprogramowanie wieloekranowego interfejsu w wieloma widżetami i możliwością animacji (**rysunek 2**). Obsługa grafiki w takim zakresie jest nieosiągalna nawet dla zaawansowanego 8-bitowca.

Kolejnym przykładem może być sterowanie silnikami BLDC. Proste zakręcenie osią silnika ze sterowaniem trapezowym to zadanie bardzo łatwe. Jeżeli mikrokontroler ma układy peryferyjne: generatory PWM i komparatory lub przetworniki ADC, to z bardziej skomplikowanym sterowaniem silnikiem bezczujnikowym poradzi sobie nawet jednostka 8-bitowa. Jednak w wymagających zastosowaniach stosuje się sterowanie 3-fazowe sinusoidalne lub sterowanie wektorowe. W takim przypadku trzeba w czasie rzeczywistym wykonywać szereg zaawansowanych obliczeń funkcji trygonometrycznych i nawet szybka 32-bitowa jednostka może wymagać wsparcia w postaci koprocesora zmiennoprzecinkowego (**rysunek 3**).

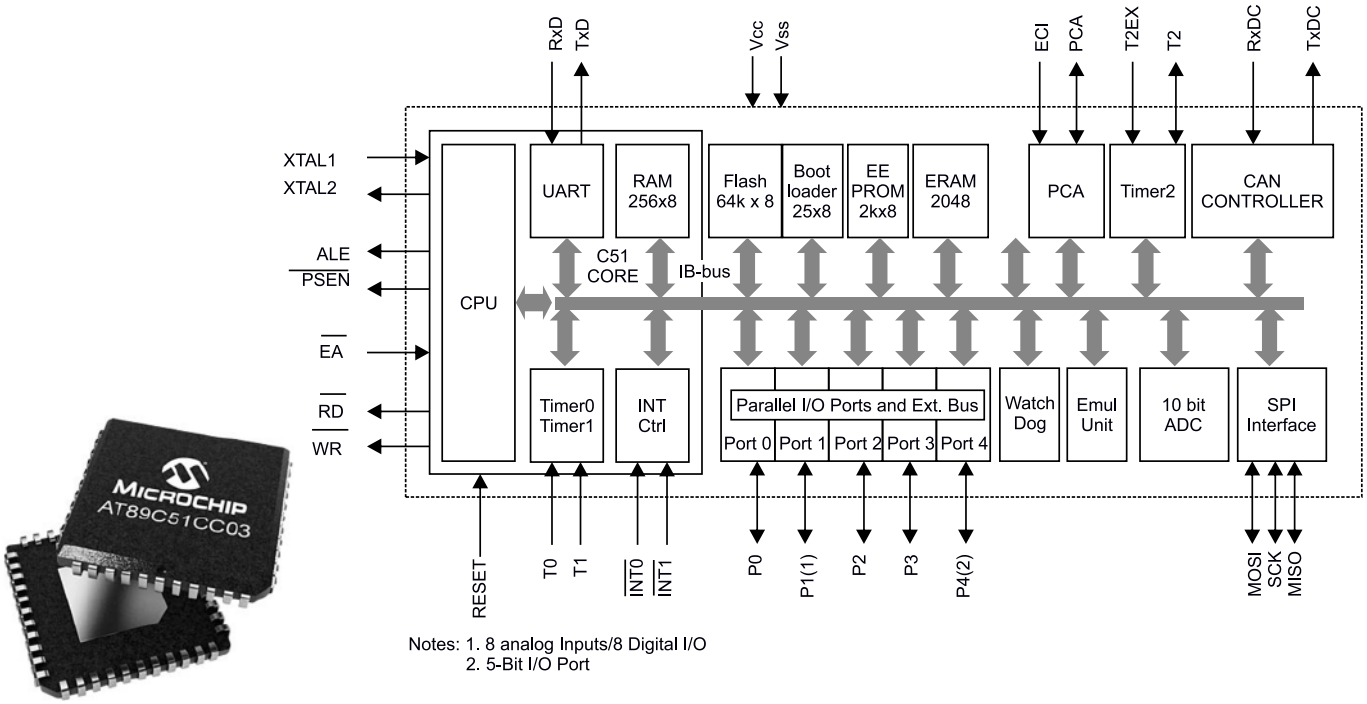
W złożonych systemach wbudowanych wykonywanie wszystkich zadań realizuje się z zastosowaniem systemu czasu rzeczywistego RTOS. Im szybszy mikrokontroler i im więcej ma pamięci, tym bardziej efektywne będzie wykonywanie wątków. Tu również przewagę mają szybkie 32-bitowe mikrokontrolery, szczególnie te, które są wyposażone w mechanizmy zarządzania pamięcią. Kiedy jednak zadania stają się mniej wymagające, przewaga 32-bitowców nie jest tak oczywista. Zalety dużego rdzenia stają się coraz mniej widoczne. Dlatego producenci jednostek z 32-bitowym rdzeniem kuszą klientów, potrzebujących prostszych rozwiązań, np. ceną czy środowiskiem projektowym i w końcu lepszym stosunkiem możliwości do ceny. Mikrokontrolery STM32G0 z rdzeniem Cortex-M0+ są tego klasycznym przykładem.

Nawet w najgorzej wyposażonej serii *Value Line* STM32G031 (**rysunek 4**) dostajemy rdzeń Cortex M0+ taktowany z częstotliwością do 64 MHz, do 64 kB pamięci flash, do 8 kB pamięci RAM, 5-kanałowe DMA, szereg interfejsów komunikacyjnych: I²C, USART, SPI, 12-bitowy DAC ze sprzętowym oversamplingiem, 11 liczników i sprzętowy



Rysunek 4. Nawet w najsłabiej wyposażonej serii – *Value Line*, mikrokontrolery STM32G031 oferują mnóstwo zasobów sprzętowych

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 5. Jedna z nowych wersji mikrokontrolera 8051 – układ AT89C51CC03. Może być taktowany sygnałem do 60 MHz i zawiera wiele zaawansowanych układów peryferyjnych, np. kontroler magistrali CAN

RTC. W wyższych seriach jest już tylko lepiej. W najwyższej serii *Access and Encryption* pojawiają się zaawansowane sprzętowe moduły szyfrujące AES, rozbudowane generatory PWM do sterowania silnikami, interfejsy USB, ale też jednostka ochrony pamięci umożliwiająca wydajne działanie systemów RTOS.

Rodzina układów STM32G0 to tylko przykład, takich ofert jest znacznie więcej. Wydaje się, że jeżeli cena jest porównywalna, to wybór będzie oczywisty – powinniśmy zastosować ten o lepszych możliwościach. Możliwości funkcjonalne to istotny argument brany pod uwagę przy dobieraniu mikrokontrolera do aplikacji, ale niejedyny. Mikrokontrolery są elementami szczególnymi – mają niesamowite możliwości, które w dużej mierze zależą od oprogramowania, a przy jego tworzeniu duże znaczenie ma czynnik ludzki. Poza tym oprócz parametrów funkcjonalnych są też parametry elektryczne, na przykład napięcie zasilania i związana z tym odporność na zakłócenia czy zakres napięć wejściowych przetworników cyfrowo-analogowych czy analogowo-cyfrowych. Mogą też wystąpić ograniczenia natury technologicznej – przy małoseryjnej produkcji nie opłaca się stosować trudnych do przylutowania obudów używanych w najnowszych mikrokontrolerach. Po uwzględnieniu takich czynników to, co wydawało się oczywiste, mocno traci na znaczeniu.

Czynnik ludzki

Jednym z czynników determinujących nasze wybory jest przyzwyczajenie. Jeżeli używamy danego typu mikrokontrolera od lat i mamy pewność, że spełni on wymagania nowej aplikacji, to z pewnością go zastosujemy. Potencjalnie lepsze właściwości innego układu nie wpłyną na lepsze funkcjonowanie aplikacji. Jeżeli to, co chcemy zrobić, da się zrealizować na układzie typu ATmega, ATtiny, PIC16F, PIC18F czy na nowej wersji 8051 (**rysunek 5**), to z pewnością taki zastosujemy. Mikrokontrolery 8-bitowe funkcjonują od ponad 40 lat i jest wielu czynnych konstruktorów z ogromnym doświadczeniem w ich programowaniu, więc dopóki będą dostępne, to będą stosowane.

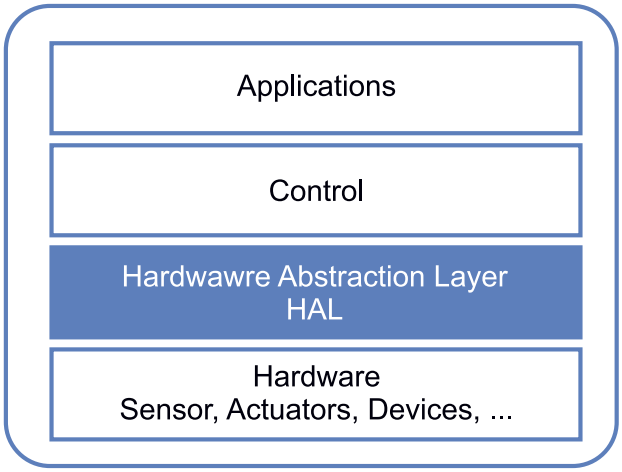
Ja używam różnych mikrokontrolerów, mam na koncie projekty z układami na rdzeniu Cortex oraz PIC32. Ale do prostszych zadań stosuję moje ulubione Microchip PIC16F lub PIC18F, jeżeli jest to technicznie wykonalne. Dobrze je znam i nie muszę się niczego nowego uczyć, a poza tym są one prostsze w budowie i działaniu, więc łatwiej analizować wszelkie problemy. Korzystając z konfiguratora układów peryferyjnych, mogę wiele zadań wykonać szybko i efektywnie. Oczywiście muszą być spełnione warunki zapewnienia całkowitej funkcjonalności bez kompromisów wynikających z prostej budowy rdzenia i posiadanych zasobów. Przeanalizowana musi być również możliwość rozbudowy o nowe funkcje, jeżeli taka jest przewidywana.

Z drugiej strony każdy, kto pracuje z bardziej rozbudowanymi układami, na przykład tylko z rodziną STM32 i ma do zrobienia projekt mniej wymagający, bardzo będzie cenił możliwość użycia procesora ze znanym rdzeniem – Cortex-M0+. Całe środowisko projektowe jest wtedy identyczne. Podobne lub takie same będą też układy peryferyjne. Aplikacja może powstać bardzo szybko, bo programista praktycznie nie musi uczyć się niczego nowego i może wykorzystać swoje nawyki i przyzwyczajenia z programowania zaawansowanych projektów.

Kiedyś przeczytałem ciekawą opinię dotyczącą stosowania układów 8-bitowych. Autor sugerował, że te układy są chętniej stosowane przez inżynierów elektroników, ponieważ z racji relatywnie prostej architektury są łatwiejsze w programowaniu. Programiście jest łatwiej bezpośrednio panować nad układami peryferyjnymi, przerwaniami, bezpośrednią lokacją kodu i danych w pamięci. Układy peryferyjne są konfigurowane przez bezpośrednie zapisywanie rejestrów konfiguracyjnych. Dziś trudno zgodzić się z tą opinią. To stara szkoła programowania wymuszona przez historyczny brak wsparcia dostarczanego przez firmy zewnętrzne lub producenta mikrokontrolerów. A jeśli nawet to wsparcie istniało, to stać na nie było tylko duże firmy. Dlatego niemal wszystko trzeba było oprogramować samodzielnie. Dziś sytuacja wygląda inaczej.

Układy 32-bitowe są chętniej stosowane przez inżynierów z formalnym wykształceniem informatycznym, którzy lepiej czują się w programowaniu abstrakcyjnym, kiedy oddziela ich od sprzętu warstwa HAL (**rysunek 6**). Funkcje tej warstwy są dostarczane bezpłatnie i są dość dobrze udokumentowane. Powszechne stają się też funkcje wyższych warstw aplikacji, jak wspomniany już generator grafiki ToychGFX, czy standardowo dostarczane stosy protokołów TCP/IP, Bluetooth czy ZigBee. Młodsi inżynierowie mogą mieć mgliste pojęcie o szczegółach technicznych działania rdzenia czy układów peryferyjnych. Programowanie mikrokontrolera ma przypominać programowanie pod kontrolą systemu operacyjnego komputera PC czy pisanie aplikacji dla smartfona – jak najdalej od szczegółów technicznych

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 6. Warstwa HAL oddziela programistę od sprzętu

sprzętu. To oczywiście duże uproszczenie, ale pokazuje wpływ różnych czynników nietechnicznych na nasze wybory.

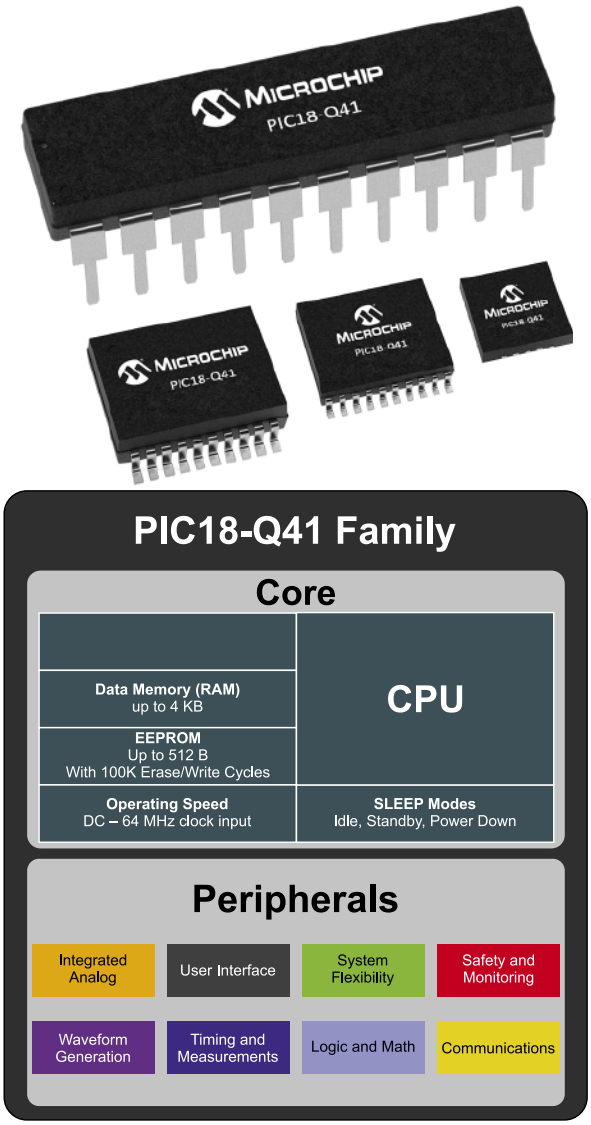
Istniejące projekty

Jeszcze nie tak dawno mikrokontrolery 8-bitowe były jedynymi dostępnymi elementami tego typu w wielu obszarach techniki. Jednostki 16-bitowe czy 32-bitowe stosowano w naprawdę wymagających systemach, a same układy oraz narzędzia programowe były bardzo kosztowne. Te uwarunkowania przyczyniły się to tego, że powstało bardzo wiele urządzeń ze sterownikami 8-bitowymi. Są dopracowane sprzętowo i programowo i pracują niezawodnie, dlatego ciągle się sprzedają. Z technicznego czy ekonomicznego punktu widzenia nie ma żadnych przesłanek, aby cokolwiek zmieniać i stosować inną architekturę dla samej zmiany. To zawsze będzie się wiązało z kosztami, problemami technicznymi, koniecznością czasochłonnego testowania, a nawet ponowną certyfikacją. W takim przypadku pozostawanie przy sprawdzonym rozwiązaniu jest optymalne, a to powoduje, że mikrokontrolery 8-bitowe są nadal potrzebne.

Jeżeli sami programujemy lub mamy w zespole programistów bardziej doświadczonych w programowaniu jednostek 8-bitowych, to jest to kolejny argument, żeby próbować dalej pracować z tymi elementami. Jak już wspomniałem – filozofia wydajnego programowania mikrokontrolerów 32-bitowych wymaga innego podejścia i doświadczenia. Trzeba albo się tego nauczyć, albo zatrudnić kogoś, kto to doświadczenie już ma, a to wiąże się z czasem i kosztami.

Innowacyjność

Z drugiej strony, jeżeli mamy produkt niemodernizowany przez lata, to brak innowacji może się stać zagrożeniem z powodu zmniejszenia lub całkowitej utraty jego konkurencyjności. Dlatego powinno się przeanalizować, czy produkt ma wymagany potencjał rozwojowy. Przy projektowaniu należy przewidywać, kiedy może nastąpić tak zwana śmierć funkcjonalna, rozumiana jako brak możliwości dodawania nowych funkcji. W zależności od przewidywanych wymagań można próbować pozostać w obszarze mikrokontrolerów 8-bitowych – one również są sukcesywnie rozwijane (**rysunek 7**), lub zacząć stosować mikrokontrolery z rdzeniem Cortex lub podobnym, choć i to nie zawsze wystarcza. Wiele lat temu zaprojektowałem urządzenie bardzo narażone na uszkodzenie z powodu pracy w środowisku silnych przepięć. Musiało ono być niezawodne, bo nieprawidłowe działanie mogło spowodować spore wymierne straty materialne klienta. Sterownik bazował najpierw na mikrokontrolerze Intel 8048, a potem na Intel 8051. Był niezawodny, dobrze się sprzedawał i klienci mieli o nim bardzo dobre zdanie. Jednak zastosowany mikrokontroler z biegiem czasu nie był w stanie sprostać rosnącym wymaganiom funkcjonalnym. Ostateczne oczekiwania wzrosły na tyle, że trzeba było zastosować układy pracujące pod kontrolą systemu Linux. Zastosowanie



Rysunek 7. Mikrokontrolery serii PIC16F18Q41 to wyjątkowo szybkie i dobrze wyposażone układy. Pracują z zasilaniem od 1,8 do 5,5 V, mogą być taktowane sygnałem o częstotliwosci do 64 MHz, a wśród układów peryferyjnych znajduje się wzmacniacz operacyjny o paśmie do 5,5 MHz, 12-bitowy ADC i 8-bitowy DAC, 8 układów czasowo-licznikowych oraz inne bloki umożliwiające np. generowanie przebiegu o określonej częstotliwości

mikrokontrolerów z rdzeniem Cortex to prosty sposób na skokowe zwiększenie możliwości sprzętowo-programowych urządzeń, które do tej pory bazowały na starszych rozwiązaniach. Zawsze powinno się rozważyć ich stosowanie w przypadku konieczności rozwoju sprzętu i oprogramowania.

Wymagania niezawodnościowe i środowiskowe

Producenci mikrokontrolerów chwalą się niskimi poborami prądu możliwymi do uzyskania przez zaprogramowanie kilku różnych trybów oszczędzania energii. Te oszczędności wynikają z jednej strony z ograniczania szybkości taktowania, a z drugiej strony z coraz niższych napięć zasilających. Niski pobór energii to zawsze zaleta, ale niskie napięcia zasilania mogą być problemem w zastosowaniach przemysłowych, bo powodują, że mikrokontroler jest bardziej wrażliwy na zakłócenia EMI.

Żeby układ pracował poprawnie w niekorzystnym środowisku, trzeba stosować szereg zabiegów technicznych zwiększających stopień skomplikowania urządzenia i w konsekwencji jego koszt. Zaprojektowanie sprzętu wymaga dużego doświadczeni a i przeprowadzania szeregu testów i badań. Trzeba pamiętać, że zakłócenia mogą się przedostawać nie tylko przez linie zasilające, ale też przez

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 8. Mikrokontrolery serii RX13 są przeznaczone do wymagających aplikacji przemysłowych. Są wyposażone sprzętowe bloki przyspieszające obliczenia oraz mogą być zasilanie napięciem 5 V

każde z wyprowadzeń mikrokontrolera: linie portów, interfejsów komunikacyjnych czy wejść przeznaczonych do pomiarów analogowych. Nieprawidłowy projekt powoduje, że urządzenie przestaje pracować prawidłowo lub ulega uszkodzeniu. Mikrokontrolery zasilane napięciem 5 V będą pobierały więcej prądu, ale jednocześnie są wyraźnie bardziej odporne na zakłócenia w stosunku do tych zasilanych napięciem 3,3 V lub 1,8 V. Jeżeli jest taka możliwość, to lepiej zastosować elementy zasilane napięciem wyższym (**rysunek 8**).

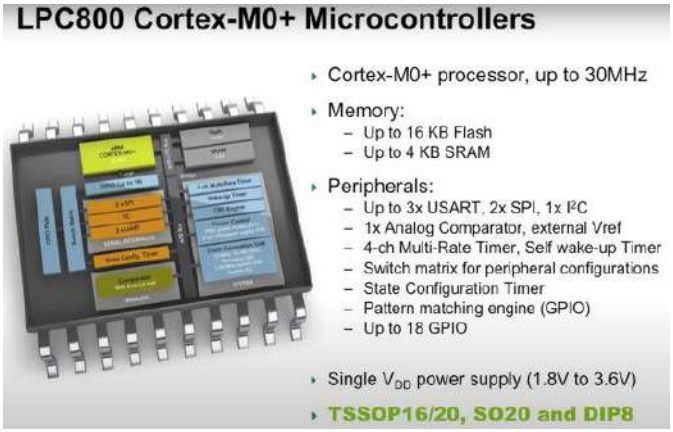
Dodatkowym czynnikiem podnoszącym odporność jest mniejsza gęstość upakowania tranzystorów na płytce krzemowej. Nowoczesne technologie produkcji pozwalają na wytwarzanie coraz mniejszych tranzystorów i coraz krótszych połączeń pomiędzy nimi. Dzięki temu układ może być tańszy, bo z jednego wafla krzemowego można wyprodukować więcej struktur mikrokontrolerów. Mniejsze rozmiary pozwalają też na szybsze taktowanie mikrokontrolera i zwiększanie jego wydajności. To oczywiste zalety, ale takie struktury są też mniej odporne na uszkodzenia spowodowane przepięciami.

Mikrokontrolery 8-bitowe mogą być zasilane napięciem od 3,3 V do 5 V, przy czym jest to napięcie zasilania rdzenia i układów peryferyjnych. Można wybrać, czy chcemy uzyskać wyższą odporność na zakłócenia i zasilać układ napięciem 5 V, czy zasilać napięciem 3,3 V i zmniejszyć pobór prądu. Spotkałem się z sytuacjami, gdzie poszukiwane były stare serie mikrokontrolerów 8-bitowych: 8051, PIC16C (PIC16F) czy STM8/7, wyprodukowanych w starej technologii i zasilanych napięciem 5 V, do pracy w środowisku szczególnie narażonym na zakłócenia EMI. Nowoczesne mikrokontrolery są zasilane napięciem 3,3 V, a sam rdzeń wymaga jeszcze niższego napiecia np. 1,8 V czy 1,1 V. Problem ten dostrzegł Microchip i wprowadził serię 16-bitowych mikrokontrolerów PIC24FVxxKA, których rdzenie mogą być zasilane napięciem do 5,5 V.

Oczywiście sterowniki, w których pracują mikrokontrolery zasilane niższym napięciem, będą również poprawnie pracowały w zakłóconym środowisku, ale może to wymagać znacznie więcej dodatkowych zabiegów. Układ zasilania musi dobrze tłumić przepięcia, a wszystkie linie powinny być dobrze zabezpieczone od przepięć, a najlepiej izolowane galwanicznie od reszty układu.

Prototypowanie

Jednym z ważniejszych elementów projektu jest prototypowanie. W bardzo wielu przypadkach powinno się zbudować układ przeznaczony do wykonania testów i dopiero gdy te testy będą zadowalające, można projektować PCB i budować prototyp. Nowoczesna mikrokontrolery często są umieszczane w obudowach trudnych do prawidłowego przylutowania bez specjalistycznego sprzętu – na przykład w obudowach BGA. To bardzo utrudnia pracę małych firm nieposiadających odpowiedniego zaplecza. Producenci mikrokontrolerów próbują temu zaradzić i oferują w bardzo korzystnych cenach moduły ewaluacyjne pozwalające na przeprowadzanie testów. To w jakiś sposób rozwiązuje problem testowania, ale dalej pozostaje problem prototypu i potem produkcyjny. Mikrokontrolery 8-bitowe ciągle są oferowane nawet w obudowach do montażu przewlekanego.

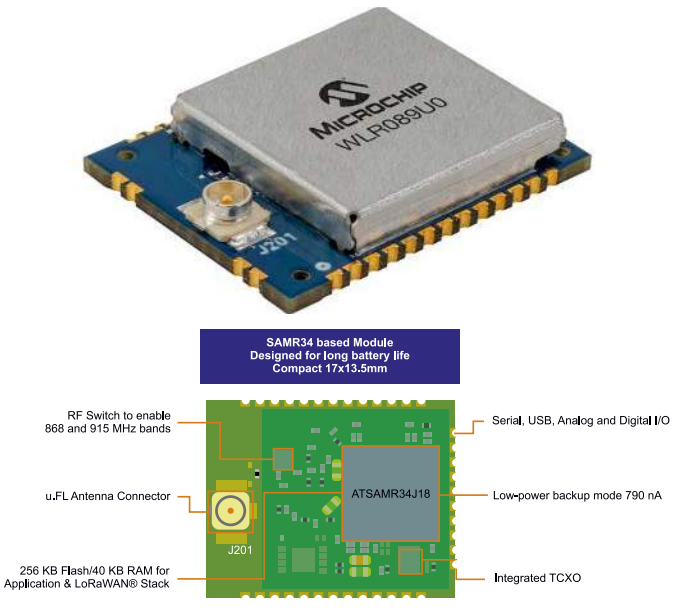


Rysunek 9. Wiele układów 32-bitowych jest dostępnych w obudowach SMD dwurzędowych – względnie łatwych w montażu

To ułatwia pracę i powoduje, że jeżeli mikrokontroler spełnia wymagania techniczne i funkcjonalne, a urządzanie ma być wykonane w krótkiej serii, to wybierana jest obudowa pozwalająca na jego wykonanie bez dodatkowych kosztów. Wygląda na to, że zapotrzebowanie na takie obudowy jest duże, bo firma Microchip swoje mikrokontrolery PIC16F nadal udostępnia również w obudowach PDIP. Natomiast wiele układów 32-bitowych dostępnych jest w obudowach SMD dwurzędowych, które można w miarę łatwo montować na PCB (**rysunek 9**).

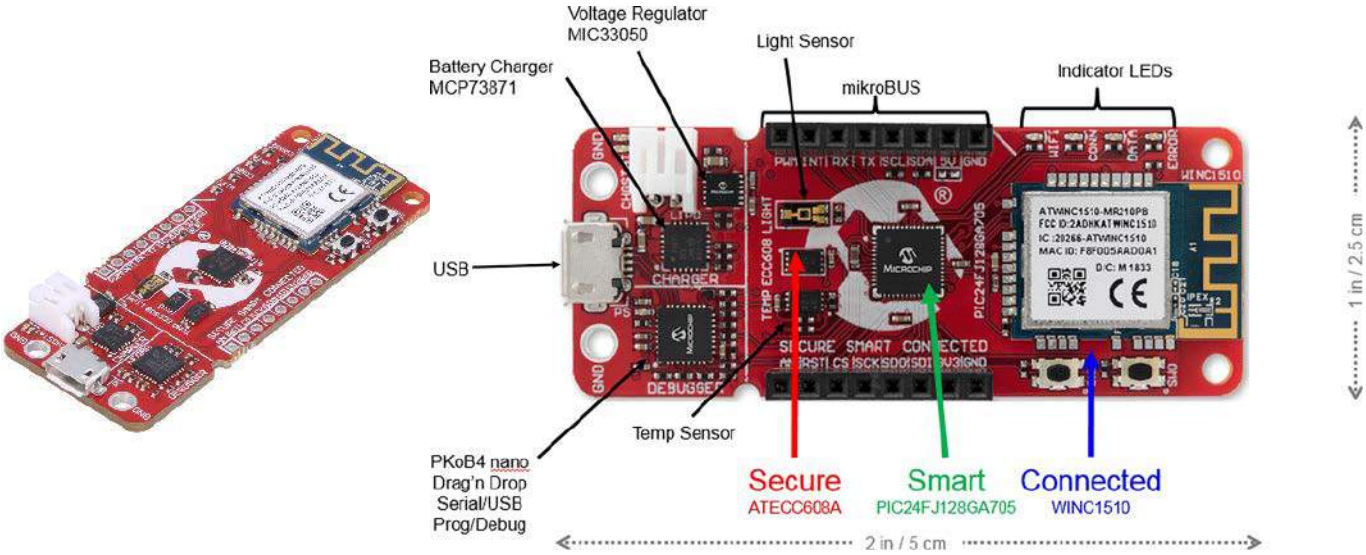
Radiowe moduły komunikacyjne

Protokoły transmisyjne przeznaczone do radiowego transferu danych mogą być bardzo rozbudowane i do ich implementacji potrzebne są określone zasoby. Pewnym kłopotem w ich implementacji jest wymagany określony czas reakcji na zdarzenia. Jeżeli aplikacja nie zareaguje w odpowiednim czasie, to prędkość transmisji spada, pojawiają się błędy lub transmisja nie może być w ogóle realizowana. Dlatego chętnie są stosowane gotowe, niezbyt drogie moduły integrujące gotową kompletną część radiową i szybki mikrokontroler zawierający w pamięci firmware obsługujący jeden lub kilka protokołów transmisyjnych (**rysunek 10**). Może to być Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee itp. Kiedy nasza aplikacja nie wykonuje skomplikowanych zadań, a potrzebuje na przykład transmisji Bluetooth, to może się okazać, że połączenie modułu komunikacyjnego z mikrokontrolerem 8-bitowym przez UART lub SPI jest zupełnie wystarczające. Z drugiej strony nawet użycie wydajnego mikrokontrolera 32-bitowego, kiedy wykonuje



Rysunek 10. Seria układów SAMR34 ma 32-bitowy rdzeń ARM Cortex-M0+ połączony z wbudowanym transceiverem radiowym UHF

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 11. Moduł AVR-IoT WA to platforma demonstracyjna bazująca na architekturze 8-bitowej mikrokontrolerów AVR. Zawiera mikrokontroler ATmega4808, układ szyfrujący ATECC608A i moduł łączności Wi-Fi WINC1510

on wymagające algorytmy sterowania, może nie wystarczyć do pełnej niezakłóconej własnej obsługi protokołów transmisyjnych.

Urządzenia IoT

Internet Rzeczy IoT to bardzo ważny obszar stosowania mikrokontrolerów. Żeby dobrze spełniały swoją funkcję, muszą być wyposażone w radiowy tor łączności zapewniający bezpieczny transfer danych i oszczędność energii. Jednoczesne spełnienie tych warunków jest trudne do realizacji. Transmisja radiowa może nie wymagać dużo energii, jeżeli jej zasięg nie jest zbyt duży. Praca w zasięgu sieci Wi-Fi, czy połączenie Bluetooth 5.0 nie musi stanowić dużego wyzwania dla zasilania układów radiowych. Wspomniane wyżej moduły radiowe znacznie ułatwiają realizację kanału łączności radiowej.

Jednak połączenia radiowe na duże odległości (powyżej 1 km) wymagają stosowania specjalnych rozwiązań. W terenach słabo zurbanizowanych, gdzie nie ma infrastruktury Wi-Fi czy nawet GPS, mogą być stosowane specjalne standardy LoRaWan integrujące rozwiązania sieciowe z systemem radiowej transmisji na duże odległości LoRa. Są mikrokontrolery, które mają w swojej strukturze gotowe moduły transceiverów, na przykład układ ATSAMR34J18B. Seria SAMR34 ma 32-bitowy rdzeń ARM Cortex-M0+ połączony z wbudowanym transceiverem UHF pracującym w pasmach 868 MHz i 915 MHz wspierającym standard LoRa z modulacją FSK (rysunek 10). Rdzeń może być taktowany maksymalną częstotliwością 48 MHz. Wbudowany moduł kryptograficzny AES ze sprzętowym generatorem liczb losowych pozwala na kodowanie transmisji i zapewnienie jej bezpieczeństwa. Takie gotowe rozwiązania wydają się idealne do aplikacji z zakresu IoT.

Urządzenia IoT nie muszą mieć wbudowanych szybkich, dobrze wyposażonych, a przez to niestety drogich mikrokontrolerów. Pojawiły się rozwiązania zawierające mikrokontrolery 8-bitowe – jednym nich jest moduł moduł AVR-IoT WA (**rysunek 11**). Jest to platforma demonstracyjna bazująca na architekturze 8-bitowej mikrokontrolerów AVR, zaprojektowana do testowania rozwiązań IoT wykorzystujących łączność Wi-Fi. Zastosowano tu mikrokontroler ATmega4808, układ szyfrujący ATECC608A i moduł łączności Wi-Fi WINC1510. To, z czym nie mógłby poradzić sobie 8-bitowy mikrokontroler, wykonają układ szyfrujący i moduł łączności. Płytka PCB jest bardziej skomplikowana, ale oprogramowanie mikrokontrolera jest prostsze, bo nie ma potrzeby programowania szyfrowania i standardu transmisji Wi-Fi. To bardzo interesująca opcja dla konstruktora.

Podsumowanie

Wybór mikrokontrolera do aplikacji nie jest ani prosty, ani oczywisty. Najlepiej jest kierować się możliwościami technicznymi i ceną. Jednak mikrokontroler jest unikalnym elementem elektronicznym. Funkcjonalność urządzenia, w którym pracuje, zależy od parametrów technicznych układu: architektury rdzenia, częstotliwości taktowania, ilości pamięci, ilości i jakości układów peryferyjnych itp. Ale najlepszy nawet mikrokontroler musi być odpowiednio oprogramowany. Tutaj pojawia się czynnik ludzki: przyzwyczajenia, poziom wiedzy czy doświadczenie.

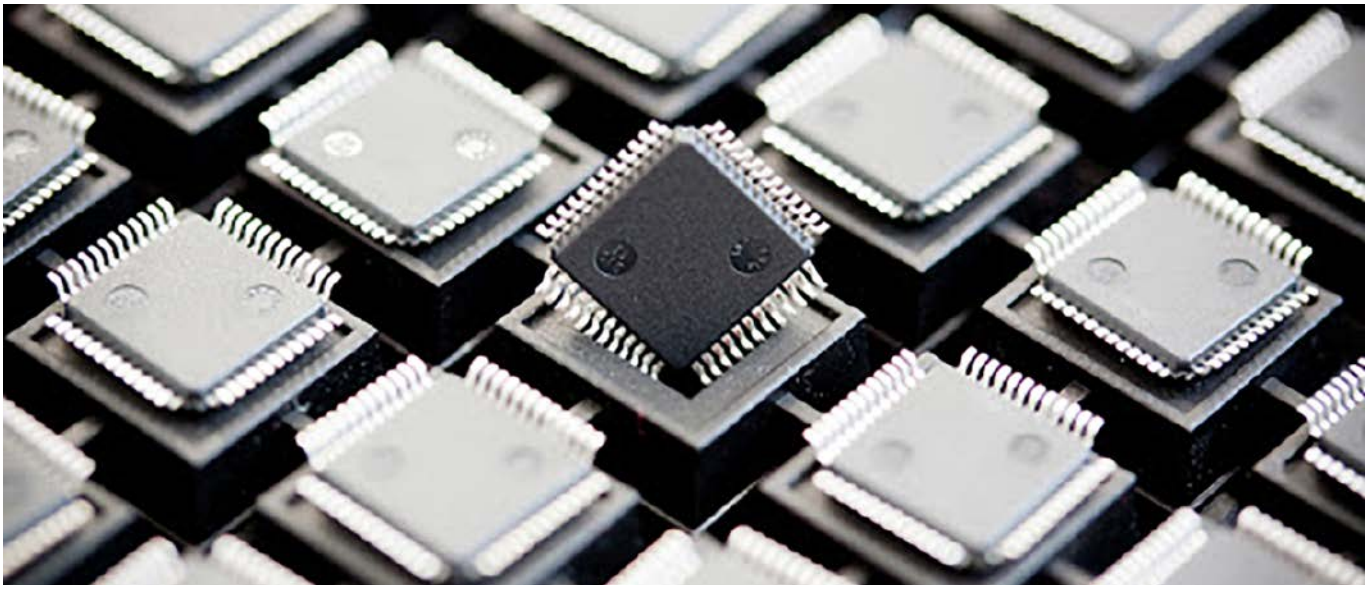
Można postawić pytanie: czy mikrokontrolery 8-bitowe zostaną zastąpione całkowicie lub prawie całkowicie przez teoretycznie lepsze mikrokontrolery 32-bitowe? Być może w dłuższej perspektywie czasu tak się stanie. Ale moim zdaniem lepiej, gdyby 8-bitowce nie zniknęły z rynku. Różnorodność oferty jest zawsze korzystna dla użytkowników i projektantów.

Szybki rozwój technologii powoduje, że coraz częściej i chętniej projektanci sięgają po jednostki jeszcze bardziej wydajne niż najbardziej popularne mikrokontrolery 32-bitowe z rdzeniem Cortex. Najbardziej znanym rozwiązaniem jest moduł Raspberry Pi pracujący pod kontrolą jednej z dystrybucji systemu Linux. Otwiera to przed projektantami zupełnie inne możliwości programowo-sprzętowe. Wymaga też przyswojenia nowej niemałej wiedzy i kolejnej zmiany nawyków. To w jakiś sposób pokazuje, że nie ma i chyba nie będzie uniwersalnego mikrokontrolera do wszystkiego. Z jednej strony potrzebujemy prostych i bardzo prostych rozwiązań i tu układy 8-bitowe radzą sobie doskonale. W części zastosowań ich użycie będzie się przenikało z układami wyposażonymi w Cortex-M0+, ale w wyborze konkretnych rozwiązań mogą, jak wiemy, decydować inne czynniki. W bardziej wymagających zastosowanych może być podobnie. Niska cena modułów pracujących pod Linuxem może kusić, aby je zastosować zamiast klasycznych rozwiązań z mikrokontrolerami.

Tomasz Jabłoński, EP

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

eprasa.pl 5a847e4771



Mikrokontrolery i pamięci dla systemów embedded

Niemal wszystkie nowoczesne urządzenia elektroniczne bazują na cyfrowych mikrokontrolerach, nawet jeśli są elementem systemu przetwarzającego sygnały analogowe. Tak szeroko zakrojona ekspansja jest efektem ciągłej ewolucji tych układów. Coraz bogatszy asortyment standardowych bloków peryferyjnych oraz rosnąca wydajność obliczeniowa i efektywność energetyczna otwierają drogę do coraz to nowych zastosowań. Z drugiej strony, wielu producentów oferuje układy ze skromniejszym wyposażeniem, ale wyspecjalizowane do realizowania określonych funkcji. Wytypowanie odpowiedniego mikrokontrolera do projektu, wśród tylu rozwiązań i wielu dodatkowych uwarunkowań, nie jest łatwe.

Więcej informacji:
Micros sp.j. W. Kędra i J. Lic
30-198 Kraków, ul. E. Godlewskiego 38
tel. +48 12 636 95 66
bok@micros.com.pl, www.micros.com.pl

Wybranie układu z dużą ilością pamięci i wieloma peryferiami jest dobrym podejściem na czas prototypowania. Gdy wersja prototypowa osiąga pełną funkcjonalność, wtedy można dokładnie określić wymagania sprzętowe i na tej podstawie wytypować bardziej ekonomicznie dopasowane rozwiązanie. Na koniec trzeba jeszcze dokładnie przeanalizować dostępność wybranych układów, ponieważ w ostatnim czasie jest to poważny problem branży elektronicznej. Współpraca z dystrybutorem elementów elektronicznych, jakim jest Micros, pozwoli sprawnie przejść przez te etapy, a ze względu na szczególnie bogatą ofertę mikrokontrolerów oraz pamięci umożliwi wybranie optymalnego rozwiązania do każdej aplikacji.

Wszechstronne i skalowalne

Bardzo popularnymi i chętnie stosowanymi mikrokontrolerami są układy od STMicroelectronics serii STM32F101, wyposażone w wydajny 32-bitowy rdzeń ARM Cortex-M3. Dostępne są w wielu wersjach różniących się listą wbudowanych peryferiów, rozmiarem pamięci oraz liczbą wyprowadzeń i obudowami. Dużą zaletą jest ich kompatybilność pinowa – dzięki temu w sytuacji zasobów sprzętowych wystarczy zmienić typ mikrokontrolera bez ingerowania w projekt PCB. Oprogramowanie również nie wymaga głębokich modyfikacji, rekonfiguracja kończy się na zmianie kilku ustawień.

Wśród układów serii STM32F101 rozróżniamy 3 grupy: Low-, Medium- oraz High-density, które określają stopień rozbudowania komponentu. Uproszczone zestawienie parametrów pokazuje **tabela 1**. W ofercie firmy Micros znajduje się kilkanaście typów układów tych serii, dostępnych na stanie magazynowym: https://bit.ly/3hqiit1.

Rozbudowane i energooszczędne

W wielu aplikacjach zasilanych bateryjnie wymagana jest wysoka wydajność układu sterującego połączona z niskim zapotrzebowaniem na energię. Takie wymagania spełniają mikrokontrolery



eprasa.pl 5a847e4771

Tabela 1. Zestawienie parametrów trzech grup układów serii STM32F101

Grupa układów	Low-density		Medium-density		High-density		
Rozmiar pamięci Flash [kB]	16	32	64	128	256	384	512
Rozmiar pamięci RAM [kB]	4	6	10	16	32	48	48
Typy układów	STM32F101x4 STM32F101x6		STM32F101x8 STM32F101xB		STM32F101xC STM32F101xD STM32F101xE		
Liczba wyprowadzeń							
144					5×USART 4×Timer 16-bitowy 2×Timer Basic 3×SPI, 2×I²C 1×ADC, 2×DAC 1×FSMC – kontroler pamięci zewnętrznej (tylko dla układów w obudowach o 100 i 144 wyprowadzeniach)		
100			3×USART 3×Timer 16-bitowy 2×SPI, 2×I²C 1×ADC				
64	2×USART 2×Timer 16-bitowy 1×SPI,1×I²C 1×ADC						
48							
36							

z rdzeniem ARM Cortex-M0+. Jedną z pierwszych grup układów tego typu, zastosowanych szeroko m.in. w płytkach do prototypowania z rodziny Arduino, są mikrokontrolery produkcji firmy Atmel (Microchip) – serie układów SAM D20 i SAM D21. Dostępne są w obudowach mających od 32 do 64 wyprowadzeń i działają z maksymalną częstotliwością taktowania wynoszącą 48 MHz. Zestawienie parametrów poszczególnych typów układów pokazuje **tabela 2**. Wśród zintegrowanych bloków peryferyjnych warto wymienić liczniki z możliwością generowania przebiegów, Atmel Event System służący do komunikacji pomiędzy peryferiami bez udziału CPU, 12-kanałowy kontroler bezpośredniego dostępu do pamięci DMA (tylko SAM D21), Peripheral Touch Controller obsługujący do 256 pól dotykowych, takich jak przyciski, suwaki czy kółka.

Ogromną zaletą tej rodziny układów jest wsparcie ze strony środowiska Arduino. Część płytek Arduino bazuje na tych układach (**fotografia 1**).



REKLAMA

Ogromna oferta MIKROKONTROLERÓW
- wielu producentów do wyboru!

Nowości w naszej ofercie:

AVR-DA z wbudowanym mikrokontrolerem czujników dotykowych od **Microchip**

Mikrokontrolery z transceiverem radiowym od **ST** - STM32WL

Nowa seria mikrokontrolerów z rdzeniem **ARM Cortex**-M33 LPC55S1x/S1x - od **NXP**

Mikrokontrolery z transceiverem RF 2.4GHz - CC2640R2F - od **TI**

Mikrokontrolery kryptograficzne **Maxim**

ARDUINO
Micros - autoryzowany dystrybutor

ORYGINALNE PŁYTKI ARDUINO

Arduino - Twoja droga do świata pełnego wynalazków



μ's MICROS
RÓŻNE ROZWIĄZANIA
JEDEN DOSTAWCA

Micros sp.j. W.Kędra i J.Lic
ul. E.Godlewskiego 38
30-198 Kraków

tel.: +48 12 636 95 66
fax: +48 12 636 93 99
e-mail: bok@micros.com.pl

B2B
www.micros.com.pl

eprasa.pl 5a847e4771

Tabela 2. Zestawienie parametrów układów firmy Atmel (Microchip) z rodziny SAM D20/SAM D21			
	SAM D21J/SAM D20J	**SAM D21G/SAM D20G**	**SAM D21E/SAM D20E**
Liczba wyprowadzeń	64	48	32
Liczba linii I/O	52	38	26
Rozmiar pamięci Flash [kB]	256/128/64/32	256/128/64/32	256/128/64/32
Rozmiar pamięci operacyjnej [kB]	32/16/8/4 (także 2 kB dla SAM D20)	32/16/8/4 (także 2 kB dla SAM D20)	32/16/8/4 (także 2 kB dla SAM D20)
Układy czasowo-licznikowe (TC, TCC)	8	6	6
Kanały DMA	12 (tylko SAM D21)	12 (tylko SAM D21)	12 (tylko SAM D21)
Interfejs USB	1 (tylko SAM D21)	1 (tylko SAM D21)	1 (tylko SAM D21)
Interfejsy szeregowe (SERCOM)	6	6	4
Interfejs I²S	1 (tylko SAM D21)	1 (tylko SAM D21)	1 (tylko SAM D21)
Liczba kanałów przetwornika ADC	20	14	10
Komparatory analogowe (AC)	2	2	2
Przetwornik DAC	1	1	1
Zegar RTC	Tak	Tak	Tak
Liczba możliwych zewnętrznych linii przerwań (External interrupt lines)	16	16	16
Kontroler interfejsu dotykowego (PTC)	16×16	12×10	10×6
Maksymalna częstotliwość taktowania	48 MHz	48 MHz	48 MHz
Źródła taktowania	32,768 kHz crystal oscillator (XOSC32K) 0,4...32 MHz crystal oscillator (XOSC) 32,768 kHz internal oscillator (OSC32K) 32 kHz ultra-low-power internal oscillator (OSCULP32K) 8 MHz high-accuracy internal oscillator (OSC8M) 48 MHz Digital Frequency Locked Loop (DFLL48M) 96 MHz (tylko SAM D21) Fractional Digital Phased Locked Loop (FDPLL96M)		
Liczba kanałów systemu Event System	8	8	8
SW Debug interface	Tak	Tak	Tak
Watchdog Timer (WDT)	Tak	Tak	Tak



Fotografia 1. W wielu płytkach rodziny Arduino stosowane są mikrokontrolery serii SAM D21, np. Arduino Zero

Tworzenie oprogramowania z użyciem Arduino IDE oznacza mnóstwo gotowych bibliotek programowych oraz ogromną bazę wiedzy w postaci tutoriali, dokumentacji i forów. W ofercie firmy Micros dostępnych jest kilkanaście różnych układów z serii SAM D21 i SAM D21: https://bit.ly/3tnbG35.

Wysokowydajne i szybkie

Pomimo dużej mocy obliczeniowej wspomnianych wcześniej układów, nie nadają się one do realizacji takich zadań, jak przetwarzanie dźwięku czy obrazu, sterowanie silnikami i napędami czy realizacja złożonych funkcji sieciowych. Do takich zadań powstały zaawansowane i szybkie mikrokontrolery, taktowane zegarami o częstotliwości 100 MHz i więcej, wyposażone w wydajne rdzenie, takie jak Cortex-M4 i DSP, czy też zawierające sprzętowe bloki do wykonywania złożonych obliczeń matematycznych, takie jak FPU. Są to specjalizowane układy, przeznaczone do zaawansowanych urządzeń. W ofercie firmy Micros znajdziemy przedstawicieli tej grupy komponentów pochodzące od wszystkich znanych producentów. Wybrane układy tej kategorii, wraz z krótką charakterystyką, zawiera **tabela 3**.

Pamięć – wyznacznik możliwości systemu

Zarówno niewielkie sterowniki cyfrowe, jak i minikomputery jednopłytkowe oprócz mikrokontrolera sterującego zawierają oddzielne układy pamięci. Prostsze konstrukcje mogą zawierać tylko niewielką pamięć do przechowywania konfiguracji i ustawień – często w tej roli stosowana jest pamięć EEPROM z interfejsem I²C lub SPI. Urządzenia przetwarzające dźwięk i obraz wymagają dużej ilości pamięci operacyjnej ze względu na skomplikowane algorytmy przetwarzania danych tego rodzaju. Zwykle są to układy pamięci SDRAM z interfejsem równoległym pozwalającym na szybkie przesyłanie dużej ilości danych. Najbardziej złożone urządzenia elektroniczne zawierają 3 rodzaje pamięci – wspomnianą już pamięć konfiguracji i ustawień EEPROM, pamięć danych SRAM/SDRAM oraz pamięć programu Flash. Przykładem takiego



eprasa.pl 5a847e4771

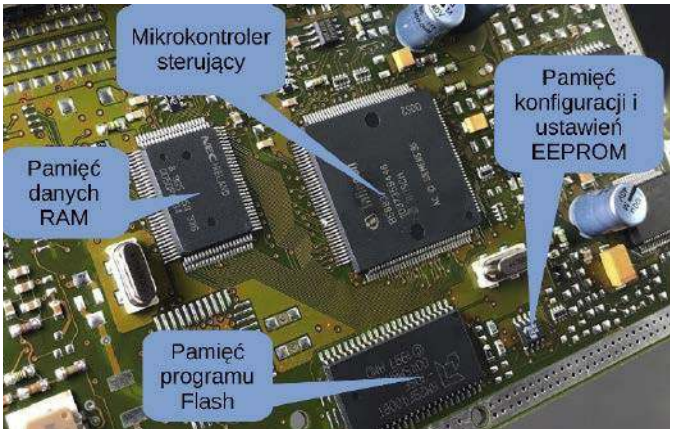
Tabela 3. Wybrane wysokowydajne mikrokontrolery różnych producentów

Producent, typ mikrokontrolera	Analog Devices, ADSP-BF531	Microchip, PIC32MZ1024	NXP, LPC4357	Renesas, R5F563N	STMicroelectronics, STM32F407	Texas Instruments, TMS320F28069
Rdzeń, maksymalna częstotliwość taktowania	Blackfin, 600 MHz	MIPS, 200 MHz	Cortex-M4, 204 MHz, Cortex-M0, 204 MHz	RX MCU, 100 MHz	Cortex-M4, 168 MHz	C28x, 90 MHz
Sprzętowe bloki obliczeniowe	2×16-bit Multiplier, 2×40-bit Accumulators, 2×40-bit ALU, 4×video ALU,	Single-cycle MAC, 4×64-bit accumulators	FPU, Single-cycle DSP	FPU, Single-cycle Multiplier, Double-cycle Divider	FPU, DSP	FPU, Multiply and Accumulate (MAC), Math accelerator
Pamięć wewnętrzna	80 kB L1 data/instruction, 4 kB L3 SRAM	1 MB Flash, 512 kB SRAM, 16 kB Instruction Cache, 4 kB Data Cache	1 MB Flash, 136 kB SRAM, 16 kB EEPROM, 40 B OTP	1 MB Flash, 128 kB SRAM, 32 kB EEPROM	1 MB Flash, 196 kB SRAM,	256 kB Flash, 100 kB SRAM, 1 kB OTP
Zarządzanie pamięcią	DMA, External SDRAM (132 MB), Flash Boot from SPI	DMA, External Bus Interface (EBI) Serial Quad Interface (SQI)	DMA, MPU, External SDRAM (512 MB), Flash Quad SPI Flash Interface	DMA, EXDMA, External SDRAM (128 MB)	DMA, MPU, External SDRAM, Flash	DMA
Funkcje specjalne	PPI Video interface, 2×serial interface supporting 8×stereo I²S	Graphics interface EBI or PMP, I2S, USB 2.0 Hi-Speed OTG Ethernet, Crypto Engine (encryption/decryption and authentication AES, DES, SHA, MD5, and HMAC), 2×CAN 2.0B, AEC-Q100	Two Cores, Ethernet, USB 2.0 High-speed host/device OTG, LCD controller, Quadrature Encoder Interface,	Ethernet, USB 2.0 Full-speed host/device, OTG, 3×CAN (ISO11898-1), Up to 20 extended-function timers, ADC, DAC, AES encryption and decryption,	LCD interface, 3×12-bit, 2.4 MSPS ADC, 2×12-bit DAC, Up to 17 timers, Ethernet, 2×CAN 2.0B USB 2.0 full-speed, device/host, OTG, Camera interface	16 channel PWM, 2×Quadrature Encoder Interface, ADC 12-bit, 3.46 MSPS, 128-Bit Security Key, CAN 2.0B, USB 2.0 full-speed, device/host

rozwiązania jest sterownik silnika – ECU, którego fragment płytki PCB został pokazany na **fotografii 2**.

W ofercie firmy Micros dostępnych jest kilkaset układów pamięci różnego typu, wszystkich znanych producentów. Na stanie magazynowym znajdują się takie układy pamięci, jak:

- EEPROM serii 24 (z interfejsem I²C) produkcji Microchip, Atmel i ST,
- EEPROM serii 25 (interfejsem SPI) produkcji Microchip, Atmel (aż do 64 kB)
- EEPROM serii 95 (z interfejsem SPI) produkcji ST,



Fotografia 2. Fragment płytki sterownika silnika samochodowego – ECU, z zaznaczonymi kluczowymi komponentami

- Flash serii 95 produkcji Microchip, Adesto,
- Flash serii 45 produkcji Atmel, Adesto,
- Flash serii K9 produkcji Samsung,
- Flash serii M29 produkcji STM, Micron (aż do 16 GB),
- FRAM (pamięć ferromagnetyczna) serii FM24 i FM25 produkcji Cypress,
- MRAM (pamięć magnetorezystancyjna) serii MR produkcji Everspin,
- SRAM serii 48 (z interfejsem SPI) produkcji Microchip,
- SDRAM serii IS42 produkcji Integrated Silicon Solution,
- SDRAM serii MT41, MT48 produkcji Micron,
- SDRAM serii W9 produkcji Winbond.



Podsumowanie

Półprzewodnikowy kryzys, którego doświadczamy, zmienił podejście konstruktorów do nowych projektów. Zamiast wybierać mikrokontrolery z dużą nadwyżką wydajności, poszukują układów, które są mniej popularne i słabiej wyposażone, ale dzięki temu dostępne teraz i w bliskiej przyszłości. Możliwość współpracy z dostawcą o tak bogatej i różnorodnej ofercie jak Micros daje dużą swobodę działań i pozwala na optymalizację projektu pod kątem wydajności i kosztów.

Micros

eprasa.pl 5a847e4771



Przenośna lampa LED RGB

Jednym z ciekawszych zastosowań kolorowego oświetlenia jest jego użycie do doświetlania zdjęć, co nadaje im unikalnego charakteru. Odpowiednio dobierając barwę, można uzyskać niepowtarzalny efekt. Typowo światło do zdjęcia zabarwia się filtrami na lampach, jednak jest to rozwiązanie niezbyt wygodne i niepraktyczne. Ciekawą alternatywą jest lampa RGB, która może świecić na dowolny kolor. W artykule zaprezentowano opis budowy i programowania kontrolera dla modułów RGB typu WS2812B. Następnie pokazano, jak zastosować taki kontroler do budowy kompaktowej, przenośnej lampy RGB, której można używać do doświetlania fotografowanej przestrzeni.

Projekt zawiera moduły RGB, czyli takie komponenty, które integrują w sobie trzy diody LED – czerwoną (*red*), zieloną (*green*) oraz niebieską (*blue*). Są to kolory podstawowe, które można sumować w różnych proporcjach dla uzyskania dowolnego koloru ze spektrum światła widzialnego. Regulując niezależnie jasność każdej z diod w module, można sterować kolorem wypadkowym. Na ogół diodami steruje się za pomocą sygnałów PWM (impulsy o zmiennym wypełnieniu), ale wiele modułów LED RGB jest wyposażonych w zintegrowane sterowniki cyfrowe, które regulują intensywność barw (generując sygnał PWM) na podstawie odpowiednich komend cyfrowych.

Moduł WS2812B jest dość popularny, ponieważ jest łatwy w użyciu i oprogramowaniu, a jednocześnie dosyć tani. Do sterowania tym modułem wymagane jest tylko jedno wyjście mikrokontrolera. Dodatkowo można je łączyć ze sobą szeregowo, dzięki czemu nawet wiele modułów można kontrolować w łatwy sposób. Dzięki temu można wybrać niewielki mikrokontroler, który ma tylko kilka wyprowadzeń GPIO, aby sterować wieloma modułami LED RGB.

Autor projektu zastosował moduł ESP-01 w roli kontrolera LED RGB. Moduł ten nie ma wielu pinów GPIO, ale jest idealny do tego projektu. Ma między innymi kompletny interfejs Wi-Fi, więc można go używać do sterowania przez Internet. Moduł RGB WS2812B korzysta tylko z jednego cyfrowego pinu do sterowania. Dzięki unikalnemu interfejsowi szeregowemu kontrolowanie tych diod jest niesamowicie proste. W środowiskach takich jak Arduino obsługa tego rodzaju modułów często jest już zaimplementowana w dostępnych bibliotekach.

Potrzebne elementy

W systemie zastosowano komponenty SMD oraz przewlekane, aby uzyskać kompaktowy moduł sterujący diodami RGB. Do zestawienia urządzenia potrzebne będą:

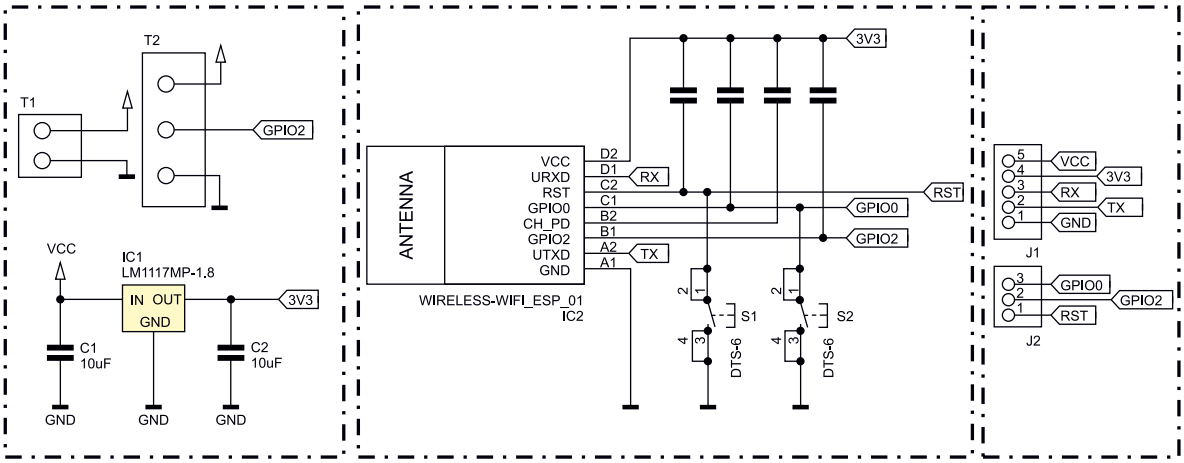
- moduł ESP-01,
- stabilizator 3,3 V LM1117,
- cztery rezystory 10 kΩ (SMD),
- dwa kondensatory 10 µF (SMD),
- dwa przyciski typu microswitch,
- złącza śrubowe (2-torowe oraz 3-torowe),
- kilka szpilek typu goldpin.

Schemat układu

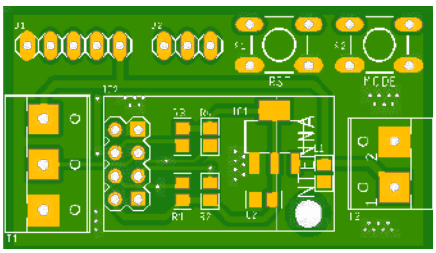
W systemie zaimplementowano najprostszy, podstawowy schemat użycia modułu ESP-01. Rezystor 10 kΩ służy do podciągnięcia pinów konfiguracyjnych ESP-01, wymuszając tryb normalnej pracy. W systemie są dwa przyciski – jeden służy do restartowania systemu, a drugi do uruchomienia trybu programowania. Jak pokazano na **rysunku 1**, przyciski podłączone są pod linie RST oraz GPIO0. Jest to bardzo istotne, gdyż pozwala na wykorzystanie wbudowanego w ESP-01 bootloadera i programowanie mikrokontrolera przez prosty interfejs UART.

Złącze goldpin o 5 wyprowadzeniach (J1) służy do programowania ESP-01. Odbywa

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 1. Schemat kontrolera modułów LED RGB



Rysunek 2. Rysunek płytki drukowanej kontrolera LED RGB

się to poprzez podłączenie modułu do portu USB z użyciem emulatora portu szeregowego. W razie potrzeby do programowania posłużyć może dodatkowe złącze z trzema pinami (J2). Na płytce, która została pokazana na **rysunku 2**, widać także dwa większe złącza. Mniejsze, 2-pinowe, służy do podłączania do układu zewnętrznego zasilacza. Złącze z trzema pinami służy do podłączenia modułu z diodą (lub diodami) WS2812B.

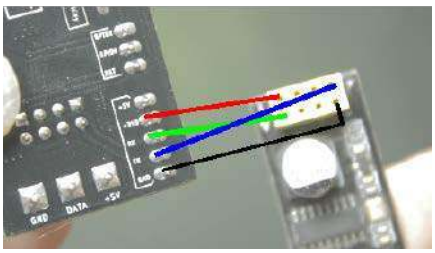
Na płytce znajduje się także stabilizator IC1. Jest to liniowy stabilizator LDO, który stabilizuje napięcie zasilania dla ESP-01 do wartości 3,3 V z zasilania wejściowego o napięciu 5 V. Stabilizatorowi towarzyszą dwa kondensatory, które są konieczne do zapewnienia mu stabilnej pracy.

Na stronie z projektem (link znajduje się na końcu artykułu) są pliki schematu oraz płytki drukowanej, wykonane w programie Eagle. To pozwala każdemu zainteresowanemu na pobranie i wygenerowanie plików produkcyjnych do projektu. W ten sposób można je zamówić w wybranym przez siebie zakładzie (autor projektu zamawiał je w PCBWay). Na **fotografii 1** pokazano gotowy, zmontowany moduł.

Oprogramowanie firmware

Oprogramowanie samego kontrolera bazuje na przykładzie pochodzącym z biblioteki WS2812 FX dla Arduino, opracowanej przez Harma Aldicka. Skrypt, który służy do sterowania modułem LED RGB, pozwala na kontrolowanie jego działania poprzez sieć. Na **listingu 1** (treść listingu 1, ze względu na znaczną objętość, jest dostępna w materiałach dodatkowych do artykułu i na stronie EP.com.pl) zaprezentowano, w jaki sposób mikrokontroler hostuje stronę web. W skrypcie tym trzeba zmodyfikować nazwę SSID oraz hasło do naszej sieci, aby moduł z ESP mógł zalogować się do naszej sieci Wi-Fi. Jeżeli chcemy, aby pracował on ze stałym IP (domyślnie korzysta z DHCP w sieci), należy odkomentować odpowiednią linię oraz uzupełnić adres IP urządzenia, bramy i maskę sieci.

Z skryptu na listingu 1 usunięto elementy odpowiedzialne za komunikację poprzez port szeregowy – są one istotne tylko na etapie debugowania, oraz definicję funkcji zapewniających interfejs sieciowy. Do jego działania potrzebne są jeszcze dodatkowe pliki (*index.html.cpp* oraz *index.js.cpp*), które znajdują się w repozytorium. Szkic korzysta z biblioteki *WS2812FX.h*, która ma wszystkie zaawansowane funkcje do obsługi modułów z rodziny WS2812.



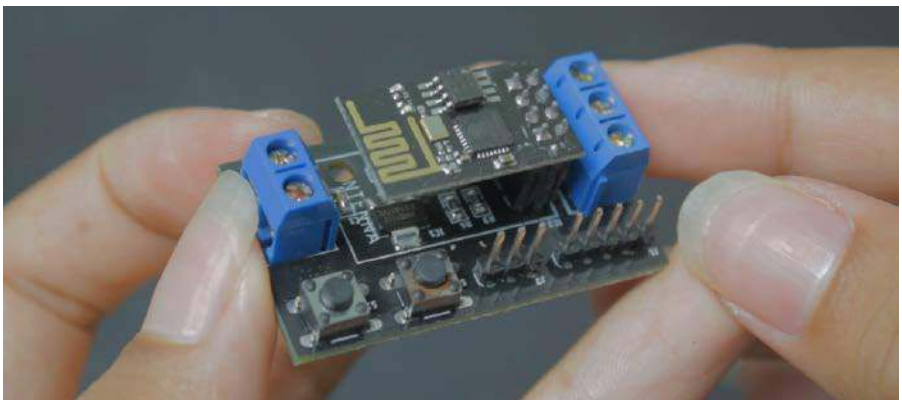
Rysunek 3. Sposób podłączania wyprowadzeń interfejsu UART do modułu ESP-01

Programowanie

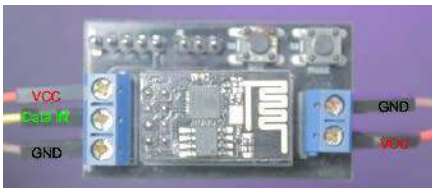
Aby zaprogramować moduł ESP-01, będziemy potrzebowali przejściówki USB-UART z wyjściem 3,3 V TTL. Można ją podłączyć bezpośrednio do modułu ESP-01, jak pokazano na **rysunku 3**, lub do 5-pinowego złącza na płytce kontrolera, zgodnie z oznaczeniami na schemacie układu (rysunek 1). Do przeprowadzenia programowania niezbędne jest środowisko Arduino IDE. Po upewnieniu się, że posiadamy na komputerze wymaganą bibliotekę *WS2812FX.h* oraz pobrane z repozytorium GitHub pliki szkicu, można skompilować całość, a następnie załadować do modułu. Aby przetestować działanie, należy dołączyć moduł LED RGB i zasilanie, tak jak pokazano na **rysunku 4**.

Obudowa

Lampa zawiera opisany powyżej kontroler oraz panel RGB, który stanowi macierz 8×8 modułów LED RGB. Cały system

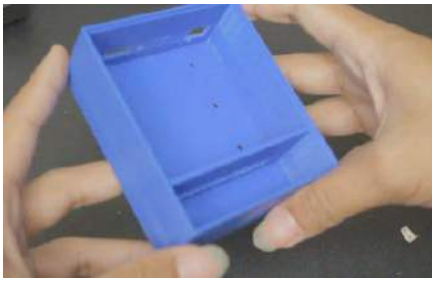


Fotografia 1. Zmontowany kontroler LED RGB

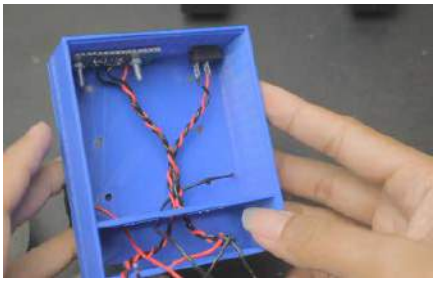


Rysunek 4. Kontroler RGB podłączony do modułu LED (po lewej stronie) i zasilania (po prawej stronie)

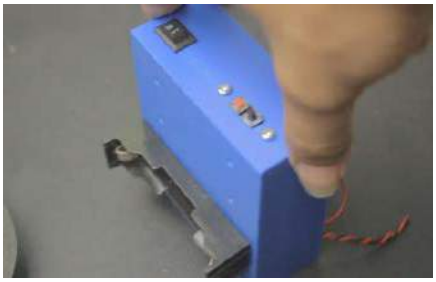
eprasa.pl 5a847e4771



Fotografia 2. Obudowa lampy RGB



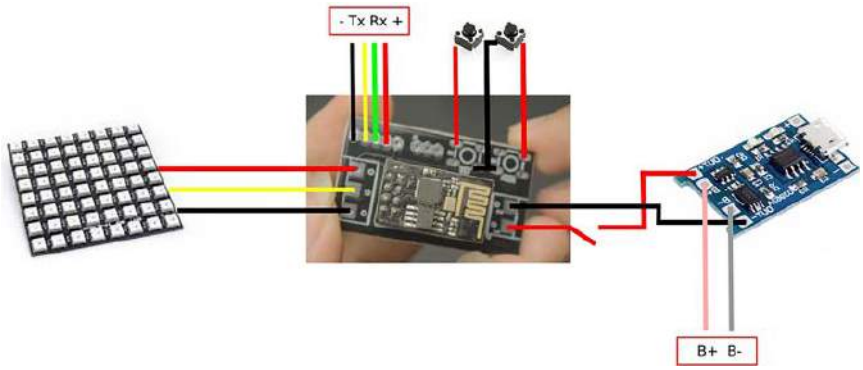
Fotografia 3. Sposób zamocowania przycisków w obudowie



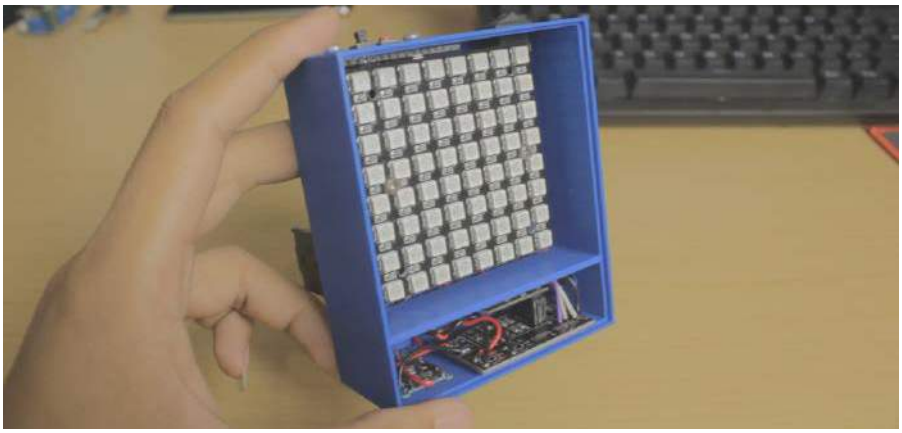
uzupełnia akumulator typu 18650, zasilający całość i czyniący całe urządzenie przenośnym. Obudowa lampy wykonana jest w technologii druku 3D. Projekt obudowy można pobrać ze strony z projektem. Jest ona relatywnie prostą konstrukcją otwartą z jednej strony. Jak widać na **fotografii 2**, jest ona podzielona na dwie sekcje – jedną, w której znajduje się elektronika i drugą, gdzie instalowany jest panel z modułami WS2812B.

Koszyk dla akumulatora instalowany jest na zewnątrz, na tylnej ścianie lampki. Po wydrukowaniu i wykończeniu obudowy można umieścić w niej przyciski i przełączniki, które następnie podłączone zostaną do kontrolera. Na **fotografii 3** pokazano sposób osadzenia przycisków w obudowie.

Aby uprościć proces montażu, w kontrolerze nie zainstalowano złączy, a przewody zostały przylutowane bezpośrednio do kontrolera. Schemat połączenia poszczególnych elementów pokazano na **rysunku 5**. Po połączeniu wszystkich elementów możliwe jest osadzenie obu kluczowych płytek w obudowie, aby uzyskać konstrukcje taką, jak pokazano na **fotografii tytułowej**.



Rysunek 5. Schemat połączeń komponentów



Fotografia 4. Gotowa lampa RGB

Oprogramowanie

Oprogramowanie, które opracował autor, jest dość proste. Pozwala na wyświetlanie kilku kolorów. Aby zmienić kolor, wystarczy raz nacisnąć przycisk trybu. Można dodać dowolny inny kolor lampy, po prostu modyfikując kilka linijek kodu, gdzie zawarto definicję barw. Kod źródłowy tej aplikacji zaprezentowano na **listingu 2**. Aby uprościć działanie systemu, szkic ten wykorzystuje bibliotekę *Adafruit_NeoPixel.h*, która również pozwala na obsługę diod RGB, takich jak WS2812B.

Podsumowanie

Gotowa lampa doskonale oświetla biurko. Na **fotografii 5** pokazano, w jaki sposób różne oświetlenie może zmieniać zdjęcie. Teraz każdy może osiągnąć podobne efekty samodzielnie.

Kontroler może sterować większą liczbą paneli RGB, aby uzyskać lampę o większym natężeniu światła. Należy tylko pamiętać o dostarczeniu do diod odpowiedniego zasilania.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:
https://bit.ly/3DbtpiH
https://bit.ly/387CN8K
https://bit.ly/3gmOigM
https://bit.ly/3zaGd6q







Fotografia 5. Przykładowe fotografie wykonane przy różnym oświetleniu lampy RGB

eprasa.pl 5a847e4771

Listing 2. Kod źródłowy aplikacji kontrolującej lampę RGB

```
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
#ifdef __AVR__
 #include <avr/power.h> // Wymagane do działania 16 MHz Adafruit Trinket
#endif

#define PIN        2    // Pin podłączenia diody
#define NUMPIXELS  64   // Liczba diod
#define BUTTON     0    // Pin podłączenia przycisku

Adafruit_NeoPixel pixels(NUMPIXELS, PIN, NEO_GRB + NEO_KHZ800);

int button;
int count;

void setup() {
  pixels.begin(); // Inicjalizacja obiektu NeoPixel
  pixels.setBrightness(255);
  pinMode(BUTTON, INPUT);
}

void loop() {
  button = digitalRead(BUTTON);
  pixels.clear();

  if(button == 0){
    count++;
    delay(300);
    if(count==1){
      for(int i=0; i<NUMPIXELS; i++) {
      pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(128,128,128));
      }
      }
    pixels.show();
    }

    if(count==2){
      for(int i=0; i<NUMPIXELS; i++) {
      pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(255,0,0));
      }
    pixels.show();
    }

    if(count==3){
      for(int i=0; i<NUMPIXELS; i++) {
      pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(0,255,0));
      }
      pixels.show();
    }

    if(count==4){
      for(int i=0; i<NUMPIXELS; i++) {
      pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(128,225,0));
      }
      pixels.show();
    }

    if(count==5){
      for(int i=0; i<NUMPIXELS; i++) {
      pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(0,0,255));
      }
      pixels.show();
    }

    if(count==6){
      for(int i=0; i<NUMPIXELS; i++) {
      pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(0,128,255));
      }
      pixels.show();
    }

    if(count==7){
      for(int i=0; i<NUMPIXELS; i++) {
      pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(255,128,0));
      }
      pixels.show();
    }

    if(count==8){
      for(int i=0; i<NUMPIXELS; i++) {
      pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(255,255,0));
      }
      pixels.show();
    }

    if(count==9){
      for(int i=0; i<NUMPIXELS; i++) {
      pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(0,25,255));
      }
      pixels.show();
    }

    if(count==10){
      for(int i=0; i<NUMPIXELS; i++) {
      pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(127,0,255));
      }
      pixels.show();
    }

    if(count==11){
      for(int i=0; i<NUMPIXELS; i++) {
      pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(255,0,255));
      }
      pixels.show();
    }

    if(count==12){
      for(int i=0; i<NUMPIXELS; i++) {
      pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(255,0,127));
      }
      pixels.show();
      count=0;
    }

  }
```

REKLAMA

KLUB APLIKANTÓW PRÓBEK
KAP
www.ep.com.pl/KAP

W kontaktach z firmami redakcja często otrzymuje do przetestowania próbki podzespołów, modułów, a nawet całych urządzeń elektronicznych. Są to zwykle najnowsze typy/modele produktów na rynku. Z chęci podzielenia się z Czytelnikami tymi próbkami zrodziła się inicjatywa pod nazwą Klub Aplikantów Próbek.

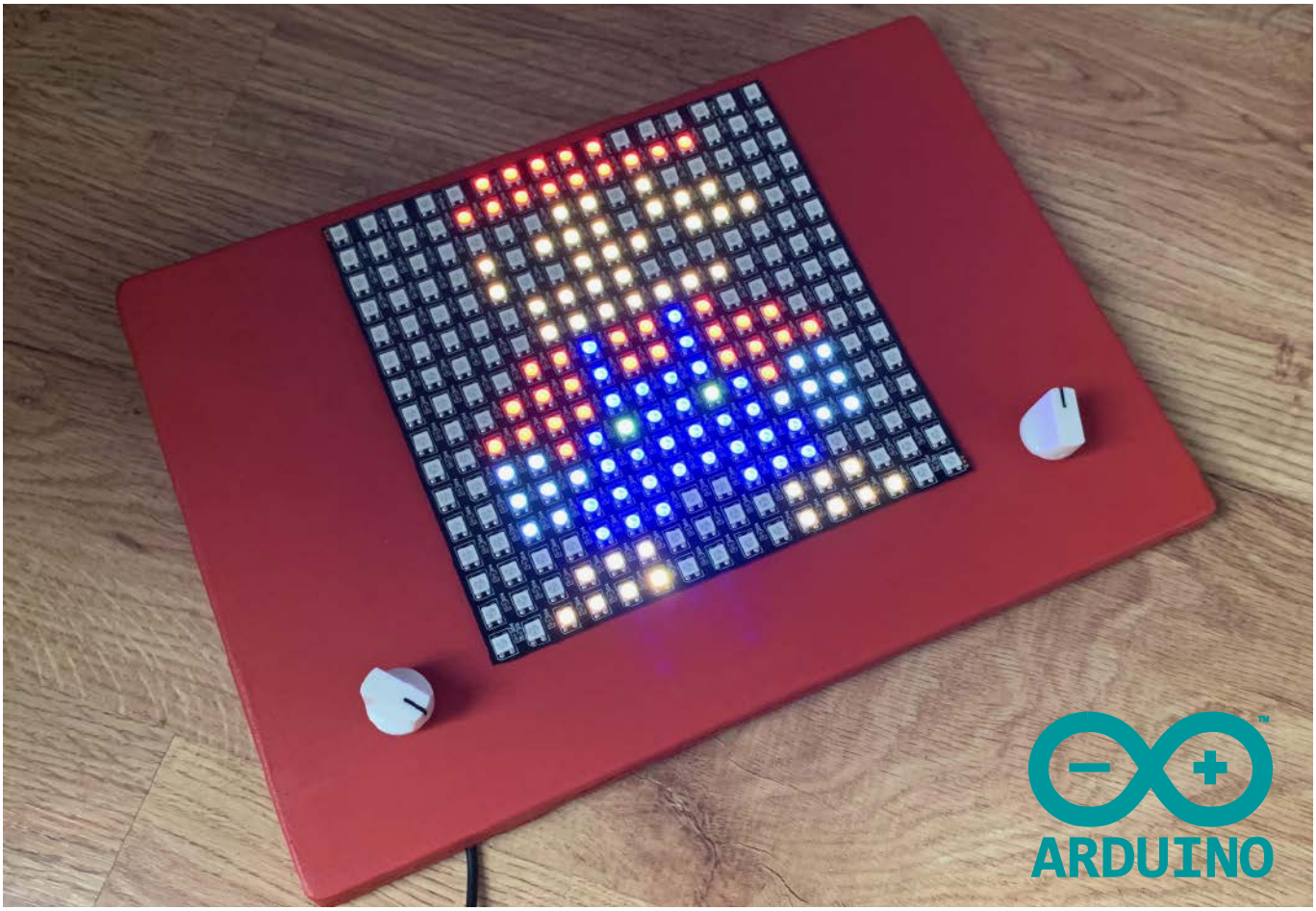
Członkiem KAP staje się każdy, kto zgłosi chęć przetestowania próbki. Wykaz i krótki opis próbek, którymi dysponuje redakcja EP, można znaleźć na stronie www.ep.com.pl/KAP. Warto dopisać jaki jest plan zastosowania tych próbek. Nie jest to konieczne, ale może mieć znaczenie przy podziale próbek w przypadku większej liczby zgłoszeń. Mile widziane, choć nieobowiązkowe, jest też przysłanie do redakcji EP opisu wykonanej aplikacji próbek, oczywiście po jej wykonaniu z zastosowaniem otrzymanej próbki. Autorom przysłanych opisów przyznamy punkty, które będą im dawały pierwszeństwo przy ubieganiu się o kolejne próbki. Najciekawsze opisy aplikacji opublikujemy na forum ep.com.pl lub na łamach „Elektroniki Praktycznej".

Dla pełnej jasności jeszcze raz podkreślamy, że próbki przekazujemy bezpłatnie i nie trzeba ich zwracać do redakcji. Z uwagi na ograniczoną liczbę dostępnych próbek i niemałe zainteresowanie nimi, prosimy o opisanie swojego pomysłu na projekt na naszym forum internetowym, w dziale poświęconym Klubowi Aplikantów Próbek https://forum.ep.com.pl/viewforum.php?f=80.

Ponadto, by zwiększyć swoje szanse na bycie wybranym do realizacji projektu w oparciu o nasze próbki, należy polubić fanpage „Elektroniki Praktycznej" na Facebooku (https://facebook.com/ElektronikaPraktyczna) oraz udostępnić post, w którym opisujemy rozdawane próbki. W przypadku podobnie interesujących pomysłów na projekty, będziemy uwzględniać to jako dodatkowe kryterium wyboru.

https://ep.com.pl/nowosci/kap

eprasa.pl 5a847e4771



LED-owy znikopis RGB

Znikopis to popularna zabawka dla dzieci, wymyślona w połowie XX wieku we Francji. Oryginalny znikopis to prosty ploter – za pomocą dwóch pokręteł przemieszcza się rysik, który przesuwa aluminiowy proszek, tworzący obraz. Jak sugeruje nazwa, rysunek może łatwo „zniknąć" – wystarczy potrząsnąć zabawką, a kreski z aluminiowego proszku znikają. Zaprezentowany w artykule projekt przenosi to urządzenie w XXI wiek. Jest obsługiwane w identyczny sposób, jednak do wyświetlania obrazów zastosowano diody LED RGB.

Zaprezentowana konstrukcja to bardzo ciekawy projekt, który korzysta ze znanego mechanizmu obsługi klasycznej mechanicznej zabawki i łączy go z nowoczesną elektroniką. Sercem całego układu jest moduł Arduino, który kontroluje macierz diod RGB i steruje nimi zgodnie z ruchami dwóch enkoderów obrotowych.

To nowoczesne podejście do starego klasyka pozwala tworzyć kolorowe pikselowe obrazki, przez dwa obrotowe enkodery, które kontrolują poziomą i pionową pozycję kursora.

Działanie układu jest bardzo proste. Kliknięcie enkodera pozwala na zmianę koloru. Obracanie lewym enkoderem przesuwa kursor w lewo i w prawo. Naciśnięcie go przechodzi do przodu przez tablicę ośmiu kolorów. Przekręcanie prawego enkodera przesuwa kursor w górę i w dół. Naciśnięcie powoduje zmianę koloru w drugim kierunku tablicy. Po przesunięciu kursora wybrany kolor pozostaje w poprzednim „pikselu". Kursor jest jaśniejszy niż inne piksele, dzięki czemu można łatwo zobaczyć, gdzie się znajduje w danym momencie.

Potrzebne elementy

Do zbudowania tej konstrukcji będą potrzebne następujące komponenty:

- moduł Arduino Nano,
- dwa enkodery obrotowe z wbudowanymi przyciskami,
- dwie plastikowe nakładki – pokrętła, na osie enkoderów,
- matryca 16×16 z diod WS2812B,
- płytka uniwersalna lub stykowa,
- przewody do wykonania połączeń (15 sztuk),
- zasilacz 5 V o wydajności odpowiedniej do zasilenia Arduino i tak dużej liczby diod RGB LED (w teorii nawet do 13 A, jeśli planujemy zapalić wszystkie diody naraz na biało, w praktyce nie więcej niż 5 A).

Następnie, jeśli chcemy skonstruować obudowę taką jak w prezentowanym urządzeniu, będziemy musieli mieć:

- płytę MDF lub sklejkę,
- klej do drewna,
- czerwoną farbę,
- klej na goraco.

Budowa układu

Opisywana konstrukcja jest całkiem prosta. Składa się z zaledwie kilku modułów elektronicznych, połączonych ze sobą i umieszczonych w estetycznej obudowie. Na **rysunku 1** został pokazany schemat elektryczny układu. Masy i linie zasilania obu

eprasa.pl 5a847e4771

Listing 1. Kod programu kontrolującego LED-owy znikopis

```
//  https://github.com/FastLED/FastLED
#include <FastLED.h>
//  https://github.com/AaronLiddiment/LEDMatrix
#include <LEDMatrix.h>

// Kolejne 6 linii definiuje rodzaj macierzy LED
#define LED_PIN        10     // Pin do którego podłączone są LEDy
#define COLOR_ORDER    GRB    // Kolejność kolorów w konfiguracji diody
#define CHIPSET        WS2812 // Rodzaj diody RGB
// Ustaw wartość ujemną, jeśli fizyczna dioda 0
// ma być po drugiej stronie logicznej diody 0
#define MATRIX_WIDTH   -16
// Ustaw wartość ujemną, jeśli fizyczna dioda 0
// ma być po drugiej stronie logicznej diody 0
#define MATRIX_HEIGHT  -16
// Rodzaj połączenia macierzy (patrz dokumentacja LEDMatrix.h)
#define MATRIX_TYPE    VERTICAL_ZIGZAG_MATRIX

cLEDMatrix<MATRIX_WIDTH, MATRIX_HEIGHT, MATRIX_TYPE> leds;

// Enkoder A - Ruch poziomy
int horizontalA = 9;  // DT
int horizontalB = 8;  // CLK
int buttonA = 7;    // Przycisk
int btnA;          // Wartość przycisku A
int horizontalALast;
int horizontal, horizontalCursor = 0;
unsigned char encoder_horizontalA;
unsigned char encoder_horizontalB;
unsigned char encoder_horizontalA_prev = 0;

// Enkoder B - Ruch pionowy
int verticalA = 6;    // DT
int verticalB = 5;    // CLK
int buttonB = 4;    // Przycisk
int btnB;          // Wartość przycisku B
int verticalALast;
int vertical, verticalCursor = 0;
unsigned char encoder_verticalA;
unsigned char encoder_verticalB;
unsigned char encoder_verticalA_prev = 0;
unsigned long currentTime;
unsigned long loopTime;
bool moved = false;

// Tablica kolorów
const int numberColours = 9; // Liczba kolorów
unsigned long colours[numberColours][2] = {
  {0xFF0000, 0x330000},
  {0xFF6600, 0x331100},
  {0xFFFF00, 0x333300},
  {0x00FF00, 0x003300},
  {0x00FFFF, 0x001111},
  {0x0000FF, 0x000033},
  {0xFF00FF, 0x330033},
  {0xFFFFFF, 0x111111},
  {0x111111, 0x000000}
};
int currentColour = 0;

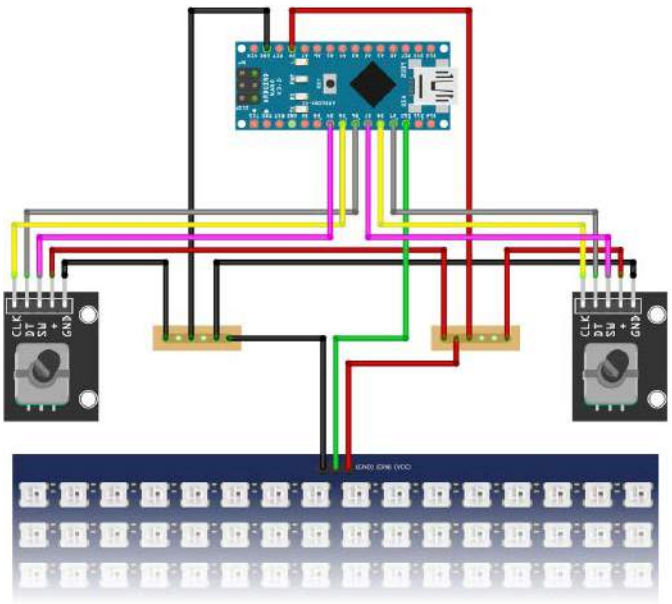
void setup() {
  FastLED.addLeds<CHIPSET, LED_PIN, COLOR_ORDER>(leds[0], leds.Size());
  FastLED.setBrightness(255);
  int colourBounce = 1;
  for (int i = 0; i < 16; i++){
    leds.DrawLine(0, i, 15, i, colours[currentColour][0]);
    leds.DrawLine(i, 0, i, 15, colours[currentColour][0]);
    FastLED.show();
    delay(25);
    leds.DrawLine(0, i, 15, i, CRGB(0, 0, 0));
    leds.DrawLine(i, 0, i, 15, CRGB(0, 0, 0));
    currentColour = currentColour + colourBounce;
    if (i == 7) {
      colourBounce = -1;
    }
  }
  FastLED.clear(true);
  // Enkoder A - Poziomy
  pinMode (horizontalA, INPUT);
  pinMode (horizontalB, INPUT);
  pinMode (buttonA, INPUT);
  horizontalALast = digitalRead(horizontalA);
  // Enkoder B - Pionowy
  pinMode (verticalA, INPUT);
  pinMode (verticalB, INPUT);
  pinMode (buttonB, INPUT);
  verticalALast = digitalRead(verticalA);
  currentTime = millis();
  loopTime = currentTime;
}

void loop() {
  currentTime = millis();       // Pobierz aktualny czas
  if (currentTime >= (loopTime + 5)) {  // Odczytaj piny enkodera
    encoder_horizontalA = digitalRead(horizontalA);
    encoder_horizontalB = digitalRead(horizontalB);
    encoder_verticalA = digitalRead(verticalA);
    encoder_verticalB = digitalRead(verticalB);
    btnA = digitalRead(buttonA);    // Stan przycisków A
    btnB = digitalRead(buttonB);    // Stan przycisków B

    if (btnA == 0) {
      currentColour++;
      if (currentColour > (numberColours - 1)) {
        currentColour = 0;
      }
      delay(500);
    }
```

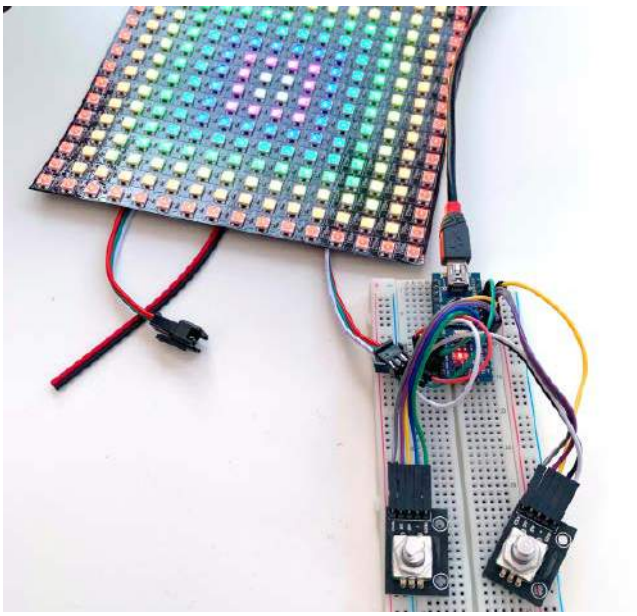
modułów z enkoderami oraz macierzy RGB LED połączone są ze sobą we wspólnych punktach, do których należy dołączyć zasilacz. Każdy z enkoderów dołączony jest za pomocą trzech linii GPIO do modułu Arduino – są to CLK, DT oraz SW. Dwie pierwsze to sygnały impulsów z enkodera – A oraz B, a SW to sygnał z wbudowanego w enkoder przycisku.

Macierz diod RGB podłączona jest do mikrokontrolera za pomocą zaledwie jednej linii cyfrowej – diody WS2812B połączone



Rysunek 1. Schemat elektryczny układu

są kaskadowo, dzięki czemu nie ma konieczności zużywania większej liczby linii GPIO. Zmontowany na płytce stykowej układ został pokazany na **fotografii 1**.



Fotografia 1. Układ zmontowany na płytce stykowej

Obudowa układu została wykonana z płyty MDF o grubości 6 mm. Dwie warstwy tej płyty sklejone zostały ze sobą w taki

eprasa.pl 5a847e4771



Fotografia 2. Elementy obudowy wykonane z płyty MDF

sposób, że formują zagłębienie, co pokazano na **fotografii 2**. W nim umieszczone są wszystkie elementy elektroniczne konstruowanej zabawki. Enkodery obrotowe zamocowane są za pomocą dostarczonych z nimi nakrętek, pozostałe elementy zamocowane są za pomocą kleju na ciepło. Jeśli chcemy zbudować urządzenie w takiej samej obudowie, to na **fotografii 3** zostało pokazane rozmieszczenie komponentów na tylnej ściance. Macierz diod RGB instalowana jest z drugiej strony – na frontowej ściance.

Oprogramowanie

Kluczowym elementem tego projektu jest oprogramowanie, które kontroluje pracę urządzenia. Zanim przystąpimy do kompilacji szkicu w Arduino IDE, konieczne jest zainstalowanie dwóch bibliotek – FastLED i LEDMatrix. Można je pobrać z repozytoriów na GitHubie (linki znajdują się na końcu artykułu). Szkic dla Arduino IDE został pokazany na **listingu 1**.

Nie wszystkie panele LED są skonfigurowane w ten sam wzór. Biblioteka LEDMatrix zawiera różne konfiguracje, może być konieczne poeksperymentowanie z wierszami 14, 15 i 16, zależnie od zastosowanej przez nas macierzy LED RGB i jej wewnętrznych połączeń. Więcej informacji znaleźć można w dokumentacji biblioteki LEDMatrix.

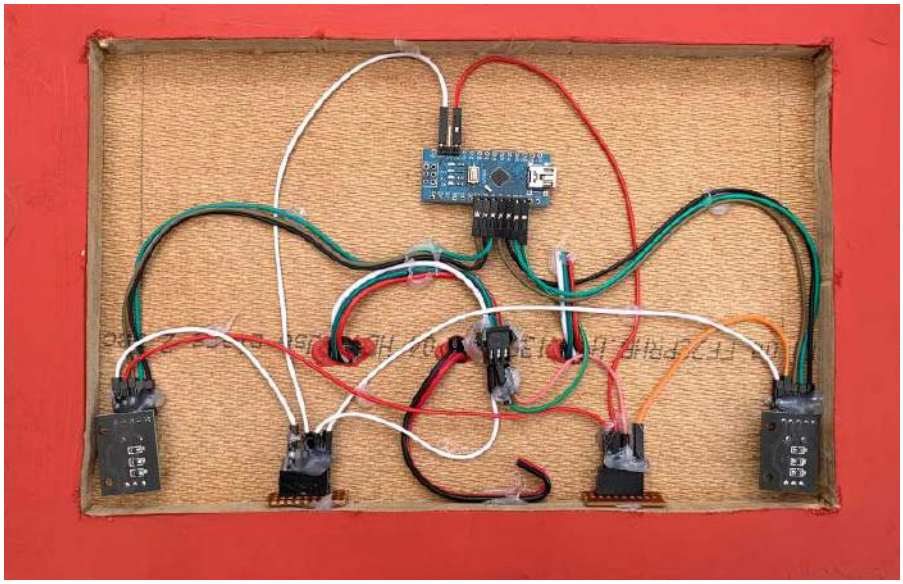
Nikodem Czechowski, EP

Źródła

- https://bit.ly/3yJB04h
- https://bit.ly/3DKeewS
- https://bit.ly/3mTaOlH

Listing 1. cd.

```
    if (btnB == 0) {
      currentColour--;
      if (currentColour < 0) {
        currentColour = numberColours - 1;
      }
      delay(500);
    }
    // Enkoder A
    if ((!encoder_horizontalA) && (encoder_horizontalA_prev)) {
      // Zbocze opadające sygnału A
      if (encoder_horizontalB) {
        // Sygnał B jest w stanie wysokiem,
        // więc obrót w kierunku przeciwnym do wskazówek zegara
        if (horizontalCursor > 0) {
          horizontalCursor --;
          moved = true;
        }
      }
      else {
        // Sygnał B jest w stanie niskim,
        // więc obrót w kierunku wskazówek zegara
        if (horizontalCursor < 15) {
          horizontalCursor ++;
          moved = true;
        }
      }
    }
    // Store value of A for next time
    encoder_horizontalA_prev = encoder_horizontalA;
    // Enkoder B
    if ((!encoder_verticalA) && (encoder_verticalA_prev)) {
      // Zbocze opadające sygnału A
      if (encoder_verticalB) {
        // Sygnał B jest w stanie wysokiem,
        // więc obrót w kierunku przeciwnym do wskazówek zegara
        if (verticalCursor < 15) {
          verticalCursor ++;
          moved = true;
        }
      } else {
        // Sygnał B jest w stanie niskim,
        // więc obrót w kierunku wskazówek zegara
        if (verticalCursor > 0) {
          verticalCursor --;
          moved = true;
        }
      }
    }
    // Przechowuje wartość A
    encoder_verticalA_prev = encoder_verticalA;
    // Aktualizuje czas pętli
    loopTime = currentTime;
    leds(horizontalCursor, verticalCursor) = colours[currentColour][0];
    // Ruch aktywnej diody LED
    if (moved) {
      leds(horizontal, vertical) = colours[currentColour][1];
      horizontal = horizontalCursor;
      vertical = verticalCursor;
      moved = false;
    }
    FastLED.show();
  }
}
```



Fotografia 3. Elektronika rozmieszczona w obudowie (widok od tyłu)

https://www.facebook.com/ElektronikaPraktyczna

eprasa.pl 5a847e4771



Projektowanie sterownika dla diod LED dużej mocy

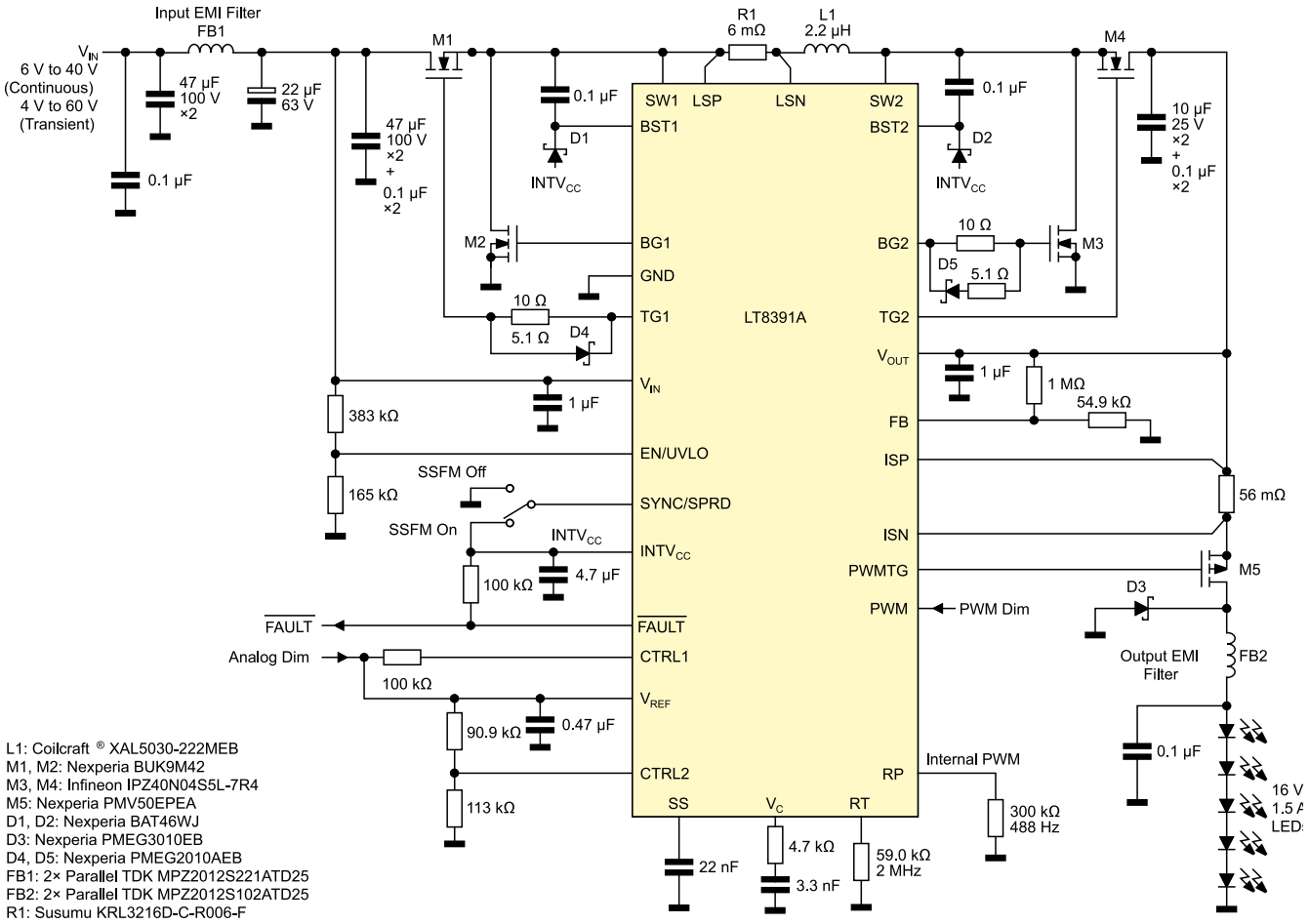
Sterowniki diod LED są jednym z kluczowych elementów, które pozwalają na ich efektywne (i efektowne) aplikacje w wielu segmentach rynku. Znajdują zastosowanie w oświetleniu domów, sklepów czy też, jako światła drogowe samochodów. Każda z tych aplikacji ma inne wymagania, ale we wszystkich konieczny jest niewielki rozmiar i wysoka sprawność rozwiązania.

Diody LED zasilane są metodą tzw. prądową, to znaczy, że parametrem, który jest stabilizowany i regulowany, w przypadku tego rodzaju źródła światła, jest płynący prąd, a nie przyłożone napięcie, jak jest w większości elementów elektronicznych. Z uwagi na to wymagają one zupełnie innej grupy układów dostarczających zasilanie niż stabilizatory napięcia, do których jesteśmy przyzwyczajeni. W poniższym artykule zaprezentujemy przykładowy projekt drivera diod LED, który jest przeznaczony do zastosowań motoryzacyjnych, ale sprawdzi się także i w innych systemach, gdzie konieczna jest stabilizacja prądu dla diod LED.

Nowoczesne reflektory samochodowe zawierają diody LED, które realizują wszystkie funkcje – światła drogowe i mijania, światła do jazdy dziennej, czasami nawet światła sygnalizacyjne i inne, połączone w jednym reflektorze. Komponenty tego zestawu mogą mieć bardzo różne wymagania dotyczące sterowników, w tym wymagania dotyczące napięcia i prądu, topologii, poziomów mocy, czy też mogą wymagać funkcji ściemniania. Spełnienie tych wymagań oznacza zwykle zastosowanie oddzielnych sterowników dla poszczególnych sekcji reflektora. Korzystanie z wielu sterowników nie tylko komplikuje projekt, listę potrzebnych elementów czy proces produkcji, ale może utrudnić spełnienie wymagań, dotyczących norm emisji elektromagnetycznej. Każdy dodatkowy sterownik dodaje swoje zakłócenia o wysokiej częstotliwości, co komplikuje analizę EMI, rozwiązywanie problemów i ich łagodzenie.

Reflektory hybrydowe dla każdej marki i każdego modelu samochodu mogą być wyposażone w różne diody LED. Uwzględniając prądy, napięcia i inne parametry, to generalnie moduł taki wymaga około 30 W mocy sumarycznej. Mając to na uwadze, można dobrać taki sterownik, który spełni wszystkie wymagania zasilania sekcji reflektora – tak pod względem funkcjonalnym, jak i elektrycznym. Taki układ musi uwzględniać stosunkowo szeroki zakres napięć zasilających z akumulatora i, przy użyciu topologii buck-boost, przetwarzać to napięcie na szeroki zakres napięć do zasilania łańcuchów diod LED. Dodatkowo musi być niewielki i wymagać niewielu elementów zewnętrznych, aby końcowa konstrukcja łatwo dopasowała się

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 1. Schemat podstawowej implementacji drivera LED, bazującego na sterowniku buck-boost LT8391A. Układ pracuje przy częstotliwości kluczowania 2 MHz z napięciem wyjściowym równym 16 V i prądem diod równym 1,5 A. Spełnia wymagania normy CISPR 25 klasy 5, jeśli chodzi o zakłócenia elektromagnetyczne

do ograniczeń przestrzennych modułu. Finalnie, układ taki musi wytwarzać niewielki poziom zakłóceń elektromagnetycznych, aby zminimalizować wysiłki projektowe i wyeliminować potrzebę stosowania np. kosztownych metalowych ekranowanych obudów. Sterownik musi też wykazywać się wysoką sprawnością, aby produkował mało ciepła – to ułatwia chłodzenie i pozwala zaprojektować kompaktowy układ a jednocześnie przekłada się na niewielkie zużycie energii.

Wszystkie te wymagania spełnia kontroler przetwornicy buck-boost typu LT8391A. Ten zintegrowany kontroler pracuje z zegarem do 2 MHz i ma wszystkie funkcje, potrzebne do sterowania całym zestawem reflektorów za pomocą jednego układu.

W przypadku wszystkich zasilaczy, niezależnie od aplikacji, bardzo istotnym zagadnieniem jest kompatybilność elektromagnetyczna. Dotyczy to zwłaszcza lamp LED zasilanych impulsowymi stabilizatorami prądu. Z biegiem czasu powstał szereg różnych standardów pomiaru, oceny i dokumentacji zakłóceń generowanych przez światła LED. Zakłócenia elektromagnetyczne mogą mieć poważne konsekwencje. Niespełniające norm żarówki LED (które w jakiś sposób udało się „wypchnąć" ich producentom czy importerom na rynek) mogą np. zakłócać transmisje radiowe, co może powodować pogorszenie jakości działania sieci Wi-Fi w naszym domu, czy też wręcz uniemożliwić działanie systemów takich, jak zdalne sterowanie bramy garażowej. Zakłócenia generowane przez zasilacz impulsowy są częściowo przewodzone, a częściowo emitowane. Dlatego mogą być przenoszone przez linie zasilające, a także magnetycznie lub pojemnościowo sprzężone z sąsiednimi segmentami obwodu. Emisje te zwykle nie są destrukcyjne, ale mogą prowadzić do nieprawidłowego funkcjonowania sąsiednich elementów obwodu.

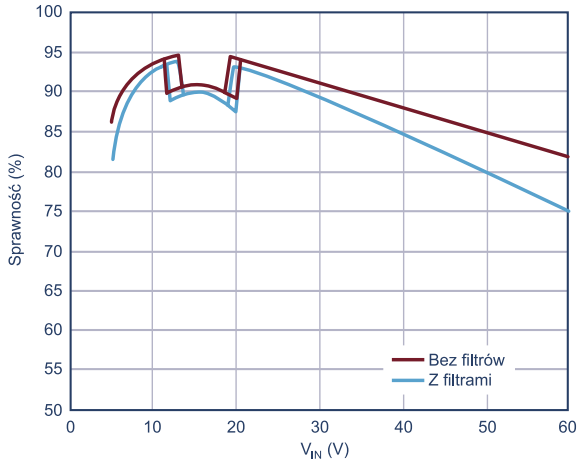
Istnieje wiele norm dotyczących bezpieczeństwa i emisji światła LED. Głównym z nich jest CISPR 11 oraz 25. Ta druga będzie leżeć w centrum zainteresowania tego projektu, gdyż dotyczy zastosowań motoryzacyjnych. Istnieje wiele innych zasad i przepisów, w tym ISO, IEC, FCC, CENELEC, SAE i innych, opartych na standardach CISPR.

Układ LT8391A

Kontroler przetwornicy o topologii buck-boost typu LT8391A jest przeznaczony do regulacji prądu diod LED. Bardzo wysoka prędkość przełączania – 2 MHz, umożliwia zastosowanie pojedynczej, małej cewki indukcyjnej i jest gwarantem niewielkich ogólnych rozmiarów całego systemu sterującego diodami LED o dużej mocy. W przeciwieństwie do monolitycznych przetwornic, których klucze mocy są zawarte w układzie scalonym, kontrolery takie jak LT8391A mogą sterować zewnętrznymi kluczami mocy o znacznie wyższych prądach szczytowych, dochodzących do 10 A czy nawet więcej. Tak wysokie prądy szczytowe uszkodziłyby układy scalone w małych obudowach, jakie typowo stosowane są do przetwornic zintegrowanych. Natomiast kontroler z zewnętrznymi tranzystorami MOSFET może sterować znacznie większą mocą.

Typowe klucze MOSFET mają wymiary około 3×3 mm. Mogą być one rozmieszczone blisko układu kontrolera, jak i kondensatorów, które formują razem tzw. gorącą pętlę, o której więcej napiszemy w dalszej części artykułu, poświęconej optymalizowaniu PCB pod kątem minimalizacji zakłóceń elektromagnetycznych. Unikalna architektura pomiaru prądu pozwala na umieszczenie rezystora pomiarowego obok cewki indukcyjnej mocy, co lokuje go poza krytycznymi gorącymi pętlami wejścia i wyjścia. Zmniejsza to poziom zakłóceń elektromagnetycznych. Opcjonalna modulacja częstotliwości przełączania w postaci tzw. widma rozproszonego SSFM (*Spread Spectrum Frequency Modulation*) polega na modulacji częstotliwości w wąskim

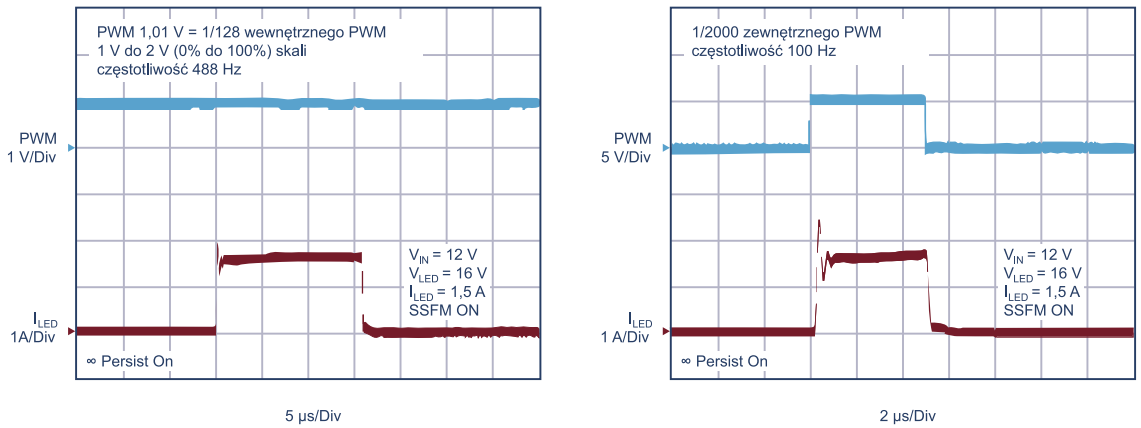
eprasa.pl 5a847e4771



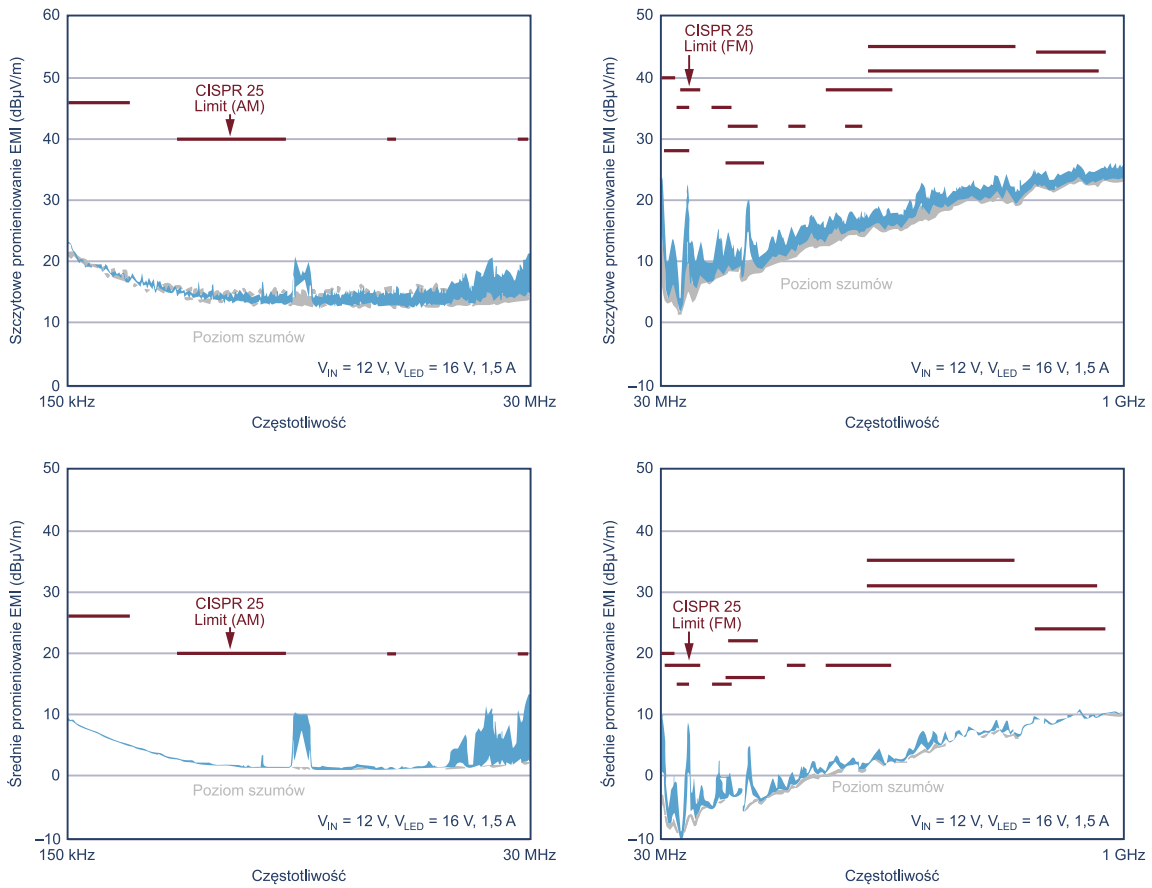
Rysunek 2. Sprawność układu w funkcji napięcia wejściowego układu z rysunku 1. Sprawność pokazana jest z filtrami EMI (bordowa krzywa) i bez tych elementów (niebieska krzywa)

przedziale, dzięki czemu energia EMI rozkłada się na szerszym zakresie pasma i dodatkowo zmniejsza EMI sterownika.

Na **rysunku 1** został pokazany schemat przykładowej aplikacji kontrolera typu LT8391A. Odznacza się sprawnością aż 93% z filtrami EMI i rezystorami bramkowymi (jak pokazano na **rysunku 2)**. Sprawność układu może być o 1...2% wyższa, jeśli usunie się opcjonalne komponenty tłumiące EMI. Dzięki dobrze dobranym kompaktowym tranzystorom MOSFET (obudowy o wymiarach 3×3 mm) i pojedynczej cewce indukcyjnej dużej mocy wzrost temperatury w tym systemie jest niewielki, nawet przy poborze mocy na poziomie 24 W. Przy napięciu wejściowym 12 V żaden element nie podnosi swojej temperatury o więcej niż 25°C powyżej temperatury otoczenia. Przy napięciu wejściowym 6 V najgorętszy komponent rozgrzewa się do niecałych 50°C, przy standardowej 4-warstwowej płytce drukowanej i bez radiatora czy wymuszonego przepływu powietrza. Nadal system ten pracuje przy pełnym obciążeniu równym 24 W w obliczu stanów przejściowych z napięciem wejściowym spadającym do 4,3 V. Jeśli napięcie spada niżej lub na dłuższy czas, prąd obciążenia może być

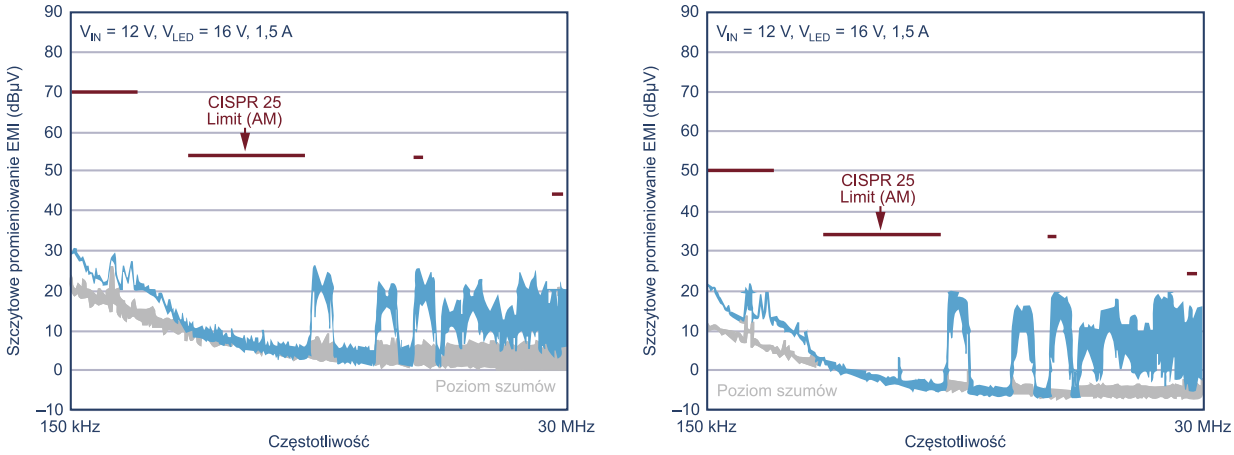


Rysunek 3. Ściemnianie PWM z użyciem wewnętrznych i zewnętrznych opcji PWM – odpowiednio 1% i 0,05%



Rysunek 4. Obwód demonstracyjny LT8391A DC2575A spełnia wymogi CISPR 25 klasy 5 dla emitowanych zakłóceń elektromagnetycznych

eprasa.pl 5a847e4771

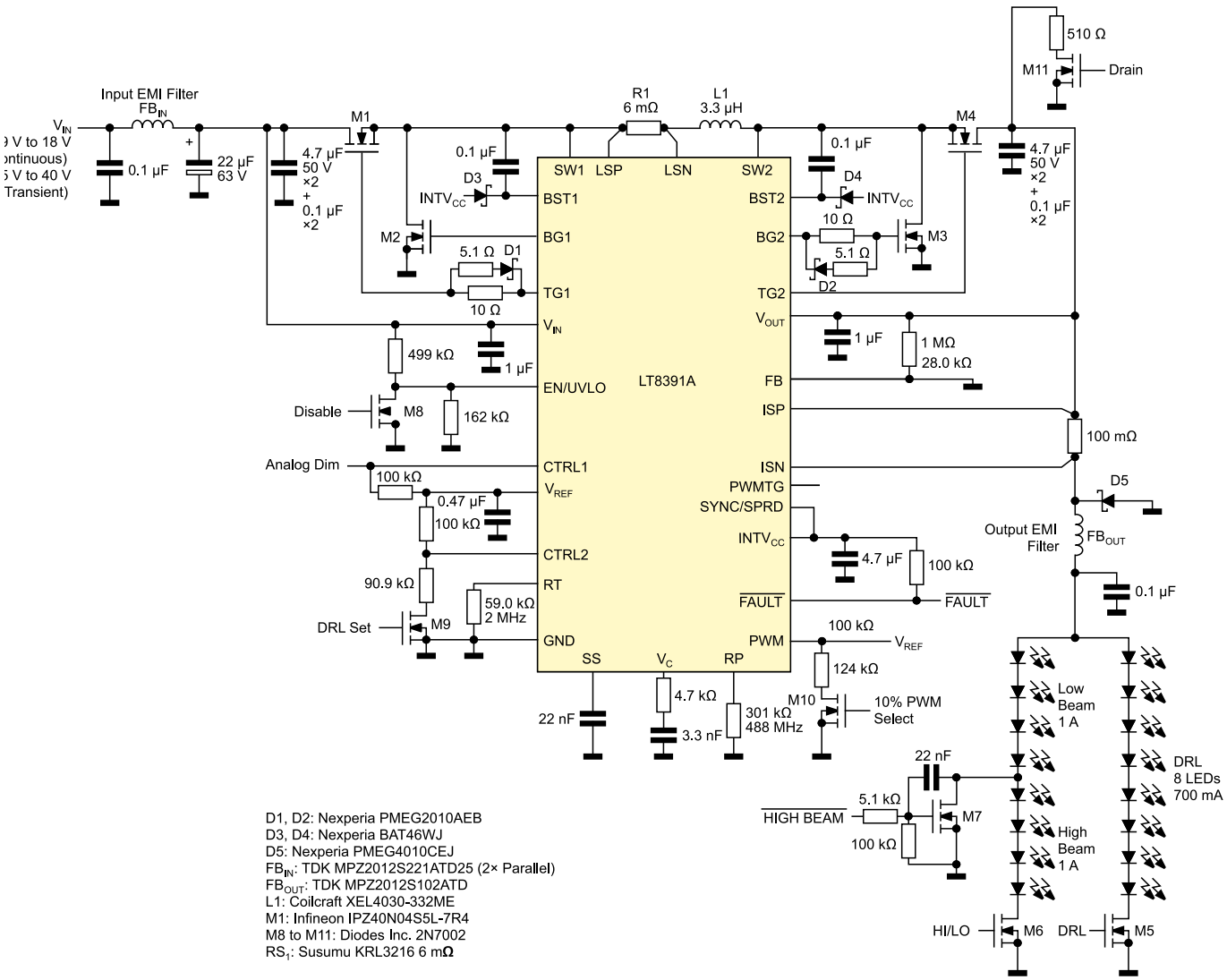


Rysunek 5. Obwód demonstracyjny LT8391A DC2575A spełnia wymogi CISPR 25 klasy 5 dla przewodzonych zakłóceń elektromagnetycznych

zredukowany poprzez ściemnianie analogowe lub PWM. Rezystor pomiarowy, dobrany dla układów pracujących z prądem wyjściowym od 8 A do 10 A, umożliwia uzyskanie dużej mocy przy niskim napięciu wejściowym.

Układ LT8391A ma najnowsze funkcje ściemniania PWM i aktywną ochronę przed rozwarciem wyjścia. Ta synchroniczna przetwornica w topologii buck-boost stabilizuje prąd płynący przez szereg diod LED o napięciu, które może, ale nie musi leżeć w zakresie napięcia zasilania systemu. Zasilanie może pochodzić, na przykład, z akumulatora samochodu osobowego (od 9 V do 16 V) lub ciężarówki (od 18 V do 32 V). Układ może pracować z napięciem już od 4 V, jakie występuje podczas rozruchu auta. Wytrzymuje również napięcia do 60 V pojawiające się na liniach zasilania w systemach motoryzacyjnych.

Wspomniane ściemnianie PWM umożliwia na uzyskanie stosunku natężenia 2000:1 przy 120 Hz, a układ pozwala na użycie wewnętrznego generatora ściemniania PWM w celu uzyskania dokładnego współczynnika ściemniania 128:1 bez potrzeby korzystania z zewnętrznego zegara dla sygnału PWM (**rysunek 3**), upraszczając całą konstrukcję.



Rysunek 6. Schemat drivera LED LT8391A dla zestaw reflektorów do świateł mijania, drogowych i do jazdy dziennej

eprasa.pl 5a847e4771

Norma CISPR 25 EMI do zastosowań motoryzacyjnych

Układ z rysunku 1 jest przeznaczony do reflektorów samochodowych. Wykorzystuje on komponenty kwalifikowane zgodnie z AEC-Q100 i spełnia normy promieniowania elektromagnetycznego wg normy CISPR 25 klasy 5. Modulacja częstotliwości kluczowania zmniejsza poziom EMI, a jednocześnie oferuje działanie bez migotania, umożliwiając przyciemnianie diod za pomocą PWM.

Mały rozmiar systemu podkreśla niewielka cewka indukcyjna oraz małe wejściowe i wyjściowe filtry przeciwzakłóceniowe. W przypadku przetwornic przełączanych z częstotliwością tak wysoką, jak 2 MHz nie są potrzebne duże filtry LC, a do redukcji EMI wysokiej częstotliwości wystarczą niewielkie koraliki ferrytowe

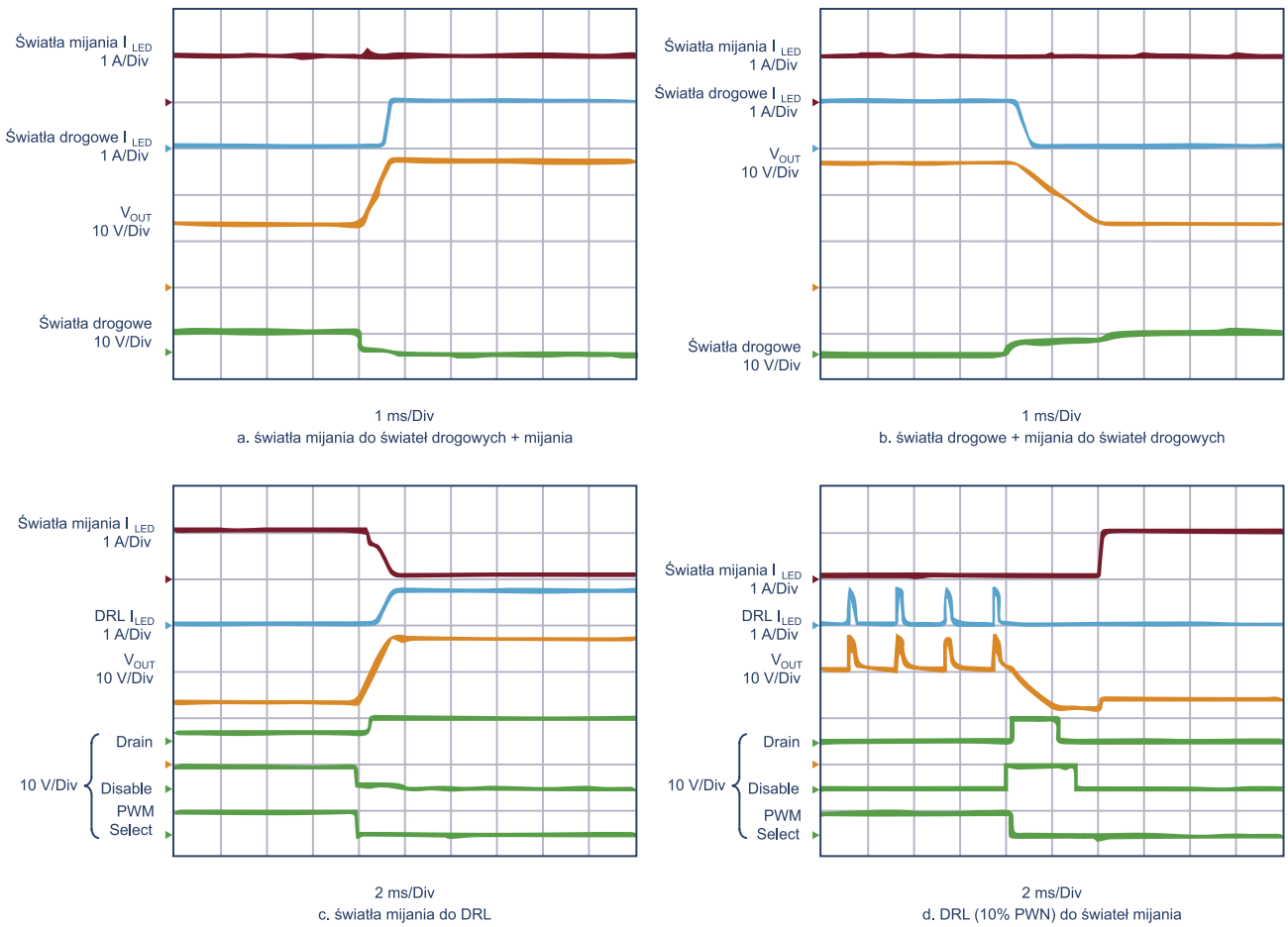
Typowe przetwornice impulsowe dużej mocy nie są w stanie spełnić wymagań EMI w motoryzacji. Klucze i cewki o dużej mocy umieszczone na dużych płytkach drukowanych obok dużych kondensatorów mogą tworzyć niepożądane „gorące" pętle, zwłaszcza gdy dołączony jest do nich duży opornik. Unikalna topologia buck-boost kontrolera LT8391A usuwa rezystor pomiarowy z gorącej pętli obu kluczy – buck i boost – zapewniając niższy poziom zakłóceń elektromagnetycznych, generowanych przez system.

Wykresy pokazane na **rysunku 4** oraz **rysunku 5** przedstawiają zmierzone widmo emisji elektromagnetycznej EMI dla sterownika LED o mocy 24 W z rysunku 1. Pomimo częstotliwości roboczej kluczy tego kontrolera równej 2 MHz i mocy 24 W, przetwornica ta przechodzi pozytywnie badania pod kątem promieniowanych i przewodzonych emisjii EMI zgodnie z normą CISPR 25 klasy 5. Klasa 5 to najbardziej rygorystyczny poziom wymagań tej normy i cel większości projektantów systemów samochodowych. Przetworniki, które nie mogą przejść testów na zgodność z klasą 5, nie są instalowane w pojazdach lub muszą być ekranowane metalowymi obudowami – osłonami przed promieniowaniem elektromagnetycznym. Nawet jeśli masywność osłony nie stwarza problemów montażowych, dodanie ich do systemu zwiększa jego koszt.

Architektura buck-boost do zastosowań wielowiązkowych

Zestawy reflektorów LED mogą być, dzięki nowoczesnej technologii, zarówno zaskakująco innowacyjne, jak i artystycznie kreatywne. Światła drogowe i mijania można wyposażyć dodatkowo w ładne światła do jazdy dziennej. Ponieważ światła do jazdy dziennej są potrzebne tylko wtedy, gdy światła drogowe oraz mijania są wyłączone, pojedynczy sterownik LED może być używany do zasilania diod LED świateł drogowych i mijania, jak i świateł do jazdy dziennej. System może jednak działać w ten sposób tylko wtedy, gdy zastosowany sterownik LED ma elastycznie regulowane napięcie wyjściowe i może zarówno zwiększać, jak i zmniejszać jego wartość poniżej i powyżej napięcia, które zasila moduł. Przetwornica o topologii typu buck-boost spełnia właśnie to wymaganie.

Sterownik wielowiązkowej lampy LED pracuje w topologii typu buck-boost. Schemat takiej aplikacji układu LT8391A pokazany jest na **rysunku 6**. Układ ten może sterować napięciem ciągu diod LED w zakresie od 3 V do 34 V. Umożliwia to sterowanie szeregowo połączonymi diodami świateł mijania i realizację świateł drogowych poprzez dodanie dodatkowych diod LED do ciągu świateł mijania. Ten sam sterownik przełącza i napędza również światła do jazdy w dzień o wyższym napięciu, ale o niższym prądzie diod. Przełączanie z diod LED świateł mijania na połączone ciągi świateł mijania i drogowych nie generuje skoków napięcia wyjściowego ani prądu diody LED, jak pokazano na **rysunku 7a**. Kontroler LT8391A może płynnie przechodzić między obszarami działania tylko w topologii boost, 4-kluczowym buck-boost i tylko w topologii buck. Zmiana z małej liczby diod



Rysunek 7. Przebiegi pokazujące płynne przełączanie między światłami drogowymi, mijania i do jazdy dziennej dla aplikacji kontrolera LT8391A z rysunku 6

eprasa.pl 5a847e4771

LED na dużą liczbę diod LED bez powodowania powstania szpilki napięcia diod jest sporym wyzwaniem dla przetwornicy, ale obwód pokazany na rysunku 6 realizuje to z łatwością. Przełączenie z powrotem ze świateł drogowych i świateł mijania na zwykłe światła mijania jest również bardzo czyste, bez żadnych szkodliwych dla diod elektroluminescencyjnych impulsów, jak pokazano na **rysunku 7b**.

To samo dotyczy przełączania do i z ciągu diod LED świateł DRL. Na **rysunku 7c** pokazano, w jaki sposób światła mijania są wyłączane, a DRL jest płynnie podłączany do kondensatora wyjściowego. Nawet prąd LED zmienia się z 1 A (światła drogowe i mijania) na 700 mA (8 diod LED świateł DRL) bez żadnych problemów. Można również dodać inne diody LED np. do sygnalizatorów skrętu (kierunkowskazów), a w miejsce DRL podłączyć inne diody, używane do sygnalizacji w aucie, na przykład światło stopu. **Rysunek 7d** pokazuje, jak światła do jazdy dziennej można przyciemnić za pomocą wewnętrznie ustawianego generatora sygnału PWM, a następnie płynnie przełączyć na światła mijania, gdy zapadnie ciemność.

Środowiska motoryzacyjne wymagają solidnych i niezawodnych rozwiązań do reakcji w obliczu zwarć i rozwarć diod LED. Warunki zwarcia i przerwy w obwodzie są bezpiecznie obsługiwane przez rozwiązanie pokazane na rysunku 6 i zgłaszane za pomocą flagi błędu konwertera.

Obudowy TSSOP i QFN pasują do ciasnych miejsc

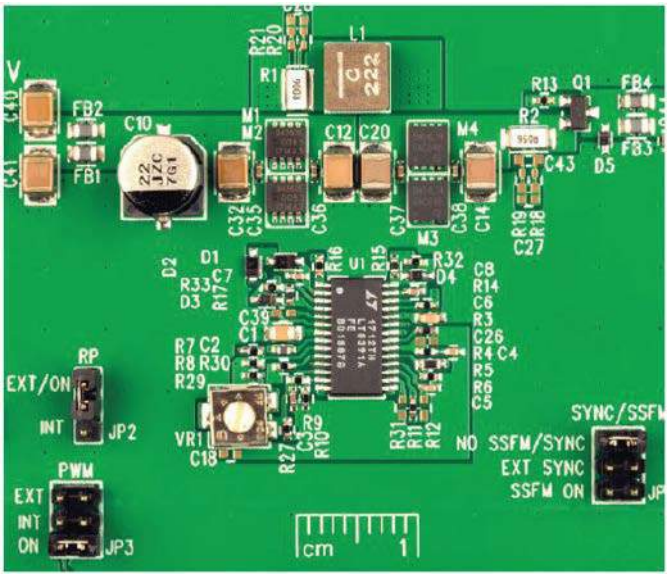
Kontroler LT8391A jest dostępny w obudowie QFN o wymiarach 4×5 mm z 28 wyprowadzeniami. To idealna obudowa, która pozwala spełnić wymagania dotyczące małych rozmiarów całego systemu. Dodatkowo kontroler ten oferowany jest również w obudowie TSSOP, która lepiej spełnia wymagania sektora motoryzacyjnego. Obie obudowy mają pod układem odsłonięte pole termiczne, będące na potencjale masy, które pomaga w rozpraszaniu ciepła wewnętrznego, wytwarzanego głównie przez wbudowany stabilizator LDO, które generuje napięcie INT_{VCC}.

Wewnętrzny regulator LDO tych kontrolerów przetwornic impulsowych może zasilać do czterech synchronicznych tranzystorów MOSFET, kluczowanych z częstotliwością do 2 MHz z ładunkiem bramki około 15 nC. Niewielkich rozmiarów obwód demonstracyjny dla LT8391A (DC2575A, bazujący na projekcie z rysunku 1), pokazano na **fotografii 1**. Tylko jedna cewka indukcyjna o wymiarach 5×5 mm jest potrzebna do działania tego wszechstronnego kontrolera wysokiej mocy.

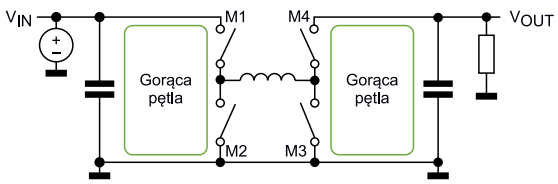
Projektowanie płytki drukowanej

Aby projektowany obwód miał odpowiednio niski poziom emitowanych zakłóceń elektromagnetycznych, konieczna jest optymalizacja projektu płytki drukowanej. Decydującą rolę odgrywa energia promieniowana poprzez indukcyjności i pojemności pasożytnicze ścieżek na PCB. Zakres częstotliwości tych emisji zwykle leży powyżej 30 MHz. Zmniejszenie natężenia tego promieniowania jest bardzo trudne i wymaga dużego doświadczenia oraz wiedzy. Niepowodzenie w tym zakresie przekłada się na konieczność zamknięcia systemu w ekranującej, metalowej obudowie, co przekłada się na wyższe koszty i większe rozmiary systemu sterowania oświetleniem LED.

Zwłaszcza światła LED do jazdy dziennej nastręczają spory problem z wysokim poziomem emisji promieniowania. Zwykle wysterowany jest łańcuch szeregowo połączonych diod LED. Obwód szeregowy często wymaga dużej ilości miejsca na płytce. Dzięki temu układ geometryczny ma właściwości anteny, a generowane emisje są szczególnie skutecznie wypromieniowywane. Ekranowanie obwodów elektrycznych jest skomplikowane, drogie, a w przypadku diod LED nawet częściowo niemożliwe, ponieważ światło nie może przejść przez osłonę z blachy. Rozwiązanie polega więc na minimalizacji ilości emitowanego promieniowania elektromagnetycznego. Istnieje wiele aspektów, które przyczyniają się do tej minimalizacji, a jedną z nich jest odpowiedni projekt płytki drukowanej.



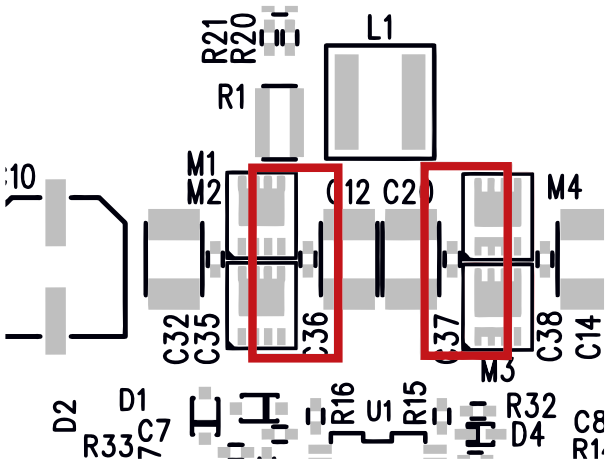
Fotografia 1. Rozwiązanie kompaktowe – obwód demonstracyjny DC2575A, wyposażony w LT8391A, do zasilania diody LED 16 V przy prądzie 1,5 A



Rysunek 8. Oznaczenie gorących pętli (zielona linia) na uproszczonym schemacie przetwornicy typu buck-boost

Wybór scalonych stabilizatorów impulsowych, które są już zaprojektowane pod kątem minimalizacji emisji i optymalnego zachowania EMC, tak jak w tym przypadku, znacznie ułatwia osiągnięcie dobrych rezultatów. W takim przypadku wymagane jest minimalne filtrowanie, ale wiele zależy od projektu ścieżek płytki drukowanej.

Najpoważniejszym źródłem zakłóceń elektromagnetycznych w przetwornicach impulsowych jest pętla, w której przełączany jest prąd. Jest to tzw. gorąca pętla. W przypadku większości nieizolowanych topologii emisja EMI wywodzi się z pętli z wysokim dI/dt. W przypadku większości systemów linie zasilania oraz obciążenia nie mają w sobie dużej zawartości prądu przemiennego. Należy więc skupić analizę na przetwornicy od kondensatora wejściowego C_{IN}, który powinien dostarczać wszystkie istotne prądy zmienne do kondensatora wyjściowego C_{OUT}, gdzie kończą się wszelkie prądy przemienne



Rysunek 9. Oznaczenie gorących pętli na płytce demonstracyjnej DC2575A, pokazanej na fotografii 1

eprasa.pl 5a847e4771

Tabela 1. Podsumowanie parametrów i możliwości układów zasilania – kontrolerów przetwornic impulsowych buck-boost o wysokiej mocy, przeznaczonych do aplikacji w sektorze motoryzacyjnym

	LT8390	LT8390A	LT8391	LT8391A
Stabilizator napięcia	×	×		
Driver LED			×	×
Zakresy wejść/wyjść spełniające wymagania motoryzacyjne	×	×	×	×
Częstotliwość przełączania	od 150 kHz do 650 kHz	od 600 kHz do 2 MHz	od 150 kHz do 650 kHz	od 600 kHz do 2 MHz
Wyprowadzenia zoptymalizowane pod kątem minimalizacji „gorącej pętli" w celu uzyskania niskiego EMI	×	×	×	×
Modulacja z rozproszonym widmem	×	×	×	×
Moc wyjściowa	450 W+	50 W+	450 W+	50 W+
Obudowy	4×5 mm 28-pinowy QFN 28-pinowe TSSOP FE	4×5 mm 28-pinowy QFN 28-pinowe TSSOP FE	4×5 mm 28-pinowy QFN 28-pinowe TSSOP FE	4×5 mm 28-pinowy QFN 28-pinowe TSSOP FE

(transferowane są do masy). Pomiędzy tymi elementami znajdują się wszystkie typowe elementy przetwornicy – klucze, cewki itp.

Przetwornica opisywana w tym artykule to układ o topologii buck-boost, który ma cztery klucze – tranzystory MOSFET – M1...M4, pokazane na schemacie na rysunku 1 lub rysunku 6. Na schematach tych trudno jest oznaczyć gorącą pętlę, jednak jeśli spojrzymy na **rysunek 8**, to wszystko będzie o wiele czytelniejsze. Jak widać na **rysunku 9**, w płytce deweloperskiej dla tego układu wszystkie kluczowe elementy w gorącej pętli są upakowane blisko siebie, dzięki czemu powierzchnia gorącej pętli jest niewielka, a poziom EMI niski.

Dzięki odpowiedniemu ułożeniu wyprowadzeń układu LT8391A możliwe jest proste zoptymalizowanie projektu ścieżek w systemie, aby zagwarantować niski poziom emisji zakłóceń elektromagnetycznych. Wszystkie linie, które sterują tranzystorami M1...M4 oraz związane są z tą sekcją układu, ulokowane są z jednej strony kontrolera.

Podsumowanie

Sterownik LED LT8391A to kontroler przetwornicy o topologii buck-boost, która jest przeznaczona do zasilania łańcuchów diod LED w reflektorach samochodowych. Jego kluczowe funkcje obejmują 4-przełącznikową architekturę zoptymalizowaną do minimalizacji generowanych zakłóceń EMI, co dodatkowo wsparte jest możliwością pracy z rozproszonym spektrum modulacji (SSFM). Układ ma również wyprowadzenia rozmieszczenie w taki sposób, aby ułatwić projektowanie płytki drukowanej, minimalizującej poziom generowanych zakłóceń elektromagnetycznych.

Wszystko to, aby spełnić wymagania normy CISPR 25 klasy 5. Unikalna, wysoka częstotliwość przełączania pozwala na pracę powyżej pasma AM, co wymaga bardzo niewielkiego filtrowania zakłóceń na wejściu i wyjściu przetwornicy. Dzięki tym czynnikom możliwa jest konstrukcja bardzo kompaktowych i niskoemisyjnych driverów przeznaczonych do diod LED. Układy z rodziny LT8390 (**tabela 1**) mają elastyczne parametry, dzięki czemu nadają się do zasilania szerokiej gamy systemów.

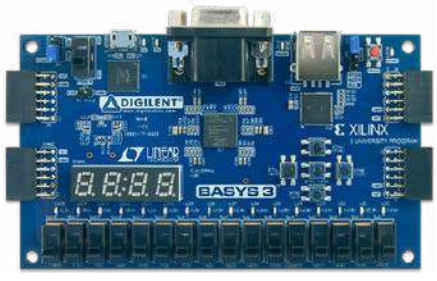
Nikodem Czechowski, EP

Źródła:
https://bit.ly/3gLiVNj
https://bit.ly/3td0ne1
https://bit.ly/3gLTFX6
https://bit.ly/3mIRxTW
https://bit.ly/3BwgZAl

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

http://sklep.avt.pl

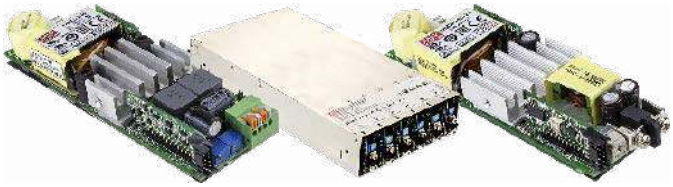
AVT SPV Sp. z o.o. 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Sklep stacjonarny czynny jest od poniedziałku do piątku w godzinach: 8.00–16.00, tel. 22 257 84 66
e-mail: handlowy@avt.pl, tel. 22 257 84 51 (w godzinach: 9.00–15.00)

eprasa.pl 5a847e4771

Zasilacze modularne NMP MEAN WELL

Dowolność konfiguracji oraz wiele napięć wyjściowych

W aplikacjach przemysłowych czy medycznych możemy dość często spotkać się z koniecznością dostarczenia kilku lub kilkunastu różnych napięć wyjściowych. Główną przyczyną takiego stanu rzeczy jest stopień skomplikowania urządzenia oraz mnogość podzespołów bazujących na różnych potencjałach zarówno dodatnich, jak i ujemnych. Najczęściej spotykanymi urządzeniami, w których takie rozwiązania występują, są różnego rodzaju tomografy komputerowe, skanery lub urządzenia MRI, CT, PET, drukarki 3D oraz systemy gromadzenia energii.



Więcej informacji:
Elmark Automatyka S.A.
05-075 Warszawa, ul. Niemcewicza 76
tel. +48 227 737 937
zasilacze@elmark.com.pl, www.elmark.com.pl

MEAN WELL, wiodący na świecie producent standardowych zasilaczy, aktywnie angażuje się w dziedzinę zasilaczy modularnych dla przemysłu medycznego. Niedawno wprowadzono na rynek rodzinę modułowych zasilaczy klasy medycznej o małej objętości z różnymi inteligentnymi funkcjami sterowania. Jest to seria NMP, która została wprowadzona w dwóch wersjach – o mocy 650 W (**fotografia 1**) lub 1200 W (**fotografia 2**). Nie jest to moc znamionowa każdego z modeli, lecz maksymalna moc stacji bazowej, do której producent przygotował dwie wersje modułów napięciowych:

- z jednym napięciem wyjściowym – NMS-240 (**fotografia 3**),
- z dwoma różnymi napięciami wyjściowymi w jednym slocie – NMD-240 (**fotografia 4**).

W tym miejscu warto również wspomnieć o zdublowanych zabezpieczeniach na każdym kanale wyjściowym modułu NMD, co jest rzadkością w komponentach tego typu.

Parametry zasilania

Urządzenie może być zasilane napięciem z zakresu 90...264 VAC lub 120...370 VDC, co jest już standardem wśród zasilaczy. Interesującym rozwiązaniem jest zastosowanie wewnętrznego organicznika prądu rozruchowego. Do tej pory większość zasilaczy wymagała dobrania odpowiedniego zabezpieczenia nadprądowego (tzw. S-ki) uwzględniającego wysoki prąd rozruchowy. W serii NMP zastosowano natomiast wewnętrzny termistor oraz przekaźnik, co skutecznie redukuje wartość prądu rozruchowego.

Moduły wyjściowe

Niezależne gniazdo modułu wyjściowego oraz bardzo szeroki zakres napięcia wyjściowego (3...55 VDC) umożliwiają użytkownikom ustawianie oraz modyfikowanie napięcia wyjściowego, prądu czy mocy odpowiednio do wymagań. Zgodnie z oznaczeniem nadanym przez producenta użytkownik ma do wyboru 4 wersje modułów:

- typ C – dla napięć 3...6 VDC,
- typ E – 6...15 VDC,
- typ H – 15...30 VDC oraz
- typ K – 30...55 VDC.

Obudowa NMP650 może zmieścić do 4 modułów napięciowych, natomiast NMP1K2 do 6 modułów. W celu ułatwienia użytkownikowi właściwego dobrania modelu producent udostępnił również specjalny plik konfiguracyjny, dzięki któremu w łatwy i przystępny sposób można znaleźć właściwe oznaczenie samodzielnie.

Zabezpieczenia i sterowanie

Seria NMP jest wyposażona w inteligentne funkcje sterowania, takie jak kontrola napięcia i prądu, zdalne włączanie i wyłączanie zasilania (*Remote ON/OFF*), ostrzeżenie o nadmiernej temperaturze czy

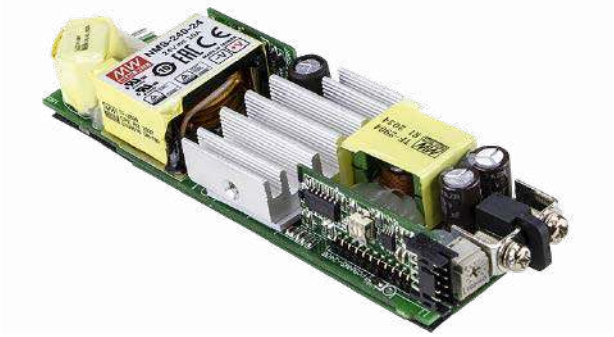


Fotografia 1. Stacja bazowa NMP650 z zainstalowanymi modułami wyjściowymi

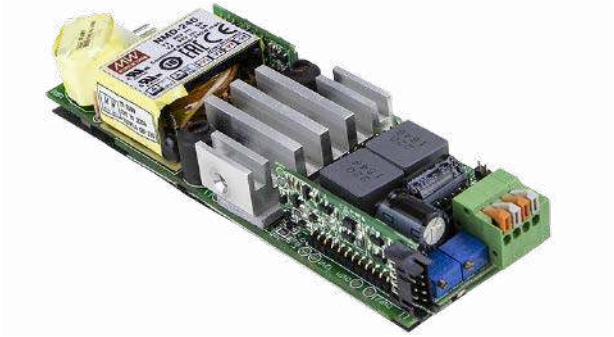


Fotografia 2. Stacja bazowa NMP1K2 z zainstalowanymi modułami wyjściowymi

eprasa.pl 5a847e4771



Fotografia 3. Moduł NMS-240



Fotografia 4. Moduł NMD-240

też sygnał *DC OK*, zapewniając tym samym zdalne sterowanie i monitorowanie aplikacji. Jest to szczególnie istotne w rozbudowanych i skomplikowanych urządzeniach medycznych.

W celu zapewnienia kontroli temperatury prędkość wentylatora jest automatycznie regulowana za pomocą funkcji wykrywania temperatury wewnętrznej. Obroty wentylatora są płynnie regulowane, co zapewnia mniejszy hałas oraz możliwie optymalne warunki pracy zasilacza. Zminiaturyzowana obudowa 1U znacznie zwiększa gęstość mocy oraz sprawdza się w rozwiązaniach, gdzie liczy się każdy dodatkowy centymetr przestrzeni.

W urządzeniu zaimplementowano również szereg zabezpieczeń. Standardem jest zabezpieczenie zwarciowe oraz nadprądowe – w tym przypadku realizowane w zakresie 115% ±10% prądu znamionowego. Jest ono automatycznie wyłączane po przywróceniu znamionowych warunków pracy. Kolejnym jest zabezpieczenie nadnapięciowe *OVP*, które dodatkowo zostało wyposażone w możliwość regulacji progu zadziałania. Ten szczegół może okazać się bardzo istotny w celu uzyskania pełnej kompatybilności zasilacza z urządzeniem.

Certyfikacja

Zasilacze modularne NMP spełniają przepisy bezpieczeństwa medycznego (normy PN-EN 60601-1, IEC 62368-2) oraz mają wymagany poziom izolacji 2X MOPP, zaś projekt obwodów elektrycznych odnosi się również do przepisów branży IT (IEC 62368-1).

Podsumowanie

Wiele funkcji oraz wysoka jakość gwarantowana przez producenta mogą w pełni zaspokoić wymagania wszystkich branż, w których stosowane są zasilacze modularne. Pięcioletnia gwarancja oraz weryfikacja jakości każdego egzemplarza sprawiają, że rodzina NMP to inteligentne wielomodułowe rozwiązanie zapewniające wysoką wydajność oraz niezawodność. Urządzenia można znaleźć w ofercie Autoryzowanego Dystrybutora marki MEAN WELL w Polsce – firmy Elmark Automatyka.

Elmark Automatyka

REKLAMA



eprasa.pl 5a847e4771



Produkty marki Pomona w katalogu TME

Szeroki wybór akcesoriów pomiarowych najwyższej jakości

Niezbędnym wyposażeniem warsztatu elektronicznego są odpowiednie akcesoria, w tym przewody i końcówki pomiarowe. W katalogu TME można znaleźć akcesoria pomiarowe wielu dostawców, jednak zachęcamy do przyjrzenia się produktom marki Pomona Electronics, jednego z wiodących producentów akcesoriów przyłączeniowych do najróżniejszego sprzętu kontrolno-pomiarowego.

Więcej informacji:
Transfer Multisort Elektronik Sp. z o.o.
93-350 Łódź, ul. Ustronna 41
tel. +48 426 455 555
dso@tme.pl, www.tme.eu/pl/

Katalog akcesoriów firmy Pomona należy do najbardziej rozbudowanych na świecie. Aby sprostać szybko rosnącemu zapotrzebowaniu na akcesoria pomiarowe, Pomona Electronics ciągle rozwija swoją ofertę, dodając do niej coraz nowsze produkty. Przy doborze akcesoriów pomiarowych należy bezwzględnie pamiętać, aby parametry akcesoriów pomiarowych były zgodne pod względem kategorii bezpieczeństwa, napięć i prądów znamionowych z parametrami urządzeń danego układu. Wychodząc naprzeciw wymaganiom klientów, TME rozszerzyła ofertę akcesoriów kontrolno-pomiarowych o produkty Pomona Electronics.

Przewody pomiarowe

Każdy miernik wymaga dobrania odpowiednich przewodów pomiarowych. To właśnie dzięki nim będzie możliwe wykonanie pomiarów. Przewody pomiarowe mogą występować w najróżniejszych wariantach, jednak najpopularniejszym z nich jest przewód zakończony końcówkami bananowymi. Stosowane są głównie w laboratoriach, ale też np. w pracowniach szkolnych, gdzie w ramach zajęć praktycznych uczniowie budują konkretny obwód elektryczny. Wówczas przewody zakończone końcówkami bananowymi przydają się do podłączenia elementów układu (**fotografia 1**).



Fotografia 1. Przewód pomiarowy typu POM-B-4-3 zakończony końcówkami bananowymi



Fotografia 2. Przewód pomiarowy typu POM-BNC-C-24 zakończony wtykami BNC

Przewody zakończone wtykami BNC (**fotografia 2**) również możemy uwzględnić w grupie przewodów pomiarowych. Służą one zazwyczaj do połączenia takich urządzeń jak generatory czy oscyloskopy. Przy zakupie tego typu przewodów należy zwrócić uwagę na to, czy przeznaczone są do przyrządów o impedancji wyjściowej 50 Ω, czy 75 Ω.

Pomona Electronics jest również producentem klasycznych przewodów pomiarowych (**fotografia 3**),



Fotografia 3. Komplet przewodów pomiarowych – POM-5519A

eprasa.pl 5a847e4771

przeznaczonych do mierników, zarówno tych przenośnych, jak i stacjonarnych. Przewody zakończone są różnymi typami końcówek pomiarowych, od cienkich szpilek, po końcówki 2 i 4 mm.

Sondy – końcówki pomiarowe

Elementami, które ułatwią pracę podczas pomiarów, będzie zestaw odpowiednich końcówek pomiarowych (**fotografia 4**). Dzięki nim testowanie i wykonywanie pomiarów elektrycznych na płytkach drukowanych będzie znacznie łatwiejsze i ograniczy ryzyko zwarć lub uszkodzeń podczas pomiarów. Końcówki pomiarowe mogą być montowane na przewody zakończone końcówką w rozmiarze 2; 2,6 lub 4 mm. Warto również wspomnieć, że końcówki pomiarowe mogą być złocone lub niklowane.



Fotografia 4. Końcówka pomiarowa typu POM-3561-0

Chwytaki pomiarowe

Przewody zakończone chwytakiem haczykowym (**fotografia 5**) są bardzo praktycznymi narzędziami i powinny znaleźć się w każdym warsztacie elektronicznym. Dzięki takim przewodom uzyskamy stabilne połączenie podczas pomiarów. Umożliwiają one bardzo proste podłączenie się np. do wyprowadzonych z płytki drukowanej przewodów lub nawet do końcówek niektórych elementów elektronicznych.



Fotografia 5. Przewód pomiarowy typu POM-4650-36-0

Klipsy pomiarowe

Jeśli istnieje potrzeba sprawdzenia wartości napięć na końcówkach konkretnego układu scalonego, bardzo przydatnym elementem będzie odpowiedni klips pomiarowy (**fotografia 6**). Za jego pomocą będzie znacznie łatwiej zmierzyć parametry napięć, zwłaszcza jeśli badamy układ wykonany jest w technologii SMD. Dodatkowym plusem klipsów pomiarowych jest bezpieczeństwo, ponieważ ich stosowanie minimalizuje ryzyko przypadkowego zwarcia wywołanego końcówką pomiarową. Klipsy przystosowane są do kilku typów układów scalonych, wykonanych w obudowach PLCC, SO, SOIC i SOJ. W katalogu TME znajdują się klipsy umożliwiające przetestowanie układu, który ma od 8 do 84 pinów.



Fotografia 6. Klips pomiarowy typu POM-5251

Zaciski krokodylkowe

Krokodylki są kolejnym punktem na liście akcesoriów, które powinny znaleźć się w każdym warsztacie elektronicznym. Zamontowane na przewodzie znacznie ułatwiają wykonanie pomiaru, gwarantując stabilność



Fotografia 7. Zacisk krokodylkowy typu POM-2240-2

REKLAMA

Pomona ELECTRONICS

PRODUKTY MARKI POMONA W OFERCIE TME



T M E ®
Electronic Components

TRANSFER MULTISORT ELEKTRONIK
GLOBALNY DYSTRYBUTOR KOMPONENTÓW ELEKTRONICZNYCH
USTRONNA 41, 93-350 ŁÓDŹ, POLSKA
TEL. 42 645 55 55, DSO@TME.PL
tme.eu
facebook.com/TME.eu
instagram.com/tme.eu
youtube.com/TMElectroniComponent

eprasa.pl 5a847e4771

połączenia. Krokodylki, których producentem jest Pomona (**fotografia 7**), mają trzy zakresy chwytania: 7,6; 7,62 i 20 mm.

Wtyki i gniazda bananowe

Zdarza się, że przewody połączeniowe musimy wykonać sami. Wówczas należy wyposażyć się w odpowiednie gniazda bananowe i wtyki (**fotografia 8**). Mogą one występować w trzech rozmiarach: 2; 2,4 i 4 mm. Przy wyborze odpowiednich gniazd i wtyków warto zwrócić uwagę na parametry elektryczne oraz sposób montażu. W przypadku wtyków najczęściej można spotkać końcówki, w których przewód jest lutowany, zaciskany lub przykręcany. Gniazda bananowe montowane są zazwyczaj na panelu, a sam przewód najczęściej jest przykręcany.



Fotografia 8. Wtyk bananowy typu POM-1325-2

Zaciski laboratoryjne

Zaciski laboratoryjne najczęściej można spotkać w sprzęcie kontrolno-pomiarowym wyższej klasy. Umożliwiają one bardzo łatwe podłączenie końcówek przewodów do zacisków urządzenia (**fotografia 9**). Mimo że są one spotykane dość rzadko, to nic nie stoi na przeszkodzie, aby zastosować je w dowolnym urządzeniu. Zaciski laboratoryjne Pomona Electronics przystosowane są do przewodów bananowych w rozmiarze 4 mm.



Fotografia 9. Zacisk laboratoryjny typu POM-4995-0

Sondy oscyloskopowe

W ofercie Pomona Electronics można znaleźć również pasywne sondy do oscyloskopów (**fotografia 10**). Mogą być one zakończone sondą pomiarową lub haczykiem, a sama długość przewodu to 1,2 lub 2 m. Sondy wyposażono w dzielnik 1:1, 10:1 lub 100:1, natomiast ich pasmo wynosi od 50 do 150 MHz.



Fotografia 10. Sonda oscyloskopowa typu POM-6491

Zestawy akcesoriów Pomona

Warto zauważyć, że w katalogu TME dostępne są zestawy akcesoriów firmy Pomona Electronics. Składają się one z najczęściej używanych w warsztatach elektronicznych przewodów i akcesoriów pomiarowych (**fotografia 11**). Jeśli wyposażenie warsztatu czy pracowni jest organizowane od nowa, to warto zwrócić uwagę właśnie na takie kompletne zestawy, które w pełni pokryją zapotrzebowanie na akcesoria pomiarowe.

Wieszaki i stojaki na przewody

Pomona jest również producentem wieszaków i stojaków na przewody, które mogą znacznie poprawić ergonomię pracy (**fotografia 12**). Są one uzupełnieniem oferty i świadczą o kompleksowym podejściu producenta. Dzięki specjalizowanym wieszakom i stojakom przewody zawsze będą miały swoje miejsce i będą ułatwiały codzienną pracę.



Fotografia 12. Wieszak na przewody pomiarowe POM-4408

Transfer Multisort Elektronik Sp. z o.o.



Fotografia 11. Zestaw akcesoriów pomiarowych POM-5677B

eprasa.pl 5a847e4771

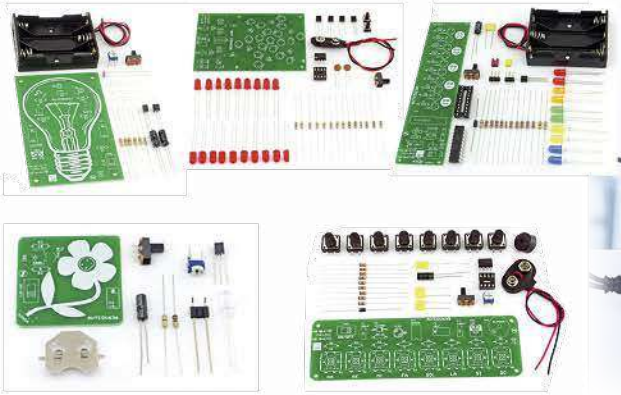
AVTEDU

Zupełnie nowa edukacyjna seria kitów AVTEDU dla młodszych elektroników, którzy pod okiem rodzica zainteresują się ciekawymi projektami i nauczą sztuki lutowania.

Poznaj całą serię

#AVTEDU #NaukaLutowania #KityAVT

AVTEDU to zestawy (KITy) DIY do samodzielnego montażu – zlutowania.
W zestawach znajdują się: płytka drukowana i komplet elementów elektronicznych.





Sygnalizator suchego kwiatka

Zestaw do montażu **AVTEDU636**

cena: 18 zł

- sygnalizacja – migająca dioda LED
- możliwość regulacji czułości zadziałania
- czujnik wilgotności – dwie elektrody wbijane w grunt
- napięcie zasilania: 3 VDC [1× CR2032] – brak w zestawie
- wymiary płytki: 45×45 mm

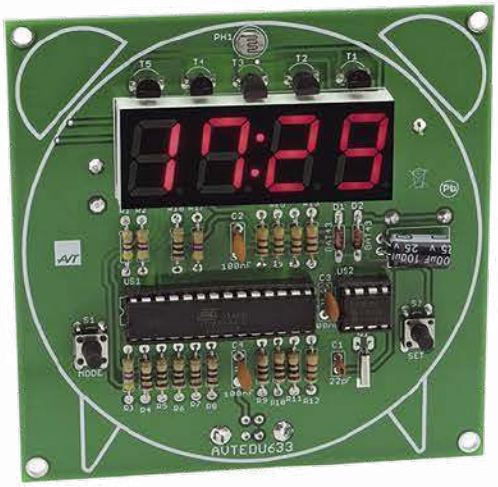


Zegar z budzikiem

Zestaw do montażu **AVTEDU633**

cena: 56 zł

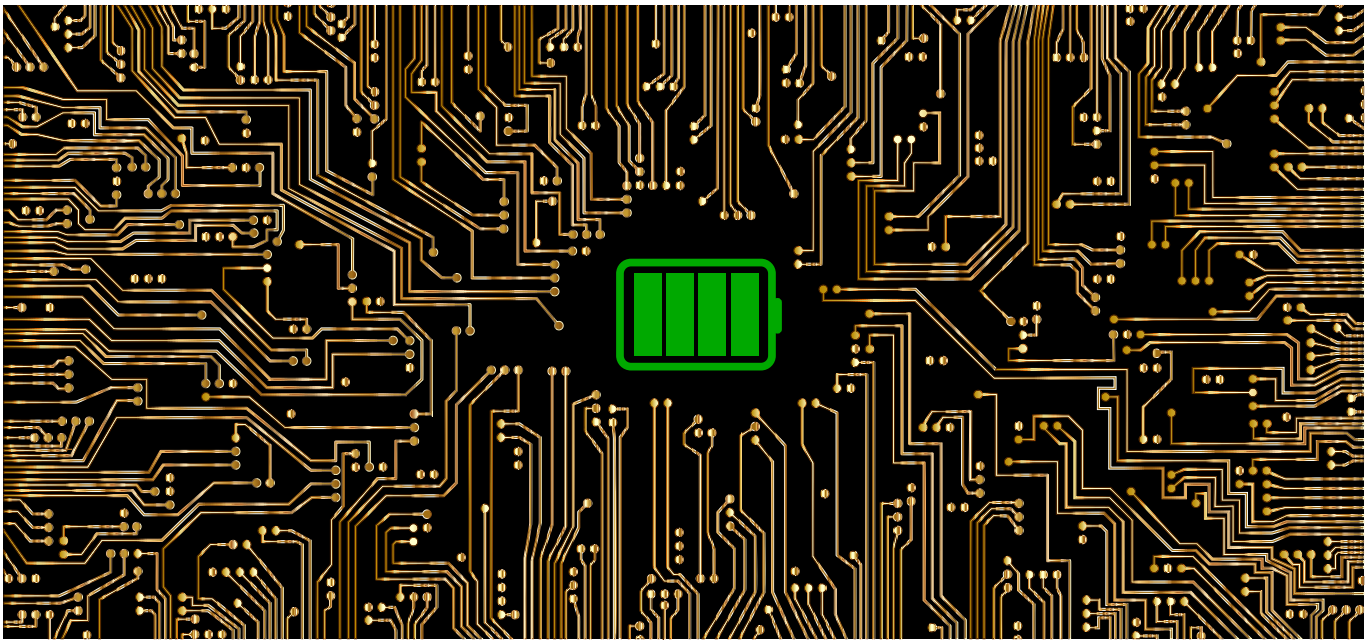
- wyświetlanie czasu
- budzik z funkcją drzemki
- prosta obsługa za pomocą dwóch przycisków
- automatyczna regulacja jasności świecenia wyświetlaczy
- zasilanie: 5 VDC (przewód USB B – brak w zestawie)
- wymiary płytki 90×90 mm



AVT sklep **sklep.avt.pl**

AVT SPV Sp. z o.o., 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 222 578 451, e-mail: handlowy@avt.pl

eprasa.pl



Proste urządzenie do testowania akumulatorów

Elektronik, pracując w swoim warsztacie, często napotyka problem zmierzenia jakiegoś nietypowego parametru, dla którego niezbędny jest mniej lub bardziej specjalistyczny przyrząd. Chodzi o przypadki, w których nie wystarczy skorzystać z takich przyrządów jak miernik uniwersalny, oscyloskop, analizator widma, częstościomierz itp. Jedynym rozwiązaniem pozostaje budowa własnego narzędzia. Często okazuje się, że narzędzia wykonane „domowym przemysłem" z co najmniej zadowalającym efektem sprawdzają się w praktyce. Dzięki nim unikamy konieczności kupowania drogich przyrządów firmowych, płacąc krocie za samą markę.

W ostatnich latach bardzo rozpowszechniły się wszelkiego rodzaju czujniki MEMS, które są instalowane w sprzęcie powszechnego użytku, takim jak smartfony, zegarki, tablety itp. Przy zastosowaniu względnie prostej elektroniki i oprogramowania umożliwiają one dokonywanie takich pomiarów, jak przebyta (pieszo) droga, obliczenie liczby kroków, zużycie energii, szybkość marszu, czas marszu i postojów, ale też monitorowanie tętna i ciśnienia krwi, a nawet – co szczególnie ostatnio stało się cenną funkcjonalnością – pomiar natlenienia krwi. Można się jednak zastanawiać, czy są to pomiary wystarczająco dokładne np. z medycznego punktu widzenia, czy są to jedynie obarczone mniejszym lub większym błędem wskazania. Żaden użytkownik smartfonu czy smartwatcha nie zastanawia się nad jego dokładnością i bezkrytycznie akceptuje uzyskiwane z niego wyniki. Bo jakie mogą być konsekwencje pomiaru przebytej wspólnie przez jakąś grupę turystów drogi, gdy u celu okaże się, że jeden przeszedł 8750 metrów, a drugi depcząc mu po piętach, przeszedł 9236 metrów? Żadne.

Problem do rozwiązania

Naszym zadaniem jest dobór akumulatora do pewnego urządzenia mobilnego. Na podstawie obserwacji i pomiarów wiemy, że urządzenie to pobiera mniej więcej stały prąd o natężeniu 50 mA. Musimy więc opracować układ do zdejmowania charakterystyki rozładowywania akumulatora przy utrzymywaniu stałego prądu w czasie całego procesu. Będzie to odpowiedni adapter, który wraz z ewentualnymi innymi przyrządami umożliwi wykonanie takiego pomiaru bez względu na technologię wykonania akumulatora. Z uwagi na dużą popularność akumulatorów litowo-polimerowych dokonamy kilku prób z użyciem akumulatorów tego typu. Charakterystyka rozładowania pozwoli określić ewentualną przydatność danego akumulatora w projektowanym urządzeniu. I tu wracamy do kwestii omawianej wcześniej. Nie musimy budować superprecyzyjnej aparatury. Wystarczy, że badany parametr będziemy mogli oszacować ze względnie dobrą dokładnością. Ważna jest natomiast jak najdalej posunięta prostota układu, tak aby nie tracić nadmiernie czasu na konstruowanie i montaż samego adaptera. Istotna jest ponadto minimalizacja kosztów. Zgodnie z założeniem zastosujemy dodatkowo inne dostępne pod ręką urządzenia. Są to: zestaw pomiarowy Analog Discovery 2 i niemal dowolny cyfrowy miernik uniwersalny.

Opis konstrukcji

Adapter będzie pełnił funkcję sterowanego źródła prądowego. W założeniu oprócz możliwości regulacji wydajności powinno być możliwe również wymuszanie prądu o dowolnym kształcie. Warunek ten jest łatwy do spełnienia, jeśli źródło będzie sterowane np. z generatora arbitralnego Analog Discovery 2. Mamy możliwość wybrania w nim m.in. sygnału DC. Ten rodzaj sterowania wybierzemy, jeśli zechcemy wymuszać obciążenie akumulatora prądem stałym. Ciekawą opcją może być ponadto wymuszenie dowolnie zaprogramowanym, własnym przebiegiem imitującym np. pracę jakiegoś urządzenia zasilanego z akumulatora. Wcześniej oczywiście taki przebieg trzeba zarejestrować, co przy zastosowaniu loggera Analog Discovery 2 jest równie proste.

Skoro jednak dysponujemy tak uniwersalnym narzędziem, to nasuwa się pytanie, po co konstruować jeszcze jakiś dodatkowy adapter? Odpowiedź jest prosta. Generator arbitralny ma zbyt małą obciążalność w stosunku do naszych potrzeb. Nie można przecież wykluczyć,

eprasa.pl 5a847e4771

że będziemy badać rozładowywanie akumulatora prądem rzędu nawet setek miliamperów.

Pierwszym krokiem projektowania źródła prądowego jest wybór konfiguracji. Wydaje się, że dobrym rozwiązaniem powinno być tzw. lustro prądowe (**rysunek 1**). Zasadnicze źródło prądowe tworzy tranzystor Q1 wraz z rezystorami R_1, R_2 i generatorem arbitralnym (AWG1). Tranzystor Q_1 jest zasilany z zasilacza napięcia stałego +5 V. W praktyce jest to sekcja dodatniego napięcia zasilacza Analog Discovery 2.

Wydajność źródła prądowego (I_{CQ1}) zbudowanego na tranzystorze Q_1 jest równa:

$$I_{CQ1} = \frac{U_Z - U_1 - U_{BEP}}{R_2 + \frac{R_1}{\beta}} \quad (1)$$

gdzie:

U_Z – napięcie zasilania +5 V,

U_1 – napięcie sterujące z generatora arbitralnego,

U_{BEP} – napięcie baza-emiter przewodzącego tranzystora,

β – wzmocnienie prądowe tranzystora Q_1.

Jak widać, wydajność prądowa źródła może być łatwo zmieniana przez zmianę napięcia U_1. Wystarczającym inżynierskim założeniem jest niezmienność parametrów U_{BEP} i β. Wówczas wydajność prądowa jest liniową funkcją napięcia sterującego U_1.

Z kolei przy założeniu, że charakterystyki wejściowe tranzystorów Q_2 i Q_3 są jednakowe (są to tranzystory tego samego typu), prąd kolektora tranzystora Q_3 jest równy prądowi kolektora tranzystora Q_2, a ten przy odpowiednio dużym współczynniku wzmocnienia prądowego jest równy prądowi kolektora Q_1. Sporo tu założeń, ale stosując współczesne elementy, wszystkie są z inżynierską dokładnością spełnione.

No dobrze, ale uważny Czytelnik zapewne zauważył, że maksymalny prąd, jaki może popłynąć z kolektora tranzystora Q_1 odpowiadający napięciu U_1=0, jest równy:

$$I_{CQ1} = \frac{U_Z - U_{BEP}}{R_2 + \frac{R_1}{\beta}} = \frac{5 - 0{,}7}{3\text{k} + \frac{100}{344}} = 1{,}43\ \text{mA}$$

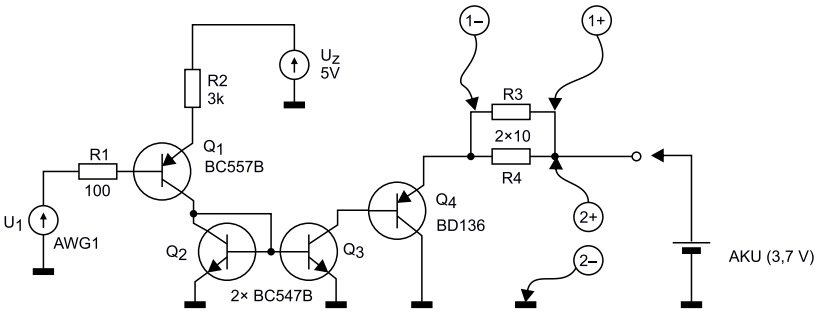
To zaledwie 1,43 mA, podczas gdy planowaliśmy prąd rozładowujący rzędu pięćdziesięciu, a nawet setek miliamperów. Odpowiednie wzmocnienie prądowe zapewnia dodatkowy tranzystor Q_4 dodany do lustra prądowego. Poprawia on ponadto separację obciążenia (akumulatora) od lustra prądowego.

Pomiar prądu

Ważnym, żeby nie powiedzieć fundamentalnym, zadaniem projektowanego adaptera jest pomiar prądu rozładowywania akumulatora. Zagadnienie jest o tyle istotne, że musi być zapewniona możliwie duża dokładność przy jednoczesnej minimalizacji ingerencji układu pomiarowego w proces rozładowywania akumulatora.

Jesteśmy w dobrej sytuacji, gdyż wejście pomiarowe Analog Discovery 2 może pracować w trybie symetrycznym. Oznacza to, że nie jest konieczne dołączanie jednej końcówki pomiarowej każdego kanału do masy układu. Do pomiaru natężenia prądu zastosujemy więc zwykły rezystor dołączony do akumulatora, tak jak to zostało pokazane na rysunku 1. Wejście 1+ dołączymy do rezystora od strony akumulatora, a wejście 1– do drugiej końcówki rezystora. Rezystancja pomiarowa powinna być na tyle mała, aby spadek napięcia na rezystorze przy maksymalnym założonym prądzie rozładowania nie przekroczył minimalnego napięcia akumulatora. Rezystor 5 Ω powinien spełnić to ograniczenie. Spadek napięcia na nim przy prądzie 300 mA jest równy 1,5 V, a do takiego napięcia akumulator nie powinien się rozładować. Należy jednak zwrócić uwagę na wydzielaną moc. Przy prądzie 300 mA byłaby ona równa:

$$P = I^2R = (0{,}3\ \text{m})^2 \cdot 5 = 0{,}45\ \text{W}$$



Rysunek 1. Schemat adaptera do pomiaru prądu rozładowania akumulatora

Tymczasem okazało się, że w szufladzie są tylko rezystory 0,25 Ω. W układzie pomiarowym zastosowano więc dwa rezystory 10 Ω połączone równolegle.

Wejście drugiego kanału pomiarowego Analog Discovery 2, tym razem już asymetryczne, dołączamy do plusa akumulatora, co umożliwi monitorowanie jego napięcia.

Oszacujmy jeszcze, jakie powinno być napięcie ustawione w generatorze arbitralnym, aby uzyskać prąd rozładowywania równy 50 mA:

$$U_1 = U_Z - U_{BEP} - \frac{I_{CQ1}}{\beta_{Q4}}\left(R_2 + \frac{R_1}{\beta}\right) = 5 - 0{,}7 - \frac{50\ \text{m}}{179}\left(3\text{k} + \frac{100}{344}\right) = 3{,}46\ \text{V}$$

Warto takie napięcie ustawić wstępnie, przed dołączeniem akumulatora, aby już od początku pomiaru zapewnić przynajmniej w przybliżeniu wymagany prąd akumulatora.

Symulacja

Zanim zmontujemy i uruchomimy układ, sprawdźmy w symulacji, czy obrana idea ma szanse działania w układzie rzeczywistym. Do realizacji adaptera zastosujemy tranzystory BC557B (PNP), BC547B (NPN). Tranzystor Q_4 musi mieć większą moc i prąd kolektora – wyjmuję z szuflady BD136. Modelu tego tranzystora nie ma w standardowej bibliotece symulatora LTspice, ale nietrudno go znaleźć w Internecie. Model umieszczono bezpośrednio na schemacie. Jest to jedna z najprostszych metod symulacji z zastosowaniem modeli firm trzecich.

Wybieramy symulację DC sweep. Tym samym uzyskamy charakterystykę regulacji prądu rozładowania akumulatora (**rysunek 2**). Napięcie źródła sterującego (V_1) zmienia się liniowo od 5 V do 0. Jak można było przypuszczać, aby popłynął prąd kolektora Q1, konieczne jest obniżenie napięcia co najmniej o napięcie przewodzenia U_{BEP} tranzystora, czyli o ok. 0,7 V. Dalej prąd płynący z akumulatora narasta mniej więcej liniowo wraz ze zmniejszaniem napięcia sterującego U_1. Jak widać, elementy użyte w adapterze umożliwiają regulację prądu rozładowywania akumulatora do mniej więcej 220 mA. Jest to trochę mniej, niż zakładaliśmy, ale i tak raczej takiego przypadku nie będziemy badać. Sprawdźmy jeszcze w symulacji, jakie napięcie U_1 powinno być ustawione, aby wymusić prąd akumulatora równy 50 mA. Okazuje się, że jest ono równe 3,53 V (rysunek 2).

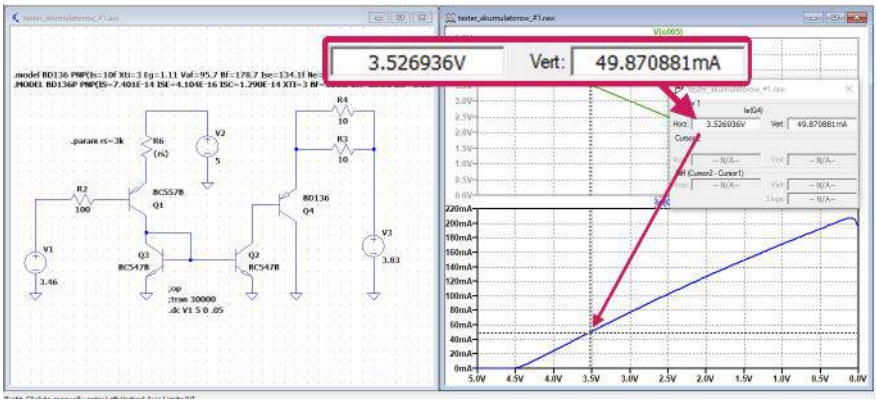
Pomiary układu rzeczywistego

Pozytywny wynik symulacji motywuje do zmontowania układu. Pierwotnie zakładałem zastosowanie płytki stykowej, ale z praktyki wiem, że często ich jakość, zwłaszcza tych tańszych, nie jest najwyższa i mogłoby to być przyczyną ewentualnych problemów. Rezystancja styków często jest równa „grube" ułamki oma, co przy przyjętej rezystancji rezystora do pomiaru prądu równej 5 Ω mogłoby powodować duże, a w dodatku trudne do oszacowania błędy. Dlatego cały układ został polutowany na płytce prototypowej. Wszystko już prawie gotowe. Należy jeszcze upewnić się, czy akumulator jest w pełni naładowany. Do tego zagadnienia jeszcze wrócimy w dalszej części artykułu.

Proces rozładowywania akumulatora będziemy śledzić za pomocą narzędzia logger Analog Discovery 2. Prąd akumulatora jest mierzony

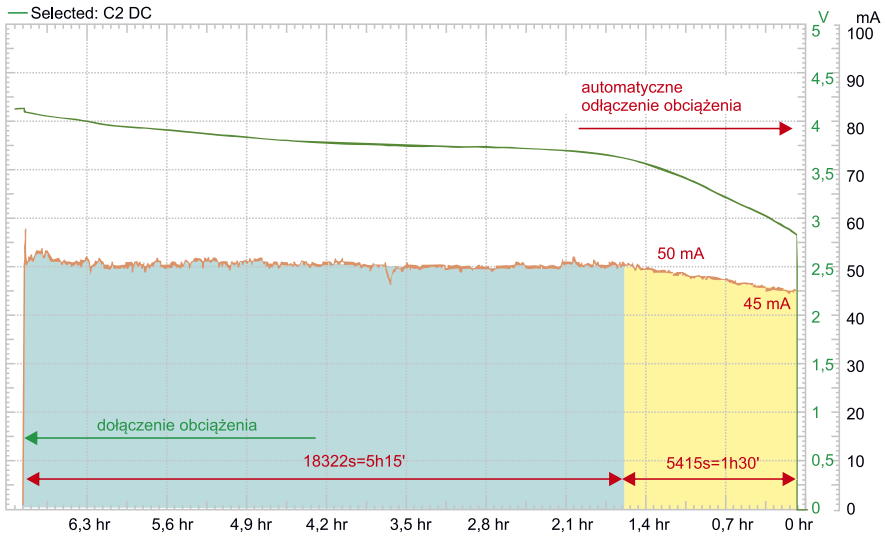
eprasa.pl 5a847e4771

za pośrednictwem 1. kanału pomiarowego. Po uruchomieniu tego narzędzia domyślnie jest uruchamianych 6 funkcji pomiarowych. Na nasze potrzeby konieczne jest zmodyfikowanie np. funkcji pierwszej. Standardowo mierzy ona napięcie DC z 1. kanału. Po dwukrotnym kliknięciu lewym przyciskiem myszki na nawę funkcji zostaje otwarte okno, w którym można dokonać zmian. Pamiętając, że rezystor pomiaru prądu ma oporność 5 Ω, wpisujemy C1DC/5. Zmieniamy ponadto jednostkę z „V" na „A". Ustalamy jeszcze zakres wartości wyświetlanych na wykresie, co jest możliwe po kliknięciu na trybik widoczny przy funkcji. Ustalamy „Top"=100 mA i „Bottom"=0. Jak pamiętamy, kanał 2. mierzy napięcie akumulatora. Ustalamy dla niego zakres 0...5 V.



Rysunek 2. Charakterystyka rozładowania akumulatora uzyskana w symulatorze LTspice

Testowany akumulator ma pojemność znamionową równą 320 mAh. Przy prądzie rozładowywania równym 50 mA czas rozładowania powinien być rzędu 6...7 godzin. Przyjmujemy 7 godzin – w polu „History" wpisujemy wartość 7hr. Będziemy ponadto odświeżać wykres co jedną sekundę – w polu „Update" wpisujemy 1. Wszystko jest już gotowe do pomiaru. Nie zapomnijmy tylko uaktywnić sekcji dodatniego napięcia zasilającego i centralnego włączenia zasilacza. Naciskamy przycisk Run, korygujemy ewentualnie napięcie DC z generatora AWG1 tak, aby prąd rozładowania był równy 50 mA i cierpliwie czekamy 7 godzin na zakończenie rejestracji.



Rysunek 3. Charakterystyka rozładowania testowanego akumulatora 320 mAh

Wykres jest tworzony na żywo od prawej strony ekranu do lewej. Musimy zadbać o to, by nie przegapić czasu zakończenia pomiaru, gdyż możemy bezpowrotnie stracić początkowy fragment krzywej rozładowania.

Na **rysunku 3** został pokazany wykres rozładowania testowanego akumulatora 320 mAh. Napięcie nieobciążonego akumulatora po naładowaniu jest równe ok. 4,134 V. Po dołączeniu obciążenia spada ono do ok. 4,093 V. Krzywa rozładowania opada początkowo dość wolno aż do momentu, w którym napięcie akumulatora osiągnie wartość ok. 3,7 V. Teraz następuje faza, w której zmiany napięcia są prawie niezauważalne. Po ok. 17000 sekundach (4 godziny 40 minut) obserwujemy dość szybkie dalsze zmniejszanie się napięcia akumulatora. W chwili przekroczenia 2,825 V elektronika zabezpieczająca ogniwa odłącza je od zacisków akumulatora. Od tego momentu rejestrujemy zerowe napięcie i zerowy prąd akumulatora. Zasadniczo przyjmuje się, że dla akumulatora litowo-polimerowego krytyczne jest napięcie 2,5 V. Jak widać, w testowanym egzemplarzu próg był ustawiony nieco wyżej.

W czasie badania były rejestrowane jednocześnie dwa parametry: napięcie akumulatora i prąd rozładowania. Jak widać z rysunku 3, prąd rozładowania nieznacznie zmalał w końcowej fazie procesu o ok. 5 mA. Prawdopodobnie odpowiada za to wzrost rezystancji wewnętrznej akumulatora i wzrost spadku napięcia na rezystorze pomiarowym przy jednoczesnym ograniczeniu napięcia zasilającego. Utrzymanie stałego prądu wymagałoby wyższego napięcia zasilającego tranzystory Q_1 i Q_2.

Obliczenie pojemności akumulatora

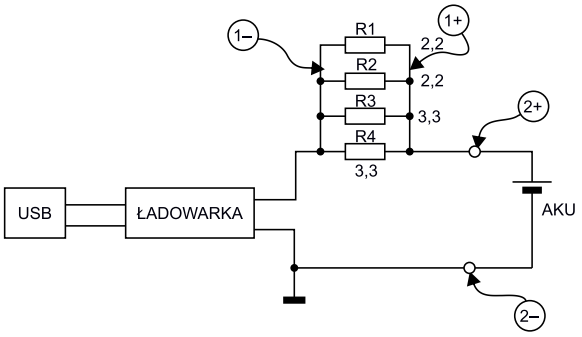
Z wykresu pokazanego na rysunku 3 możemy łatwo obliczyć pojemność akumulatora. Jest to po prostu pole pod krzywą rozładowania. Oczywiście do obliczeń przyjmiemy pewne uproszczenia. Zakładamy, że proces ładowania składa się z dwóch faz. W pierwszej akumulator jest rozładowywany prądem stałym, który w naszym eksperymencie był równy 50 mA. Faza ta trwała 18922 sekundy (5 godz. 15 min.), co odpowiada pojemności 18922·50/3600=263 mAh. W drugiej fazie trwającej 5415 sekund (1 godz. 30 min) prąd zmniejszał się liniowo z 50 mA do 45 mA. Możemy więc przyjąć, że do obliczenia pojemności akumulatora w tej fazie należy policzyć pole trapezu: (50+45)·5415/2/3600=71 mAh. Całkowita pojemność akumulatora jest równa sumie tych dwóch wartości, czyli 334 mAh. Pamiętajmy jednak, że ze względu na liczne założenia parametr ten należy traktować tylko orientacyjnie. Notabene okazało się, że uzyskaliśmy pojemność nieznacznie większą od znamionowej (320 mAh).

Z ustaleniem pojemności mamy jednak pewien dylemat. Badany akumulator miał wbudowany układ zabezpieczający odłączający od niego obciążenie po spadku napięcia do wartości granicznej. Można uznać, że nawet gdybyśmy chcieli, nie jest możliwe „wyciśnięcie" z akumulatora jeszcze choćby 1 mAh. Nie wszystkie akumulatory jednak takie zabezpieczenie mają. Należy więc przyjąć jakiś warunek kończący pomiar. Z praktycznego punktu widzenia takim kryterium może być moment, w którym przestaje działać urządzenie zasilane z akumulatora. Załóżmy więc, że urządzenie to powinno być zasilane napięciem 3,3 V, do czego jest użyty stabilizator LDO, dla którego napięcie wejściowe powinno być wyższe od wyjściowego co najmniej o 0,2 V. Gdybyśmy w tym urządzeniu zastosowali badany akumulator, to zawsze część jego pojemności byłaby niewykorzystana. W takim przypadku użytkową pojemność akumulatora należy obliczać dla napięcia końcowego równego 3,5 V (**rysunek 4**). W naszym przypadku będzie ona równa: 20533·50/3600=285 mAh, a czas pracy przy prądzie 50 mAh wyniesie 5 godz. 42 min.

eprasa.pl 5a847e4771



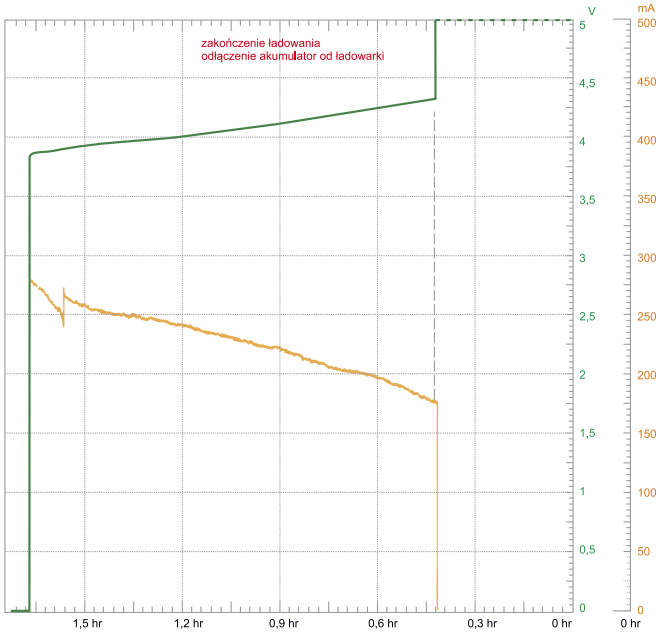
Rysunek 4. Obliczenie użytkowej pojemności akumulatora 320 mAh



Rysunek 5. Schemat układu do pomiaru charakterystyki ładowania akumulatora

Ładowanie

Ponieważ akumulator rozładował się do napięcia, przy którym nie jest już możliwa dalsza praca, musimy go naładować. Do tego celu użyłem prostej ładowarki, która była dostarczona do pewnego urządzenia zasilanego z akumulatora litowo-polimerowego (**fotografia 1**). Algorytm ładowania akumulatorów litowo-jonowych czy litowo-polimerowych jest określony dość precyzyjnie. Sprawdźmy, jak jest realizowany w prostej ładowarce. W tym celu należy opracować prosty układ mierzący prąd ładowania i pozwalający monitorować napięcie



Rysunek 6. Charakterystyka ładowania akumulatora Li-Poly



Fotografia 1. Ładowarka akumulatorów Li-Poly użyta do opisanego eksperymentu

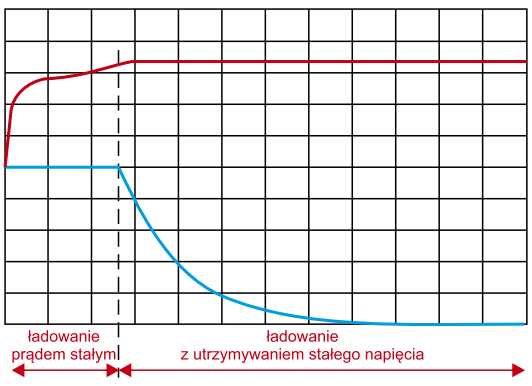
na akumulatorze. Powinien on jednak w jak najmniejszym stopniu ingerować w proces ładowania, co oznacza, że zastosowany do pomiaru natężenia prądu rezystor powinien mieć jak najmniejszą rezystancję. Każda wtrącona do obwodu ładowania rezystancja może „mylić" ładowarkę. Ostatecznie rezystor pomiarowy składa się z połączonych ze sobą równolegle dwóch rezystorów 2,2 Ω i dwóch rezystorów 3,3 Ω (**rysunek 5**). Teoretycznie rezystancja zastępcza powinna być równa 0,66 Ω, ale zmierzona omomierzem była równa 0,7 Ω.

Rejestrację procesu ładowania prowadzimy tak jak poprzednio z użyciem loggera Analog Discovery 2. Zarejestrowany przebieg został pokazany na **rysunku 6**. Jak widać, ładowarka niezbyt dokładnie realizuje zalecany algorytm, który zakłada ładowanie prądem stałym w pierwszej fazie, a w drugiej utrzymywanie stałego napięcia (**rysunek 7**). W drugiej fazie prąd maleje wykładniczo. Wprawdzie podczas ładowania testowanego akumulatora widoczne jest jakieś wahnięcie prądu w początkowej fazie ładowania, ale trudno jest stwierdzić, jaka jest tego przyczyna, a zmierzona charakterystyka raczej nie przypomina zalecanej.

Wnioski

Zaprezentowany tester akumulatorów z pewnością nie jest narzędziem profesjonalnym, ale nie było to założeniem projektu. Chodziło o zbudowanie takiego narzędzia, które może powstać w kilkanaście minut z elementów wyjętych z szuflady. Mimo swojej prostoty wyniki kilkakrotnie wykonanych pomiarów cechowały się dobrą powtarzalnością. Można więc uznać, że przyrząd spełniał oczekiwania. Warto zauważyć, że może on być również używany jako rozładowywarka akumulatorów. Należy tylko zwrócić uwagę na to, aby przy doborze prądu rozładowania nie przekroczyć dopuszczalnego prądu i mocy tranzystora. W urządzeniu modelowym zastosowano tranzystor BD136, ale bez większych problemów można go zamienić na inny o zbliżonych parametrach.

Jarosław Doliński, EP



Rysunek 7. Zalecana charakterystyka ładowania akumulatora Li-Poly

eprasa.pl 5a847e4771



Parametry oświetlenia LED

Oświetlenie zawierające diody elektroluminescencyjne niemal całkowicie wyparło konwencjonalne źródła światła, takie jak żarówki. Z uwagi na ogromną elastyczność i różnorodność diod LED istnieje potrzeba ich charakteryzowania w szerokim zakresie parametrów. W artykule wyjaśnimy wszystkie kluczowe parametry, które charakteryzują diody LED stosowane w aplikacjach oświetleniowych, oraz omówimy sposoby pomiarów.

Klasyczne żarówki, zawierające rozgrzany żarnik, znane są od niemal dwustu lat. W szerokim użyciu były przez cały XX wiek, niestety z uwagi na ich niską sprawność i postęp technologii półprzewodnikowych odeszły do lamusa. Zastąpione zostały świetlówkami kompaktowymi (tzw. żarówki energooszczędne) lub diodami elektroluminescencyjnymi (tzw. żarówki LED). Jest to nieskończone źródło pomyłek, problemów technicznych i nieustającej konfuzji, nie tylko wśród użytkowników tych źródeł światła, ale także inżynierów, którzy z nich korzystają do projektowania systemów oświetleniowych.

Wszystko, począwszy od nazwy tych źródeł światła, jest niejasne, ponieważ odnosi się do żarówek – domyślnego źródła światła, które mamy niemal „wpisane" w nasze umysły. Z nimi się wychowaliśmy, były od zawsze dookoła nas i dopiero niedawno zaczęły być zastępowane nowocześniejszymi rozwiązaniami. Dodatkowo, z uwagi na to, że ich mechanizm świecenia – emisja cieplna, jest w zasadzie taki sam, jak sposób świecenia światła naturalnego (czyli słońca), są one bardzo „przyjazne" i naturalne dla naszego wzroku. O tym, w jaki sposób diody LED odbiegają od optymalnego oświetlenia, mówi szereg parametrów, które je charakteryzują.

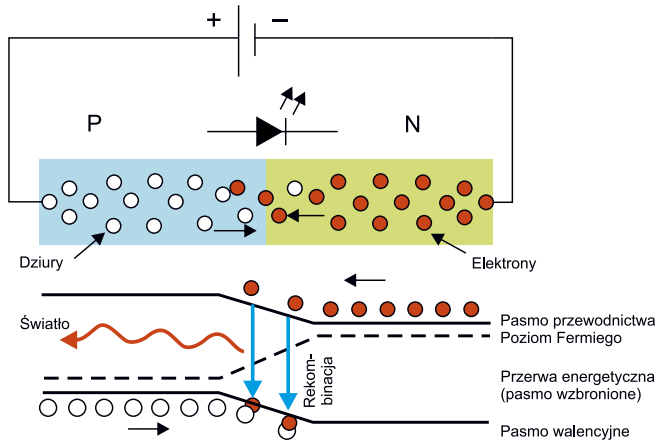
W artykule przyjrzymy się diodom LED stosowanym do oświetlania pomieszczeń, z naciskiem na parametry, jakie używane są do ich charakteryzacji oraz tym, w jaki sposób się je mierzy. Zrozumienie tych zagadnień pozwoli na wybranie optymalnych komponentów do każdego zastosowania.

Budowa i zasada działania diody LED

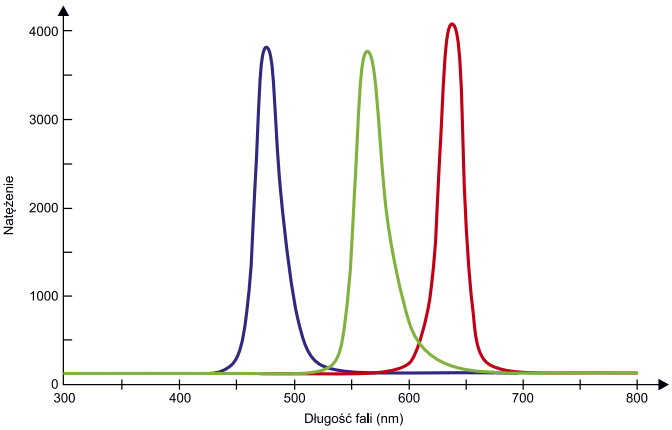
Dioda elektroluminescencyjna jest złączem P-N, tak jak każda dioda półprzewodnikowa. Złącze pomiędzy dwoma warstwami półprzewodnika emituje światło, gdy przepływa przez nie prąd elektryczny. Zjawisko to nazywa się elektroluminescencją. Elektrony przechodzą z obszaru N i rekombinują z dziurami znajdującymi się w obszarze P. Elektrony i dziury to cząstki i quasi-cząstki, reprezentujące ładunek elektryczny, odpowiednio ujemny i dodatni. O ile elektrony istnieją w rzeczywistości, to dziury są quasi-cząstkami – w rzeczywistości jest to wolne miejsce w materiale, które powstało na skutek przesunięcia elektronu dalej, poza materiał, pod wpływem przyłożonego napięcia.

Swobodne elektrony znajdują się na poziomie energetycznym zwanym pasmem przewodnictwa, natomiast dziury mają niższą energię i znajdują się w paśmie walencyjnym. Zatem poziom energii dziur

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 1. Schematyczne zobrazowanie złącza P-N i zasady działania diody elektroluminescencyjnej

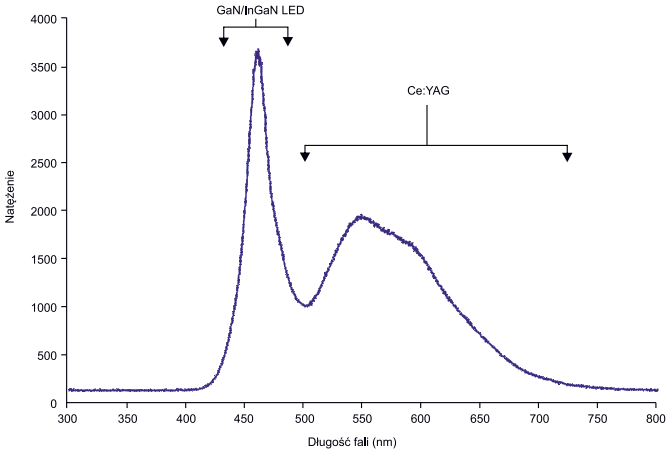


Rysunek 2. Emisja promieniowania trzech źródeł monochromatycznych składających się na światło białe

jest niższy niż poziomy energii elektronów. Z tego wynika, że pewna część energii musi zostać rozproszona, aby ponownie połączyć elektrony i dziury (zrekombinować je). Energia ta jest emitowana w postaci ciepła oraz przede wszystkim światła.

Elektrony rozpraszają energię w postaci ciepła w przypadku diod krzemowych i germanowych (tj. takich, gdzie przerwa energetyczna jest skośna, co uniemożliwia emisję fotonów), ale w półprzewodnikach takich jak fosforek-arsenek galu (GaAsP) czy fosforek galu (GaP) przerwa energetyczna jest prosta, a to umożliwia emisję fotonów. To, że przerwa energetyczna danego półprzewodnika jest prosta czy skośna, zasadniczo wykracza poza ramy tego artykułu – określenie to dotyczy parametru fizycznego, opisującego lokalizację elektronu i dziury w przestrzeni fizycznej i energetycznej. Prosta przerwa sprawia, że są one rozdzielone tylko energetycznie, a przerwa skośna, że także w przestrzeni krystalicznej, a co za tym idzie, muszą się „przesunąć". Objawia się to emisją fononu – kwantu drgania sieci krystalicznej, czyli (w uproszczeniu) ciepła. Jeśli przerwa energetyczna jest prosta, powstaje foton, który zostaje następnie wyemitowany, jeśli półprzewodnik jest dostatecznie cienki. W ten sposób złącze P-N staje się diodą elektroluminescencyjną.

Długość fali emitowanego przez diodę światła, a tym samym jego kolor, zależy od energii przerwy energetycznej materiałów tworzących złącze P-N. W diodach krzemowych lub germanowych elektrony i dziury zwykle rekombinują w wyniku przejścia niepromienistego, które nie powoduje emisji optycznej z uwagi na skośną przerwę. Materiały użyte do produkcji diod LED mają prostą przerwę energetyczną o energiach odpowiadających promieniowaniu elektromagnetycznemu od bliskiej podczerwieni, widzialnemu lub bliskiemu ultrafioletowi. To, jaka jest konkretna długość emitowanego światła, zależy więc od użytego półprzewodnika.



Rysunek 3. Emisja promieniowania z zastosowaniem luminoforów

Diody białe

Do oświetlenia używa się najczęściej białych diod LED. Diody o emisji zbliżonej do koloru białego uzyskuje się na dwa sposoby – łącząc trzy emitery w kolorach podstawowych lub stosując specjalne luminofory, świecące na biało pod wpływem promieniowania ultrafioletowego.

Pierwsze podejście polega na zintegrowaniu w układzie trzech pojedynczych diod LED, które emitują trzy podstawowe kolory – czerwony, zielony i niebieski. Kolory mieszają się ze sobą w celu uzyskania białego światła (**rysunek 2**). Rozwiązanie to pozwala również na tworzenie lamp RGB. Dzięki możliwości niezależnego sterowania natężeniem każdej z diod LED możliwe jest uzyskiwanie innych kolorów niż tylko biały.

Zastosowanie materiału luminoforowego do konwersji światła monochromatycznego z (na ogół) niebieskiej lub ultrafioletowej diody LED na białe światło o szerokim spektrum (**rysunek 3**) jest podobne do lampy fluorescencyjnej (świetlówki). Żółty luminofor to najczęściej domieszkowane cerem kryształy YAG. Luminofor YAG powoduje, że światło diody LED zamieniane jest w żółte (**fotografia 1**), a przestrzeń między kryształami umożliwia przechodzenie niebieskiego światła z diody – tylko jego część jest konwertowana w żółty kolor. Obie barwy wspólnie dają wrażenie światła zbliżonego do białego. Alternatywnie, białe diody LED mogą zawierać inne luminofory, takie jak fluorokrzemian potasu (PFS) domieszkowany manganem (IV) lub inne, specjalnie w tym celu zaprojektowane luminofory. PFS pomaga w generowaniu światła czerwonego i jest używany w połączeniu z konwencjonalnym luminoforem Ce:YAG. W diodach LED z luminoforem PFS część niebieskiego światła przechodzi przez luminofory, luminofor Ce:YAG konwertuje światło niebieskie na światło żółte, a luminofor PFS konwertuje światło niebieskie na światło czerwone.

Barwę – widmo emisji lub tzw. temperaturę barwową białych diod LED można zmieniać, zmieniając natężenie poszczególnych kolorów (czerwony, zielony i niebieski) lub ilość i rodzaj luminoforu(ów) naniesionego na emiter. Pozwala to na uzyskiwanie różnych rodzajów bieli, o czym dokładniej w dalszej części artykułu.



Fotografia 1. Białe diody LED z charakterystycznym żółtym zabarwieniem struktury

eprasa.pl 5a847e4771



Fotografia 2. Lampa LED to kompletny, zintegrowany system

„Żarówka" LED

Nic tak nie denerwuje inżynierów, jak nieprecyzyjne słownictwo. No chyba że niepoprawne stosowanie terminów. Żarówka, jak sama nazwa podpowiada, to elektryczne źródło światła, które używa rozżarzonego żarnika (na ogół wolframowego włókna) do produkcji światła. Dlatego też termin „żarówka LED" jest zupełnie niepoprawny – w diodzie elektroluminescencyjnej nic się nie żarzy. Nawet więcej – podczas pracy musi być ona chłodzona, aby nie uległa uszkodzeniu.

Z drugiej strony język, jakim się posługujemy, żyje własnym życiem. W mowie potocznej termin „żarówka" wziął pod swoje skrzydła wszystkie elektryczne źródła światła – lampy LED, świetlówki kompaktowe, lampy wyładowcze itd. Pamiętajmy o tym i przymknijmy oko na powtarzane jak mantra określania „żarówka energooszczędna" czy „żarówka LED" kierowane do nowoczesnych źródeł światła.

Lampa LED

Do oświetlenia używa się lamp zawierających diody elektroluminescencyjne, zintegrowane z elementami optycznymi i elektroniką. Dzięki temu tworzą kompletny system, który w prosty sposób zastępuje klasyczną żarówkę (**fotografia 2**). Do oświetlenia używa się również dyskretnych diod LED, jednak w tym artykule skupimy się na zintegrowanych lampach diodowych, które zawierają diody elektroluminescencyjne, elementy optyczne i podzespoły elektroniczne.

Diody elektroluminescencyjne

Kluczowym komponentem lampy LED są oczywiście diody LED. W zależności od tego, czy zastosowano diody RGB, czy diody z luminoforem, w lampie znaleźć możemy różną ilość struktur emitujących. W przypadku diody RGB na ogół instaluje się trzy diody lub ich wielokrotność. W niektórych lampach RGB – tak zwanych RGBW, oprócz trzech kolorowych diod montuje się diody w kolorze białym, aby poprawić współczynnik CRI lampy. Liczba diod LED ma też wpływ na geometrię wiązki emitowanego światła. Sama struktura diody LED emituje w ograniczonym stożku, dlatego też zastosowanie większej liczby emiterów pozwala na zwiększenie tego stożka w prosty i wydajny sposób. Liczba diod wpływa też na całkowite natężenie światła – pojedyncza dioda ma ograniczoną moc, więc najprostszym sposobem zwiększenia całkowitej mocy systemu jest zwiększenie liczby emiterów.

Elementy optyczne

Aby ukształtować wiązkę światła, ujednolicić światło pochodzące z wielu emiterów itd. stosuje się rozmaite elementy optyczne w lampie. Z jednej strony elementy odbijające światło – reflektory czy odbłyśniki, stosowane są także w klasycznych żarówkach (wystarczy spojrzeć na halogeny). Ich konstrukcja w lampach LED jest trochę inna, ale tak samo jak w halogenach pozwalają na zwiększenie kierunkowości emitowanego światła. Soczewki, dodawane do lamp LED, pozwalają na manipulację stożkiem światła, co pozwala na lepsze dobranie lampy do aplikacji. W zależności od tego, czy potrzebny jest element świecący szeroko, czy wąsko (jak np. teatralny), można dobrać odpowiednią lampę. Oprócz tych elementów w lampach LED często instaluje się matówki i rozpraszacze, które mają na celu wyrównać intensywność światła w obrębie wiązki. Konieczność stosowania takich elementów wynika z faktu, że w lampie LED często stosuje się wiele emiterów, więc strumień światła może być bardzo nierówny w swojej objętości.

Elektronika

Aby możliwe było podłączenie lampy LED do zwykłej oprawki, gdzie dotychczas pracowała żarówka, konieczne jest dodanie do lampy układu elektronicznego, który zmieni napięcie sieciowe (230 V AC) na takie, jakiego wymagają diody elektroluminescencyjne. Aby możliwe było zasilanie diod LED z napięcia sieciowego (na ogół), konieczne jest dodanie chociażby najprostszego układu elektronicznego, który byłby źródłem prądowym o odpowiednich parametrach. Stosuje się szereg różnych układów w lampach LED, od prostych zasilaczy beztransformatorowych, bazujących na kondensatorze ograniczającym prąd płynący przez diody, do złożonych przetwornic AC/DC, które w precyzyjny sposób sterują prądem diody. Schematy tych układów wykraczają poza zakres tego artykułu, gdyż ich zrozumienie nie jest konieczne do poznania parametrów lampy LED. Konstrukcja zasilacza w lampie LED ma wpływ na szereg parametrów gotowego produktu, takich jak np. sprawność elektryczna, współczynnik mocy czy bardzo często, trwałość i czas życia lampy.

Parametry i sposób ich pomiaru

Lampy LED, jakie używane są do oświetlenia, charakteryzowane są szeregiem różnych parametrów fizycznych. Poniżej przyjrzymy się najważniejszym z nich – ich znaczeniu dla doboru oświetlenia do konkretnej aplikacji oraz ich fizycznemu znaczeniu i definicji. Aby dopełnić kompletny obraz, opisane zostaną typowe metody ich pomiaru.

Natężenie światła

Jest to parametr opisujący, jak jasna jest badana lampa. Natężenie podaje się jako strumień świetlny, wyrażany w lumenach. Strumień świetlny to jeden z najważniejszych czynników, jeśli chodzi o żarówki. Im wyższa wartość strumienia (podawanego w lumenach), tym jaśniej żarówka będzie świeciła.

Lumen to jednostka strumienia świetlnego w układzie SI. Definiuje się ją jako strumień, wysyłany w kąt bryłowy równy jednemu steradianowi przez izotropowe źródło światła o światłości jednej kandeli. W dużym uproszczeniu, jednostka ta określa ilość światła emitowaną w pewnym kącie przez źródło. Kandela definiowana jest dla światła monochromatycznego o długości fali równej 555 nm, więc nie jest tak trywialne przejście do światła białego. W tym celu stosuje się specjalnie skalibrowane luksomierze, które dostosowane są do pomiaru światła białego.

Luksomierz zawiera czujnik, który mierzy padające na niego światło i zapewnia użytkownikowi mierzalny odczyt natężenia oświetlenia wyskalowany w luksach (1 lx=1 lm/m^2). Te przenośne urządzenia są powszechnie używane do charakteryzowania oświetlenia, przez fotografów, operatorów kamer itd. Luksomierze są standardowo skonfigurowane do oświetlenia w standardzie CIE A. Standardowy luksomierz nie będzie dobrze sprawdzał się w pomiarze oświetlenia LED z uwagi na inną charakterystykę spektralną. Do pomiaru strumienia świetlnego z lamp LED należy użyć specjalnego luksomierza, skalibrowanego do pomiaru tego rodzaju oświetlenia. Na **fotografii 3** pokazano przykładowe urządzenie tego rodzaju. Składa się ono z głowicy, która podłączona jest przewodem do zasadniczej części miernika.

Jeszcze lepszym rozwiązaniem jest zmierzenie nie tylko natężenia światła lampy LED w jednym punkcie, ale pomiar całego widma jej emisji, tym bardziej że potrzebne ono będzie również do wyznaczenia innych parametrów. Na podstawie widma oraz specjalnej krzywej kalibracyjnej wyznaczyć można wartość strumienia w lumenach.

Innym istotnym aspektem jest geometria pomiaru – całe światło emitowane przez lampę powinno trafić do detektora. Aby zebrać całe światło dowolnego emitera, używa się tzw. stref całkujących. Strefa

eprasa.pl 5a847e4771



Fotografia 3. Przykładowy luksomierz

taka pokazana jest na **fotografii 4**. Strefa całkująca to duża kula, wyłożona we wnętrzu materiałem, który rozprasza światło. Zazwyczaj jest to spectralon – materiał składający się w znacznym stopniu z teflonu, który charakteryzuje się reflektancją wyższą niż 99% w zakresie od 400 nm do 1500 nm – czyli w całym zakresie światła widzialnego i bliskiej podczerwieni. Sfera taka musi być na tyle duża, aby pomieścić w swoim wnętrzu badane źródło światła. Lampa, umieszczona w środku, oświetla wnętrze sfery, a materiał, który znajduje się w jej wnętrzu, rozprasza światło równomiernie na całej powierzchni wewnętrznej sfery. Jeśli teraz umieści się na powierzchni tej sfery fotodetektor (np. spektrometr czy luksomierz) w specjalnym porcie, tj. po prostu w otworze w pokryciu sfery, na detektor padnie strumień świetlny proporcjonalny do strumienia emitowanego przez badaną lampę. Współczynnikiem proporcjonalności w tym przypadku jest stosunek pola powierzchni detektora do całkowitej powierzchni wewnętrznej sfery. Wystarczy przemnożyć przez ten stosunek pomiar detektora, aby uzyskać dane lampy.

Wartość strumienia świetlnego jest najczęściej wykorzystywana do tego, aby porównywać między sobą różnego rodzaju źródła światła i dobierać je do konkretnej aplikacji. Dla wielu osób, przyzwyczajonych do żarówek i dobierania ich według mocy elektrycznej, to bardzo ważny parametr. Żarówka o mocy 25 watów odpowiada lampie LED mającej



Fotografia 4. Sfera całkująca

Tabela 1. Przykładowe wymagania dotyczące wartości strumienia świetlnego przypadającego na metr kwadratowy pomieszczenia w typowych przestrzeniach w domu

Rodzaj pomieszczenia	Strumień świetlny (lm/m²)
Korytarz, hall itp.	150
Pokój dzienny	300
Pokój dziecięcy	400
Jadalnia	300
Sypialnia	250
Łazienka	400
Oświetlenie przy lustrze w łazience	600
Kuchnia	300
Blat kuchenny	600
Miejsce do czytania	min. 400
Miejsce do pracy precyzyjnej (np. warsztat do lutowania)	750–1000
Biurko z komputerem	500

od 200 do 300 lm, 40 watów odpowiada od 300 do 500 lm, 60 watów to przedział od 500 do 750 lm, 75 watów daje od 700 do 1000 lm światła, a 100 W odpowiada źródłu światła od 900 do 1600 lm.

Jeśli chodzi natomiast o dobór konkretnej lampy do aplikacji, to kierować należy się liczbą instalowanych punktów świetlnych oraz, oczywiście, rodzajem pomieszczenia i jego powierzchnią. W **tabeli 1** podano wartości strumieni świetlnych wymaganych w danym rodzaju pomieszczenia w przeliczeniu na metr kwadratowy.

Temperatura barwowa

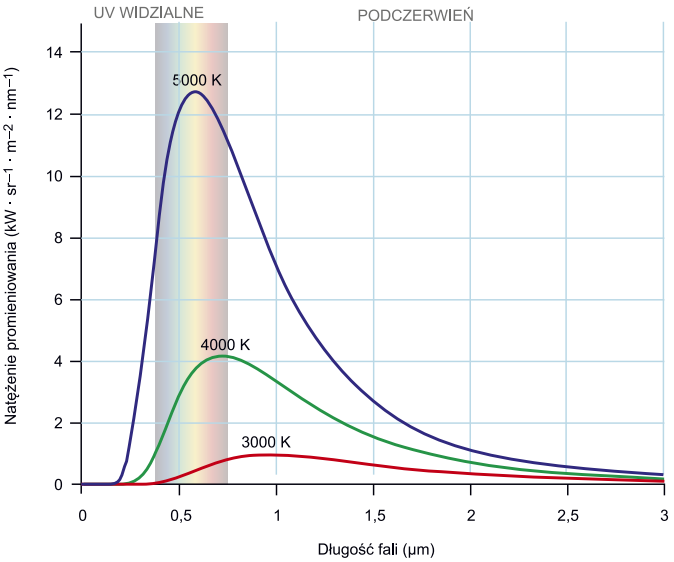
Temperatura barwowa źródła światła to temperatura, która odpowiada temperaturze idealnego promiennika – ciała doskonale czarnego, który emituje światło o barwie porównywalnej z badanym źródłem światła. Temperatura barwowa jest cechą światła widzialnego, która ma ważne zastosowania w oświetleniu, fotografii, wideo, astrofizyce, ogrodnictwie i innych dziedzinach. W praktyce temperatura barwowa ma znaczenie tylko dla źródeł światła, które w rzeczywistości odpowiadają w pewnym stopniu promieniowaniu ciała doskonale czarnego, tj. emitują światło w postaci widma, które opisane jest rozkładem Plancka. Rozkład ten, dla różnych temperatur (3000 K, 4000 K oraz 5000 K) pokazano na **rysunku 4**.

Temperatura barwowa wyrażana jest w kelwinach – jednostce miary temperatury bezwzględnej, gdyż odpowiada temperaturze ciała doskonale czarnego. W przypadku źródeł innych niż termiczne, takich jak lampy LED, nie jest możliwe dopasowanie rozkładu Plancka do zmierzonego widma, dlatego też konieczne jest wykorzystanie tzw. skorelowanej temperatury barwowej T_C. Ona także wyrażana jest w kelwinach, jednak zdefiniowano ją tak, aby uwzględniała ludzką percepcję emisji o nieplanckowskim rozkładzie.

Temperaturę skorelowaną można wyznaczać na szereg sposobów i co jakiś czas opracowywane są nowe, półempiryczne metody rzutowania parametrów fizycznych emiterów na wyidealizowaną przestrzeń barwną i wyznaczania w ten sposób skorelowanej temperatury barwnej. Dokładny opis tych metod wykracza poza zakres tego artykułu, dużo istotniejsze jest wyobrażenie sobie, jak wyglądają lampy w szerokim spektrum temperatur barwnych.

Temperatury barw powyżej 5000 K nazywane są „kolorami zimnymi”, ponieważ są niebieskawe, podczas gdy niższe temperatury barwowe (2700...3000 K) nazywane są „kolorami ciepłymi” (są żółtawe). Ciepły w tym kontekście odnosi się do koloru, a nie temperatury barwowej, bo ta jest zupełnie odwrotna – ciepła barwa światła pochodzi z chłodniejszych emiterów; te o najwyższej temperaturze barwowej w istocie

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 4. Rozkłady Plancka – widma emisji ciała doskonale czarnego, dla różnych temperatur

daje światło chłodniejsze. W **tabeli 2** zebrano przykładowe temperatury barwowej różnych źródeł światła – naturalnych i sztucznych.

Tabela 2. Temperatury barwowe różnych, sztucznych i naturalnych, źródeł światła

Temperatura [K]	Źródło
1700	Płomień zapałki, niskoprężne lampy sodowe
1850	Płomień świeczki, słońce podczas wschodu/zachodu
2400	Standardowa żarówka
2550	Żarówka tzw. mleczna
2700	Świetlówki kompaktowe i lampy LED w kolorze soft white
3000	Ciepłe świetlówki kompaktowe oraz lampy LED
3200	Lampy studyjne itp.
5000	Światło słoneczne na wysokości horyzontu
5000	Świetlówki, chłodne świetlówki kompaktowe, typowe światło słoneczne
5500...6000	Padające pionowo światło słoneczne, flesz aparatu
6200	Ksenonowa lampa łukowa
6500	Światło słoneczne przy zachmurzonym niebie
6500...9500	Ekran monitora LCD lub CRT
15000...27000	Czyste niebieskie niebo widoczne z biegunów

Współczynnik oddawania barw (CRI)

„Biel" wytwarzanego światła powinna być dopasowana do ludzkiego oka. Z powodu zjawiska metameryzmu możliwe jest zastosowanie różnych widm emisji, które wszystkie wydają się odbiorcy białe. Zjawisko metameryzmu polega na różnym odbiorze koloru barwnika przez nasze oczy, przy różnym oświetleniu. To kwestia oddawania barw, zupełnie niezależna od temperatury barwowej. O tym, jak dobrze dane źródła światła oddają barwy przedmiotów (w porównaniu do światła dziennego), mówi wskaźnik oddawania barw (CRI). Jest to ilościowa miara zdolności źródła światła do wiernego oddawania barw różnych obiektów w porównaniu z idealnym lub naturalnym źródłem światła. Najczęściej jako miarę CRI wykorzystuje się CIE R_a. Parametr ten można wyznaczyć sposobem, jaki opisano dalej.

Źródła światła o wysokim CRI są pożądane w zastosowaniach, w których kolor ma krytyczne znaczenie, takich jak szpitale, zwłaszcza na oddziałach noworodkowych, pracownie renowacji dzieł sztuki czy też warsztaty i inne miejsca, gdzie kolory są istotne. W naszych domach oświetlenie o wysokim CRI także nie jest bez znaczenia – może nie jest krytyczne, ale jeśli mamy na to wpływ, powinniśmy wybrać lampy LED o wyższym CRI.

Numerycznie, najwyższa możliwa wartość CIE R_a wynosi 100 i jest przypisana tylko do źródła identycznego ze znormalizowanym światłem dziennym lub ciałem doskonale czarnym (lampy żarowe mieszczą się w tej kategorii). Wartość ta może dochodzić nawet do wartości ujemnych dla niektórych, wyjątkowo niekorzystnych źródeł światła. Niskociśnieniowe lampy sodowe mają ujemny współczynnik CRI, równy –44 z uwagi na to, że emitują one w zasadzie monochromatyczne, żółte światło. Świetlówki wahają się od około 50 dla podstawowych typów, do około 98 dla najlepszych świetlówek z odpowiednio dobieranymi, wielopasmowymi luminoforami. Typowe diody LED, używane do oświetlania pomieszczeń, mają CRI 80 lub więcej – niektórzy producenci donoszą, że ich lampy LED osiągają CRI dochodzące nawet do 98. Uzyskuje się to, wstosując złożoną mieszankę luminoforów, co skutkuje jednak mniejszą sprawnością świetlną – wszystko jest jakimś kompromisem.

Współczynnik ten jest zdefiniowany przez Międzynarodową Komisję ds. Oświetlenia (ICI). CRI oblicza się, porównując oddawanie barw przy oświetleniu z testowego źródła do oświetlenia za pomocą źródła „idealnego", które jest na ogół promiennikiem w postaci jakiegoś emitera ciała doskonale czarnego dla źródeł o skorelowanych temperaturach barwowych poniżej 5000 K, a poniżej tego wybraną fazą światła dziennego (np. D65).

Metoda testowa (zwana również metodą próbek testowych) wymaga jedynie informacji kolorymetrycznych, a nie spektrofotometrycznych. Zdefiniowany jest szereg kolorów – standardowych próbek testowych, które wykorzystuje się przy porównaniu. Oświetla się je najpierw badanym światłem, a następnie światłem z idealnego źródła porównawczego o takiej samej temperaturze barwowej, jaką ma badane źródło światła. Za każdym razem określa się kolor odbitego światła w przestrzeni barwnej CIE 1964. Dla każdej badanej próbki oblicza się niezależnie tzw. szczególne CRI, korzystając ze wzoru $R_i=100-4{,}6\times\Delta E_i$, gdzie ΔE_i to euklidesowa odległość pomiędzy idealnym a zmierzonym kolorem w przestrzeni kolorów. CIE R_a jest średnią arytmetyczną z poszczególnych R_i. Na ogół wykorzystuje się osiem pierwszych standardów (TCS01...TCS08) do wyznaczenia CIE R_a, a pozostałe sześć stosuje się do ewentualnego uzyskiwania pomocniczych informacji, które jednak rzadko kiedy podawane są dla komercyjnych lamp LED. Kluczowe jest CIE R_a, które na opakowaniu podawane jest właśnie jako CRI.

Kąt wiązki światła

Kąt wiązki światła to kąt, pod którym światło jest rozprowadzane lub emitowane ze źródła. Wiązka światła kształtowana jest w lampie przez optykę – odbłyśnik oraz soczewki, jakie użyte są w lampie. Na rynku dostępne są lampy, które emitują światło pod różnymi kątami od 45 stopni do 120 stopni. Na **rysunku 5** porównano ze sobą, w uproszczony sposób, poszczególne rodzaje lamp.

Kąt emisji światła z lampy LED dobiera się do jej zastosowania. W przypadku większości lamp gospodarstwa domowego zamontowanych na suficie kąt wiązki światła w zakresie 30...40 stopni będzie wystarczający, biorąc pod uwagę standardową wysokość sufitu oraz rozmieszczenie i liczbę lamp na danym obszarze. Jeśli nasz sufit znajduje się niżej lub lampy są rozmieszczone dosyć rzadko, należy wybrać lampy o szerszych wiązkach – 90 lub 120 stopni.

Pomiar kąta emisji jest bardzo prosty. Wykorzystuje się do tego luksomierze lub spektrometry zintegrowane z goniometrem. W dużym uproszczeniu jest to detektor światła o bardzo wąskim polu widzenia, który umieszczony jest na ruchomym ramieniu, co pozwala na pomiar natężenia światła lampy pod różnym kątem. Możliwe jest też obracanie samą lampą. Pozwala to na określenie kąta rozchodzenia się światła z tego źródła. Na **fotografii 5** pokazano przykładowy

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 5. Porównanie różnych kątów wiązki światła z lampy LED

goniofotometr, jaki wykorzystuje się do pomiaru rozkładu przestrzennego światła z lampy.

Pobór mocy

O tym, dlaczego pobór mocy jest kluczowym parametrem, nie ma, co się rozwodzić. O ile powyższe parametry – temperatura barwowa, CRI czy kąt emisji światła, przekładają się na komfort użytkowania danej lampy LED, o tyle pobór mocy przekłada się bezpośrednio na koszt użytkowania lampy.

Pobór mocy lampy LED jest parametrem, który nie wymaga dokładniejszego opisu. W przypadku lamp LED zasilanych z 230 V mierzy się bezpośrednio pobór mocy z sieci. Oznacza to, że pobór mocy uzależniony jest od mocy, jaką pobierają same diody LED, ale także od sprawności wbudowanego w lampę LED zasilacza. Oba elementy mają wpływ na ekonomię używania danego źródła światła.

Sprawność

Dla oświetlenia najwięcej sensu ma definiowanie tzw. sprawności lub skuteczności świetlnej. Mówi ona o strumieniu świetlnym, jaki przypada na jednostkę mocy. Skuteczność tę wyraża się w lumenach na wat. Wyznaczenie tego parametru jest relatywnie proste, szczególnie na tym etapie – zmierzono już całkowity strumień świetlny analizowanej lampy oraz jej pobór mocy. Wystarczy podzielić przez siebie te dwie wartości, aby uzyskać sprawność świetlną. W **tabeli 3** umieszczono listę różnych źródeł światła wraz z ich sprawnościami świetlnymi.

Współczynnik mocy

Współczynnik mocy to stosunek mocy rzeczywistej (watów) wykorzystywanej przez obciążenie do mocy pozornej (napięcie × prąd pobierany przez lampę) w obwodzie prądu zmiennego. Współczynnik mocy (PF) równy jest stosunkowi mocy rzeczywistej do mocy pozornej.

Większość dostawców energii elektrycznej rozlicza odbiorców domowych według mocy rzeczywistej. Oznacza to, że dwie diody LED o tej samej mocy, ale o różnych współczynnikach mocy, będą rozliczane niemal identycznie w przypadku zastosowań domowych. Jednakże w otoczeniu komercyjnym, w zależności od wypadkowego współczynnika mocy dla wszystkich odbiorników mocy u danego odbiorcy, naliczane mogą być dodatkowe opłaty, jeżeli będzie on odbiegał mocno od jedności. Chociaż kiepski współczynnik mocy – daleki od jedności, może wydawać się nieszkodliwy, to w dużej mierze przekłada się na nadmierne obciążenie dla elektrowni. Zużywając więcej energii niż potrzeba, negatywnie wpływa także na środowisko, marnując więcej energii, niż jest to potrzebne, co z kolei przekłada się na większą emisję gazów cieplarnianych do atmosfery itd. Aby temu zaradzić, Energy Star (międzynarodowa organizacja mająca na celu promowanie energooszczędnych rozwiązań i systemów) wymaga, aby lampy LED o mocy większej niż 5 W miały minimalny współczynnik mocy równy 0,7. Chociaż współczynnik mocy równy 1,0 byłby idealny, to w większości przypadków nie jest to możliwe z uwagi na integrowane w lampach LED przetwornice impulsowe do zasilania.

Podsumowanie

Jak opisano w artykule, lampa LED charakteryzowana jest wieloma parametrami, które wydawały się jeszcze niedawno nieznane. W przypadku żarówek ich nie podawało się, jako że w większości wypadków są one idealne – CRI równe w zasadzie 100, optymalna temperatura barwowa,



Fotografia 5. Goniofotometr wykorzystywany do pomiaru rozkładu przestrzennego światła emitowanego przez lampę

współczynnik mocny równy jedności (żarówka jest obciążeniem czysto rezystancyjnym) itd. Oczywiście, jest szereg parametrów, w których lampy LED pokazują swoją wyższość – pobór prądu czy sprawność świetlna. Dlatego też zyskały tak bardzo na popularności. W dobie kryzysu energetycznego oszczędzanie prądu jest kluczowe dla wszystkich z nas.

Znajomość kluczowych parametrów lamp LED pozwala wybrać najlepsze i najbardziej dopasowane do naszej aplikacji z tych, jakie dostępne są na rynku. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie najlepszego efektu – optymalnie doświetlonej przestrzeni przy osiągnięciu minimalnego zużycia energii elektrycznej.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:
https://bit.ly/2VW6B5F
https://bit.ly/37GiJdf
https://bit.ly/3xHVREJ
https://bit.ly/3gkYUgv

Tabela 3. Wartości sprawności świetlnych różnych źródeł światła

Rodzaj źródła światła	Sprawność świetlna (lm/W)
Siatka Auera w lampie gazowej	1...2
Lampa łukowa z elektrodami węglowymi	2...7
Żarówka o mocy elektrycznej 15 W	8
Żarówka o mocy elektrycznej 100 W	13,8
Halogen o mocy elektrycznej 100 W	16,7
Halogen o mocy 19,8	19,8
Wysokoprężna lampa rtęciowa	30...50
Lampa ksenonowa	30...50
Świetlówka o mocy 32 W	60
Lampa LED o mocy elektrycznej ok. 10 W	75...120
Niskoprężna lampa sodowa	100...200
Lampa LED o mocy 21,5 W w oprawie świetlówki	172
Ciało doskonale czarne w temperaturze 5800 K	251
Teoretyczny limit wydajności dla białych diod LED wykorzystujących fosfor do uzyskania białego światła	260...300
Teoretyczny limit wydajności – monochromatyczne zielone światło (555 nm) – maksymalna możliwa wydajność	683,002

eprasa.pl 5a847e4771

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (7)

Front-endy do pomiarów (bio)chemicznych

W poprzednim odcinku cyklu zaprezentowaliśmy front-endy przeznaczone do wykonywania pomiarów biomedycznych w paśmie światła widzialnego oraz podczerwieni. Wszystkie omówione dotychczas układy umożliwiały akwizycję sygnałów wprost z żywego organizmu, co w nomenklaturze medycznej i biologicznej określa się jako pomiary in vivo. W tym miesiącu po raz pierwszy przyjrzymy się układom przeznaczonym do badań na próbkach substancji biologicznych pobranych z organizmu (in vitro), choć opisane rozwiązania znajdują zastosowanie także w niemedycznych pomiarach substancji organicznych i nieorganicznych innego pochodzenia.





Wszystkie poprzednie odcinki znajdują się pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**

Biosensor – technologia na styku biologii i elektroniki

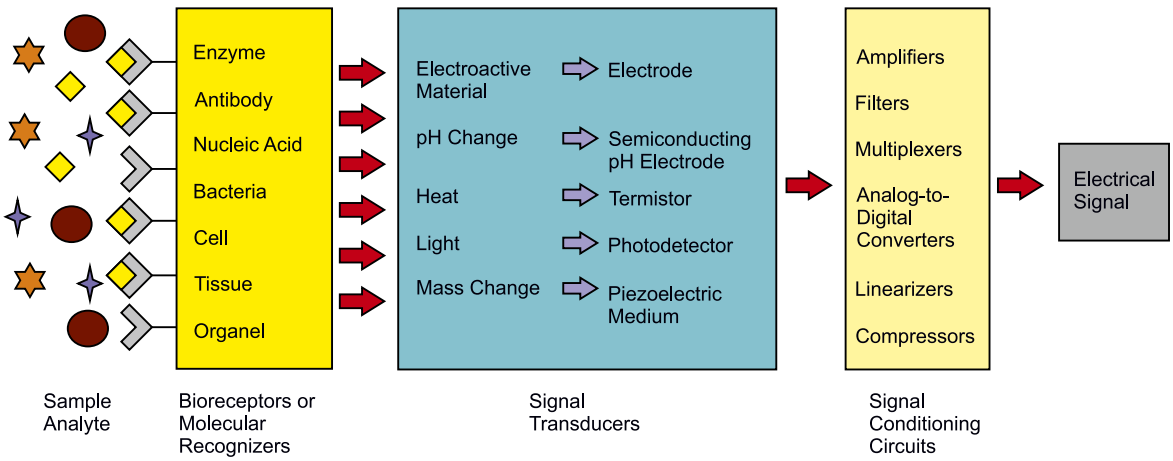
Pojęciem nader często spotykanym w odniesieniu do różnorodnych chemicznych i biochemicznych metod pomiarowych jest biosensor. Według klasycznej definicji system taki jest czujnikiem złożonym z części biologicznej (odczynnika, fragmentu tkanki, a nawet kontrolowanej kolonii bakterii) oraz części aparaturowej, odpowiedzialnej za przetworzenie specyficznych sygnałów biofizycznych lub chemicznych, generowanych w wyniku oddziaływania substancji poddawanej analizie (tzw. analitu) z częścią biologiczną biosensora. W zależności od rodzaju wykrywanego czynnika, poszczególne biosensory różnią się zarówno pochodzeniem części biologicznej, jak i metodą detekcji, używaną przez część aparaturową (**rysunek 1**). Ta pierwsza może wykorzystywać m.in.:

- enzymy,
- sondy molekularne – do detekcji DNA,
- fragmenty tkanek pochodzenia zwierzęcego lub roślinnego,
- specyficzne kolonie bakterii,
- chemoreceptory.

Część aparaturowa może natomiast bazować na:

- zjawiskach elektrochemicznych – stężenie analitu jest określane (z wykorzystaniem znanej krzywej kalibracji) poprzez pomiar wartości natężenia prądu lub napięcia generowanego przez reakcję chemiczną czy też przez detekcję zmian impedancji elektrycznej próbki;
- termodynamice reakcji – niektóre procesy biologiczne generują mierzalną ilość ciepła, co pozwala na określenie zawartości danego analitu w próbce;
- właściwościach optycznych – do pomiaru wykorzystywane są m. in. zjawiska fluorescencji (emisja światła po kontrolowanej ekspozycji na określoną falę elektromagnetyczną) czy też zmiana barwy próbki pod wpływem działania części biologicznej biosensora (metody fotometryczne i kolorymetryczne).

O ile w przypadku zjawisk termodynamicznych oraz optycznych mogą być zastosowane dość standardowe układy pomiarowe (jeżeli tylko zapewniają odpowiednią rozdzielczość, czułość i poziom szumu), o tyle w przypadku metod elektrochemicznych stosowane



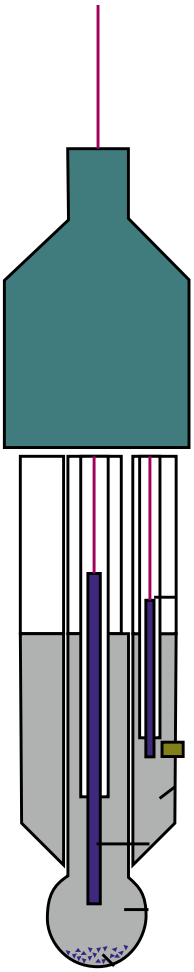
Rysunek 1. Koncepcja budowy systemu pomiarowego opartego na biosensorze

eprasa.pl 5a847e4771

są front-endy bezpośrednio (galwanicznie) współpracujące z układem elektrod (zanurzonym w próbce) lub też ze zintegrowanym paskiem testowym (stanowiącym podstawę do umieszczenia próbki roztworu). Warto też zwrócić uwagę na fakt, że nie wszystkie układy pomiarowe przeznaczone do badań (bio)chemicznych można uznać za biosensory – przykładem mogą być klasyczne sondy pH-metryczne, które – choć bazują na zjawiskach elektrochemicznych – korzystają z odczynników pochodzenia nieorganicznego.

Pomiar pH za pomocą klasycznych sond szklanych

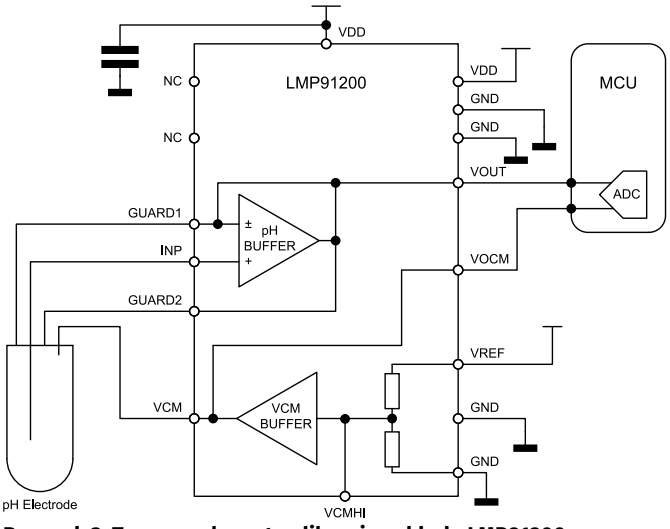
Omówienie elektrochemicznych układów pomiarowych warto zacząć od najprostszych (od strony elektronicznej) pH-metrów, wykorzystujących klasyczne sondy szklane (zanurzeniowe). Widok przykładowego czujnika tego typu, w nieco unowocześnionym wykonaniu, został pokazany na fotografii tytułowej – nie zagłębiając się w chemiczne szczegóły konstrukcji takiej sondy, wystarczy wiedzieć, że składa się ona z dwóch elektrod prętowych, z których jedna zanurzona jest w wewnętrznym zasobniku z roztworem wzorcowym, druga zaś pozostaje w kontakcie z drugim roztworem, oddzielonym od mierzonej substancji membraną przepuszczalną dla jonów (**rysunek 2**). Umieszczenie sondy w badanym roztworze powoduje – na drodze wymiany jonów – ustalenie określonej różnicy potencjałów pomiędzy obydwiema elektrodami. Wartość siły elektromotorycznej (SEM) jest zależna od pH roztworu poddawanego analizie, zatem do wykonania pomiaru z użyciem czujnika wystarczy przetwornik ADC o wysokiej rozdzielczości bądź konwerter ADC z dodatkowym wzmacniaczem o dużej impedancji wejściowej. Przeliczenia zmierzonego napięcia na wartość pH można dokonać z użyciem prostej tablicy LUT.



Rysunek 2. Budowa typowej sondy pH-metrycznej; 1 – membrana przepuszczalna dla jonów, 2 – elektroda pomiarowa, 3 – elektrolit wewnętrzny, 4 – osad chlorosrebrowy (efekt starzenia sondy), 5 – elektroda wzorcowa (referencyjna), 6 – roztwór wzorcowy, 7 – diafragma, 8 – obudowa

LMP91200

Firma Texas Instruments, mając na uwadze wymagania współczesnych systemów mikroprocesorowych, zadbała o wdrożenie do swojego portfolio układu AFE przygotowanego specjalnie na potrzeby pH-metrów. Front-end oznaczony symbolem LMP91200 to w pełni analogowy, konfigurowalny stopień wejściowy, zoptymalizowany pod kątem użycia w niskomocowych układach do pomiaru pH. Schemat aplikacyjny układu został pokazany na **rysunku 3**. Sercem prezentowanego AFE są dwa wzmacniacze operacyjne. Pierwszy z nich pełni funkcję bufora napięciowego o wzmocnieniu jednostkowym (wtórnik napięcia) i ultraniskim prądzie polaryzacji wejść (niewiele ponad 400 fA i to na końcu zakresu dopuszczalnych temperatur pracy, tj. przy 85°C). Aby wykorzystać zalety tak wysokiej impedancji wejść wzmacniacza, w praktycznym układzie należy przewidzieć zastosowanie pierścienia ekranującego w postaci ścieżki na PCB okalającej cały tor wejściowy – producent maksymalnie ułatwił implementację tego rozwiązania, wyprowadzając wyjście wzmacniacza aż na dwa dodatkowe piny obudowy TSSOP16 i umieszczając je wokół wejścia nieodwracającego. Dzięki temu budowa



Rysunek 3. Typowy schemat aplikacyjny układu LMP91200

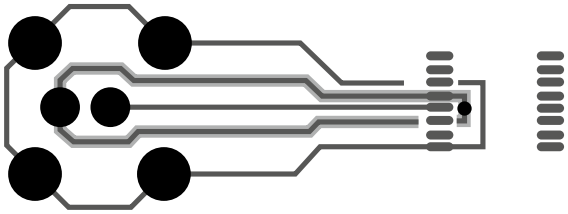
poprawnego layoutu płytki drukowanej jest wręcz banalnie prosta – przykład pokazano na **rysunku 4**. Warto dodać, że do potencjału pierścienia można też podłączyć ekran przewodu sondy pomiarowej (o ile jej konstrukcja umożliwia takie połączenie, gdyż w wielu przypadkach sonda współpracuje ze zwykłym przewodem koncentrycznym, zakończonym wtykiem BNC), dzięki czemu obydwie żyły prowadzące od elektrod do układu AFE będą objęte aktywnym ekranem. Takie rozwiązanie znakomicie zwiększy odporność układu na wszechobecne zakłócenia EMI, przenoszone zwłaszcza drogą sprzężenia pojemnościowego.

Drugi wzmacniacz operacyjny (VCM buffer) służy do ustalenia offsetu napięciowego, równego połowie napięcia odniesienia, podłączonego do układu za pomocą pinu VREF. Wysoka rezystancja zastępcza dzielnika (250 kΩ) zapewnia mały pobór prądu, a dodatkowo ułatwia bezpośrednie podłączenie nawet do niebuforowanych źródeł napięcia referencyjnego.

Zaletą zaprezentowanego rozwiązania okazuje się umożliwienie pracy układu LMP91200 w urządzeniach o zasilaniu pojedynczym (tj. bez ujemnego napięcia polaryzującego dla części analogowej) – jest to zatem ukłon w stronę konstruktorów przyzwyczajonych do unipolarnych układów zasilania urządzeń mikroprocesorowych, gdyż sama sonda, ze swojej „chemicznej natury rzeczy", generuje napięcia bipolarne podczas pracy w pełnym zakresie pH.

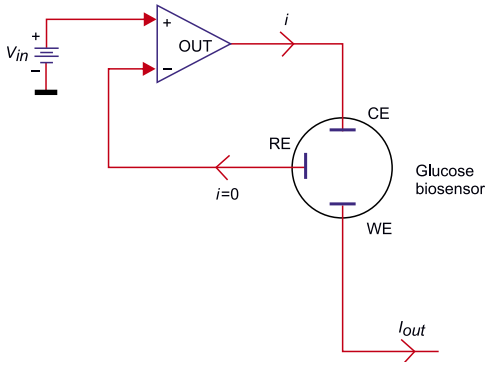
Pomiar stężenia glukozy we krwi obwodowej

Słusznym skojarzeniem z biosensorami, które mogło nasunąć się uważnemu Czytelnikowi po lekturze wstępu do niniejszego artykułu, są popularne glukometry elektroniczne, dostępne w aptekach i sklepach medycznych. Istotnie, mierniki poziomu cukru – wykorzystujące kroplę krwi obwodowej pacjenta (pobranej z naczyń skórnych, najczęściej z opuszka palca ręki) – bazują najczęściej właśnie na metodzie elektrochemicznej. Funkcję biosensora elektroenzymatycznego pełni jednorazowy pasek testowy, zbudowany w oparciu na układzie elektrod planarnych, umieszczonych na dielektrycznym podłożu i otoczonych (w obszarze okienka pomiarowego) enzymem – oksydazą glukozową. Substancja ta katalizuje reakcję utleniania



Rysunek 4. Poprawny layout PCB dla układu LMP91200, uwzględniający pierścień ekranu aktywnego wokół wejścia sygnałowego

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 5. Uproszczony schemat topologii 3-elektrodowego czujnika elektrochemicznego z potencjostatem

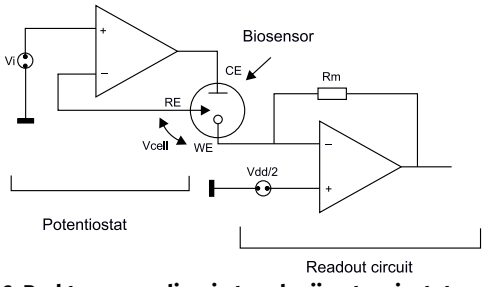
glukozy, znajdującej się w naniesionej na okienko pomiarowe kropli krwi, co prowadzi do wzrostu pH i wydzielenia nadtlenku wodoru, a w konsekwencji także spadku ciśnienia parcjalnego tlenu w próbce. Intensywność przemian chemicznych można monitorować za pośrednictwem tzw. układu potencjostatycznego (**rysunek 5**).

Schemat praktycznej realizacji takiej topologii, zawierającej czuły wzmacniacz transimpedancyjny, pokazuje **rysunek 6**. Potencjostat (w jego roli występuje wzmacniacz operacyjny z wejściami wysokoimpedancyjnymi, np. JFET) ustala napięcie, panujące na tzw. przeciwelektrodzie (CE), przy czym jako poziom odniesienia jest wykorzystywany potencjał elektrody referencyjnej (RE). Wejścia wzmacniacza transimpedancyjnego (TIA) są spolaryzowane nieco innym napięciem, a – z uwagi na duże wzmocnienie różnicowe wzmacniacza – elektroda pracująca (WE) znajduje się praktycznie na identycznym potencjale, co wejście nieodwracające TIA. Różnica potencjałów pomiędzy elektrodami RE i WE jest więc stała i zależna od napięć polaryzujących wejścia nieodwracające obu wzmacniaczy operacyjnych. Przepływ prądu – kontrolowany przez przebieg reakcji chemicznej – ma zatem miejsce pomiędzy elektrodami CE i WE, a napięcie proporcjonalne do natężenia owego prądu jest dostępne na wyjściu wzmacniacza transimpedancyjnego. W skrócie rzecz ujmując, można stwierdzić, że układ zapewnia stałe napięcie „polaryzujące" próbkę, zaś właściwy pomiar odbywa się na drodze amperometrycznej.

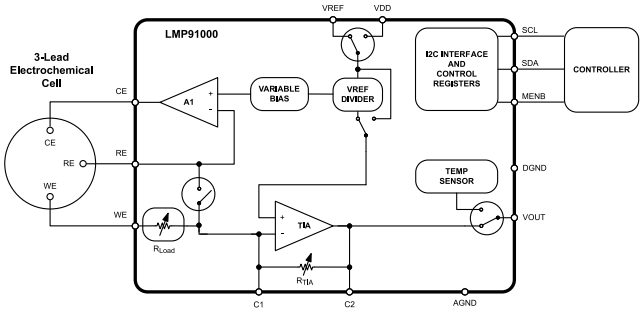
LMP91000

Układ potencjostatyczny jest szeroko stosowany nie tylko w układach pomiaru glukozy w próbce płynu ustrojowego pacjenta – równie często spotkamy go w innych zastosowaniach elektrochemicznych, w tym w układach aplikacyjnych czujników, służących do wykrywania gazów toksycznych. Firma Texas Instruments stworzyła front-end o oznaczeniu LMP91000 – podobieństwo nazwy układu do opisanego wcześniej modelu LMP91200 jest dość mylące, gdyż obydwa produkty różnią się praktycznie wszystkim: zarówno konstrukcją, jak i parametrami, oferowaną funkcjonalnością, a także zakresem potencjalnych zastosowań. Schemat aplikacyjny układu został pokazany na **rysunku 7**.

Sercem front-endu LMP91000 jest układ dwóch precyzyjnych wzmacniaczy operacyjnych – pracującego w roli potencjostatu wzmacniacza



Rysunek 6. Praktyczna realizacja topologii potencjostatycznej z użyciem dwóch wzmacniaczy operacyjnych



Rysunek 7. Typowy schemat aplikacyjny układu LMP91000

A1 oraz wzmacniacza transimpedancyjnego (TIA), odpowiedzialnego za pomiar prądu płynącego przez biosensor. Układ ma trzy wyprowadzenia elektrodowe o standardowych oznaczeniach (CE, RE oraz WE), przeznaczone do bezpośredniego podłączenia czujnika (np. paska testowego). Potencjał odniesienia wzmacniacza A1 jest ustalany przez przestrajany cyfrowo dzielnik napięcia, który stanowi dodatkowo źródło potencjału polaryzującego wejście nieodwracające wzmacniacza TIA. Wewnętrzne klucze analogowe umożliwiają wykorzystanie zewnętrznego źródła napięcia odniesienia bądź użycie w jego roli dodatniej szyny zasilania układu (VDD), pozwalają także na obejście (bypass) dzielnika i podłączenie linii VREF/VDD bezpośrednio do TIA.

Interfejs I²C, wyposażony w blok rejestrów konfiguracyjnych, ułatwia ponadto regulację wzmocnienia (czułości) wzmacniacza transimpedancyjnego przez podłączenie wewnętrznych rezystorów o wartości 2,75; 3,5; 7; 14; 35; 120 lub 350 kΩ. Choć wzmocnienie wypadkowe ma tolerancję fabryczną na poziomie aż 5%, to wzmacniacz TIA zapewnia bardzo dobrą liniowość rzędu 0,05% – przy zastosowaniu cyfrowej kalibracji po stronie procesora nadrzędnego, układ LMP91000 nadaje się zatem doskonale do budowy precyzyjnych torów pH-metrycznych. Dodatkową kompensację i filtrację szumów można zapewnić przez dodanie zewnętrznego kondensatora – pozwalają na to wyprowadzenia C1 i C2, prowadzące wprost do rezystora sprzężenia zwrotnego TIA.

Producent układu LMP91000 zadbał także o funkcję pomiaru temperatury z użyciem wewnętrznego, monolitycznego czujnika – co ciekawe, sensor może być przełączony na to samo wyprowadzenie, z którego korzysta wyjście wzmacniacza TIA, a do multipleksowania obu źródeł sygnałów służy osobny klucz analogowy. Całość pomiaru może być zatem realizowana przy użyciu zaledwie jednokanałowego przetwornika ADC. Układ należy zasilać napięciem od 2,7 V do 5,25 V, produkt jest dostępny w 14-pinowej obudowie WSON o rozmiarach zaledwie 4×4 mm.

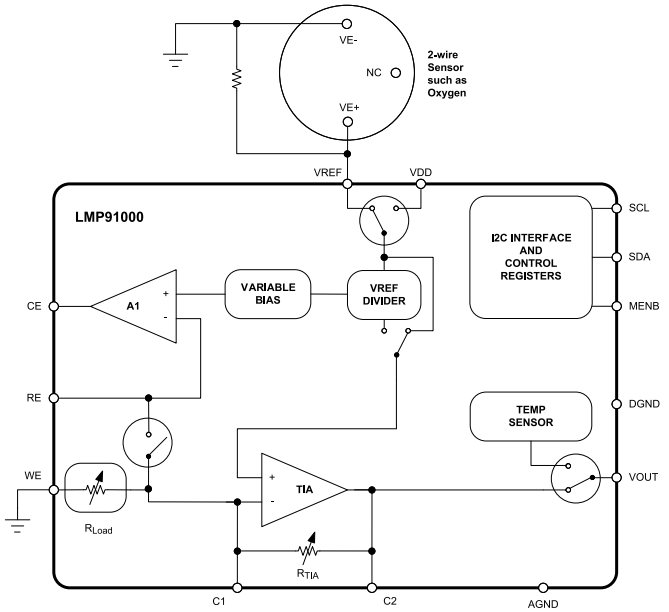
Warto dodać, że – oprócz klasycznej, 3-elektrodowej topologii potencjostatycznej – układ może pracować także z czujnikami 2-pinowymi. Dwa przykładowe zastosowania pokazano na **rysunkach 8** (pomiar napięcia ze stałym odniesieniem do masy układu) i 9 (pomiar potencjostatyczny ze zwartymi elektrodami CE oraz RE). W przykładzie z rysunku 8 czujnik generuje niewielki prąd o natężeniu zależnym od koncentracji mierzonego gazu (np. tlenu), dlatego też konieczne jest zastosowanie równoległego rezystora, pełniącego funkcję prostego konwertera prąd-napięcie [1]. Wzmacniacz TIA pracuje tutaj jako klasyczna topologia nieodwracająca opampa.

Układ z **rysunku 9** zawiera natomiast wzmacniacz transimpedancyjny w jego właściwej roli, zaś bufor A1 pełni funkcję wtórnika napięciowego, polaryzującego ujemną elektrodę czujnika. Zewnętrzny rezystor stały nie jest zatem konieczny do prawidłowego działania układu, należy jednak pamiętać, że w niektórych sytuacjach taka topologia nie sprawdzi się z uwagi na brak bezpośredniego kontaktu galwanicznego czujnika z masą układu.

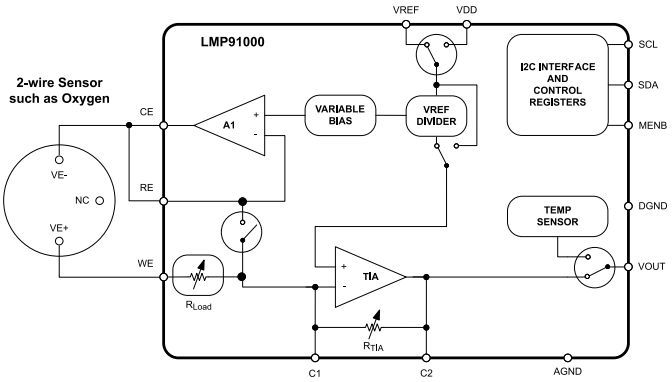
MAX30131

Znacznie bardziej rozbudowane rozwiązanie opracowała firma Maxim, wprowadzając na rynek układ MAX30131 (**rysunek 10**). Głównym przeznaczeniem front-endu są pomiary elektrochemiczne,

eprasa.pl 5a847e4771



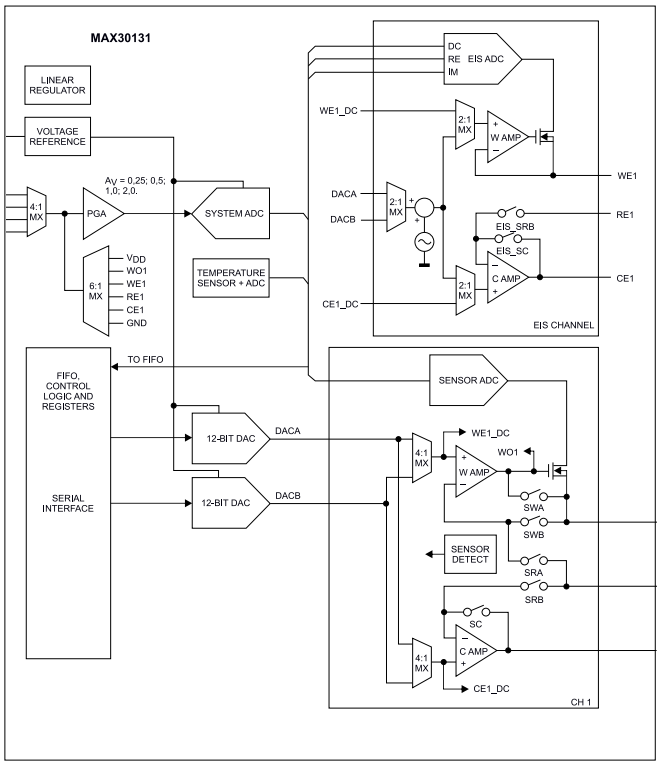
Rysunek 8. Sposób realizacji pomiaru z wykorzystaniem czujnika z wyjściem elektrogalwanicznym i układu LMP91000 (konfiguracja odwracająca)



Rysunek 9. Sposób realizacji pomiaru z zastosowaniem czujnika z wyjściem elektrogalwanicznym i układu LMP91000 (konfiguracja transimpedancyjna)

prowadzone metodą trójelektrodową, z tą jednak różnicą, że samo AFE integruje nie tylko wysoce złożony układ analogowy, ale także szereg przetworników ADC, DAC (do ustalania napięcia polaryzującego elektrody), multiplekserów analogowych, a nawet… wbudowane źródło napięcia odniesienia i stabilizator. Producent poszedł jeszcze o krok dalej, wbudowując w strukturę front-endu 4-kanałowy, uniwersalny tor wejściowy z przełącznikiem 4:1, wzmacniaczem PGA oraz osobnym przetwornikiem ADC.

Podstawową różnicą funkcjonalną pomiędzy propozycją Maxima a układem LMP91000 jest jednak metodologia pomiarów – o ile obydwa układy są zdolne do prowadzenia analizy stałoprądowej, o tyle układ MAX30131 oferuje ponadto dodatkowy kanał, dostosowany do pracy z pobudzeniem przemiennym. Specjalnie skonstruowany przetwornik ADC generuje rozdzielone dane wyjściowe dotyczące zarówno składowej stałoprądowej (DC), jak i części rzeczywistej (RE) i urojonej (IM) zespolonej składowej zmiennej. Elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna (EIS), wykonana z użyciem układu MAX30131, znajdzie zastosowanie w szeregu aplikacji biomedycznych, zaś jako przykład warto podać ciągłe monitorowanie poziomu glukozy. Urządzenia tego typu (CGM – continuous glucose monitoring), wykorzystujące cienką igłę umieszczoną w wierzchnich warstwach skóry pacjenta, monitorują zawartość glukozy w płynie śródmiąższowym. Zastosowanie analizy bioimpedancyjnej może – według danych literaturowych – nie tylko posłużyć do prowadzenia samego pomiaru zawartości cukru w płynie ustrojowym pacjenta,



Rysunek 10. Schemat blokowy układu MAX30131 firmy Maxim

ale także umożliwić automatyczną detekcję zużycia czujnika w celu powiadomienia pacjenta o konieczności wymiany sondy.

Układ MAX30131 jest silnie zoptymalizowany pod kątem urządzeń przenośnych, w tym także zasilanych za pomocą niewielkich baterii guzikowych o małej pojemności. Front-end, dostępny w obudowie WLP25, pobiera z szyny zasilania średni prąd o natężeniu zaledwie 3,5 µA w stanie aktywnym i 1 µA w stanie uśpienia. Napięcie zasilania może wynosić od 1,7 V do 5,5 V. Niestety, jak to bywa w przypadku innowacyjnych front-endów medycznych (i nie tylko), producent nie ujawnia szczegółów technicznych w ogólnodostępnej części witryny – pełna nota katalogowa dostępna jest jedynie po podpisaniu klauzuli poufności z firmą Maxim.

Podsumowanie

Pomiary elektrochemiczne, w tym także prowadzone z użyciem biosensorów, można z powodzeniem realizować za pomocą dedykowanych do tego celu układów AFE. Optymalizacja parametrów metrologicznych pod kątem aplikacji pH-metrycznych czy glukometrycznych, a także silny nacisk, jaki producenci półprzewodników kładą na ograniczanie poboru mocy sprawiają, że przedstawione w tej części Poradnika Implementacji układy doskonale sprawdzają się w nowoczesnych urządzeniach przenośnych i aparaturze analitycznej, stosowanej nie tylko w medycynie, ale także innych branżach nauki i przemysłu. Znajomość omówionych dotąd układów stanowi doskonały wstęp do opisu złożonych, wieloparametrowych AFE, bazujących na metodach impedancyjnych, bioelektrycznych i optycznych. Zanim jednak przejdziemy do opisu najbardziej rozbudowanych i uniwersalnych przedstawicieli rynku front-endów medycznych, w kolejnym odcinku naszego kursu skupimy się na topologiach układowych, stosowanych w pomiarach bioimpedancyjnych – dogłębne zrozumienie tych metod i ich naturalnych ograniczeń jest bowiem podstawą do poprawnego stosowania poszczególnych układów w praktyce.

inż. Przemysław Musz, EP
przemyslaw.musz@ep.com.pl

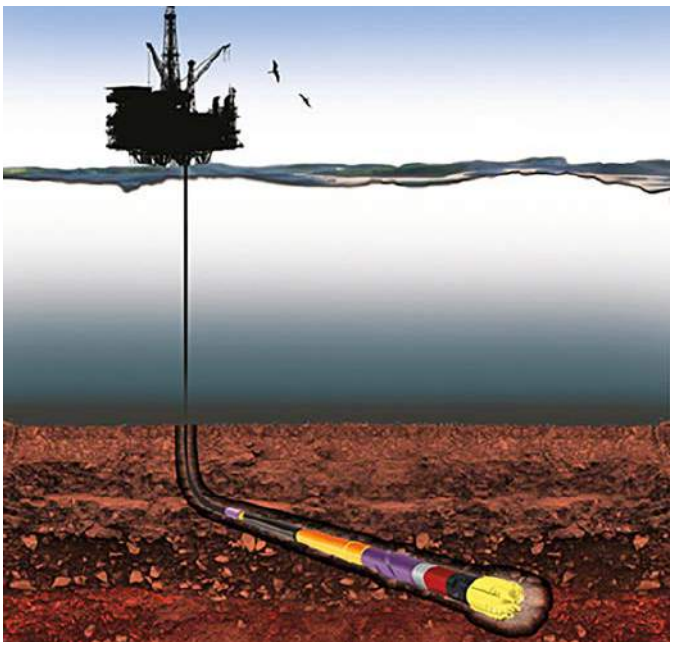
[1] Uważny Czytelnik zauważy, że zaprezentowany układ jest w pewnym sensie „przerostem formy nad treścią", gdyż w tak prostej aplikacji w zupełności wystarczyłby… klasyczny wzmacniacz PGA z wejściem napięciowym. Schemat ten podajemy jako przykład niestandardowego zastosowania front-endu przy wykorzystaniu dostępnych trybów pracy i konfiguracji, możliwych do wykonania za pomocą wewnętrznych kluczy analogowych.

eprasa.pl 5a847e4771

Poprzedni odcinek znajduje się pod adresem:
https://ulubionykiosk.pl/media

Projektowanie wysokotemperaturowych urządzeń elektronicznych (2)

W pierwszej części artykułu nakreśliliśmy szereg problemów, jakie dotyczą elektroniki pracującej w ekstremalnie wysokich temperaturach. Teraz omówimy wymagania technologiczne i stosowane rozwiązania, które pozwalają dostosować urządzenia do pracy w takich warunkach. Na zakończenie zaprezentujemy przykładową aplikację zaprojektowaną zgodnie z tymi wymaganiami.

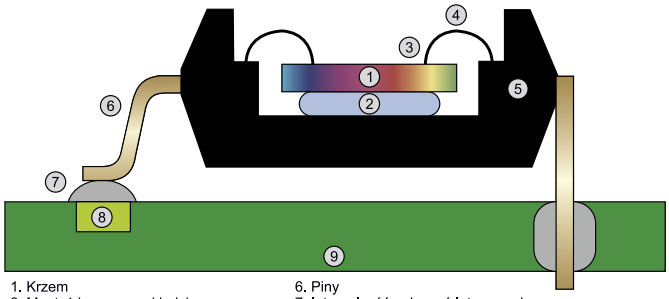


Obudowy układów scalonych a wysoka temperatura

Gdy zaprojektowano już funkcjonalny układ krzemowy, odporny na wysokie temperatury, bitwa jest wygrana tylko w połowie. Obudowa urządzenia półprzewodnikowego, a następnie przymocowanie jej do PCB nie jest trywialne, jeśli projektuje się urządzenie przeznaczone do pracy w wysokiej temperaturze. Wiele czynników wpływa na zachowanie obudowy układu scalonego w wysokiej temperaturze, jak pokazano na **rysunku 4**.

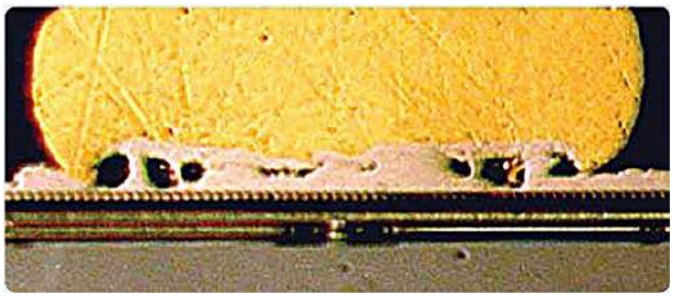
Materiał do mocowania struktury mocuje krzem do opakowania lub substratu. Wiele materiałów sprawdzonych do stosowania w standardowych zakresach temperatur ma niską temperaturę zeszklenia (T_G) i nie nadaje się do pracy w wysokich temperaturach. Szczególną uwagę należy zwrócić na dopasowanie współczynników rozszerzalności cieplnej (C_{TE}) struktury półprzewodnikowej, materiału mocującego i podłoża. Dzięki temu struktura nie będzie naprężona ani nie pęknie na skutek cykli zmian temperatury w dużym zakresie. Nawet niewielkie naprężenia mechaniczne struktury krzemowej mogą spowodować zmiany parametrów elektrycznych do niedopuszczalnych w zastosowaniach precyzyjnych poziomów. W przypadku urządzeń mocy, które wymagają połączenia termicznego oraz elektrycznego z podłożem opakowania, może być konieczne stosowanie metalowych materiałów mocujące strukturę do podłoża.

Łączenie drutowe to metoda łączenia matrycy z wyprowadzeniami układu poprzez dołączenie metalowych drucików od poszczególnych pinów do padów na powierzchni struktury układu scalonego. Rozważając

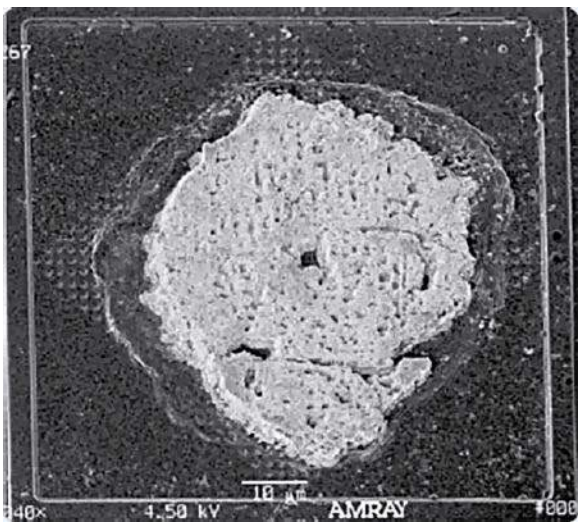


1. Krzem
2. Montaż krzemu w układzie
3. Metalizacja padów układu krzemowego
4. Druciki łączące
5. Obudowa
6. Piny
7. Integralność połączeń lutowanych
8. Ścieżki na płytce drukowanej
9. Integralność termiczna płytki drukowanej

Rysunek 4. Elementy obudowy i jej montażu układu scalonego, które powodować mogą problemy w wysokiej temperaturze

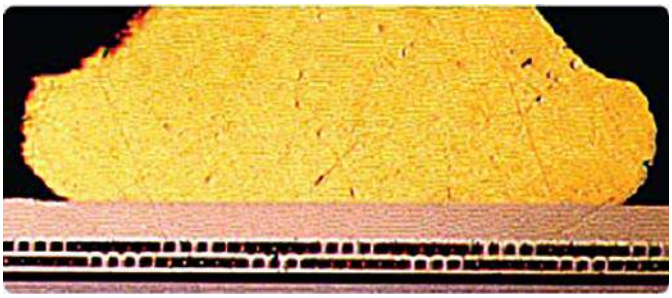


Rysunek 5. Przekrój przez połączenie Au/Al po 500 godzinach spędzonych w temperaturze 195°C

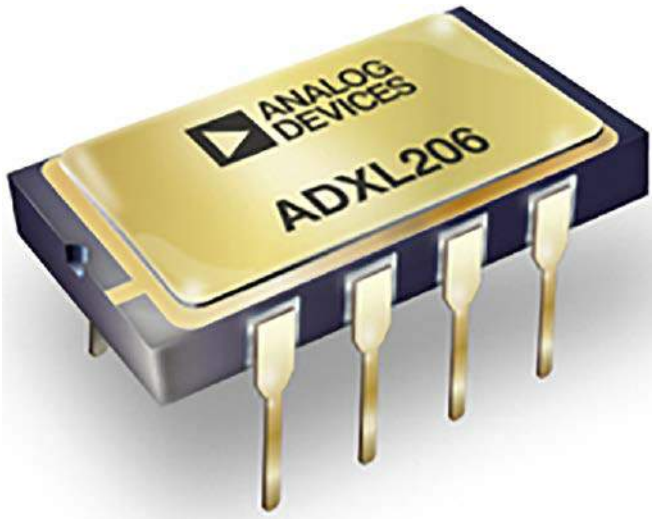


Rysunek 6. Wzrost faz międzymetalicznych z pustkami Kirkendalla

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 7. Wiązanie monometaliczne po 3000 godzinach spędzonych w temperaturze 195°C (porównanie do rysunku 5)



Rysunek 8. Hermetycznie zamknięty ceramiczny pakiet DIP lutowany bocznie

niezawodność łączenia drutem w podwyższonych temperaturach, głównym problemem jest kompatybilność metali używanych do połączenia. Niepowodzenia związane ze słabą kompatybilnością metali wiążących się są dwojakie: wzrost fazy międzymetalicznej (IMC) na interfejsie pomiędzy metalami, co tworzy kruche wiązanie; oraz dyfuzja metali (efekt Kirkendalla), która tworzy puste przestrzenie na granicy faz, osłabiając siłę połączenia i zwiększając jego rezystancję elektryczną. Niestety, jedna z najpopularniejszych kombinacji metali w przemyśle – połączenie wykonane z pomocą złotego drutu dospawanego do aluminiowego padu – jest podatna na te zjawiska w podwyższonych temperaturach. Na **rysunku 5** pokazano przekrój przez wiązanie Au/Al. Widoczny jest wzrost IMC, który pogarsza integralność wiązania po zaledwie 500 godzinach, spędzonych w zwiększonej temperaturze.

Rysunek 6 pokazuje znaczny wzrost faz międzymetalicznych w strukturze Au/Al i puste przestrzenie Kirkendalla po rozerwaniu wiązania w wysokiej temperaturze. Co gorsza, halogeny, takie jak brom i chlor – czasami występujące w mieszankach do zatapiania – mogą powodować powstawanie korozji na granicy faz metalicznych w podwyższonej temperaturze, skracając czas układu i prowadząc do jego przedwczesnej awarii (chociaż na szczęście przemysł przechodzi obecnie na „zielone", bezhalogenowe związki). W związku z tym istnieje silna potrzeba stosowania takich samych metali do wykonywania metalizacji padów i drutu do zgrzewania, aby uniknąć opisanych tutaj, negatywnych zjawisk. Jeśli nie jest to możliwe, inżynierowie projektujący układ scalony powinni wybrać metale, które charakteryzują się wystarczająco wolnym wzrostem IMC i szybkością dyfuzji, tak, aby układy scalone były niezawodne w wymaganym okresie życia. **Rysunek 7** ilustruje wytrzymałość wiązania monometalicznego w podwyższonej temperaturze. Odcinek wiążący nie wykazuje oznak wzrostu IMC po 3000 godzinach w 195°C.

Obudowa układu scalonego musi również wytrzymać naprężenia, powstające w trudnych warunkach. Obudowy z tworzyw sztucznych, mimo że są standardem branżowym, są generalnie oceniane tylko w temperaturze do 150°C do długotrwałego użytkowania. W związku z niedawnym zainteresowaniem aplikacjami wysokotemperaturowymi badania wykazały, że ta kwalifikacja może zostać rozciągnięta do 175°C, ale tylko przez stosunkowo krótki czas. W zależności od konstrukcji opakowania, 175°C to punkt, w którym niektóre materiały, takie jak masa do zalewania struktury, przekraczają temperaturę zeszklenia. Praca powyżej T_G może powodować znaczne zmiany mechaniczne kluczowych parametrów, takich jak np. moduł sprężystości przy zginaniu, oraz prowadzić do uszkodzeń, takich jak rozwarstwienie się i pękanie pod wpływem zwiększonego odkształcenia termicznego.

Z tego powodu w zastosowaniach wysokotemperaturowych preferowane są hermetyczne opakowania ceramiczne (**rysunek 8**). Hermetyczne uszczelnienie stanowi barierę dla wnikania do wnętrza elementu wilgoci i zanieczyszczeń powodujących korozję. Niestety opakowania hermetyczne są zwykle większe, cięższe i znacznie droższe niż ich plastikowe odpowiedniki. W zastosowaniach o mniej ekstremalnych wymaganiach temperaturowych (poniżej 175°C) opakowania z tworzyw sztucznych mogą być preferowane w celu zaoszczędzenia powierzchni na PCB, obniżenia kosztów systemu lub zapewnienia lepszej zgodności z wymaganiami dotyczącymi odporności na wibracje. W przypadku systemów wymagających hermetycznego pakowania i dużej gęstości komponentów odpowiednim rozwiązaniem mogą być wysokotemperaturowe moduły wieloczipowe. Jednak to rozwiązanie wymaga, aby przetestowane struktury krzemowe dla danych elementów były komercyjnie dostępne.

Należy również ocenić konfigurację pinów wyjściowych i metalizację obudowy. Ma to kluczowy wpływ na parametry mechaniczne systemu. Elementy do montażu powierzchniowego trzymają się wyłącznie obszaru lutowania do padu i to, jak dobrze związane są z PCB, zależy od jakości kleju między warstwą miedzi a materiałem prepregu laminatu. Z drugiej strony, układy do montażu przewlekanego (THT) są jednymi z najbardziej sprawdzonych i niezawodnych sposobów montowania układów na PCB w przemyśle elektronicznym, zapewniając również sporą odporność na wstrząsy i wibracje. W skrajnych przypadkach siłę mocowania można dodatkowo poprawić, wyginając piny na spodniej stronie płytki, aby na trwale połączyć je z płytką PCB. Z kolei zastosowanie elementów THT z uwagi na wyprowadzenie otworów przelotowych nie pozwala na obsadzanie elementów na dolnej części płytki drukowanej, co może być poważnym problemem w zastosowaniach takich, jak instrumenty umieszczane w odwiertach, gdzie przestrzeń jest bardzo ograniczona.

Konfiguracja wyprowadzeń SMD typu *Gull-Wing* jest realną alternatywą w wielu przypadkach, ale bezołowiowe lutowanie SMD może nie być wystarczająco wytrzymałe w warunkach dużych wstrząsów i wibracji występujących w wielu środowiskach o wysokiej temperaturze. Stosując komponenty do montażu powierzchniowego, projektant powinien wziąć pod uwagę ich wysokość i masę. Zastosowanie wysokotemperaturowych żywic epoksydowych poprawi wytrzymałość mocowania, ale zwiększy koszty produkcji i ograniczy możliwość wykonywania późniejszych napraw. We wszystkich przypadkach zadbać należy o to, aby pokrycie pinu było wykonane z metalu kompatybilnego ze spoiwem wysokotemperaturowym.

Najpopularniejsze standardowe stopy lutownicze mają temperaturę topnienia poniżej 200°C. Istnieją jednak pewne łatwo dostępne stopy, które należą do kategorii wysokotemperaturowej (HMP), o temperaturze topnienia znacznie powyżej 250°C. Nawet w takich przypadkach maksymalna zalecana temperatura pracy dla dowolnego lutu poddanego naprężeniom wynosi około 40°C poniżej jego temperatury topnienia. Na przykład standardowy skład stopu lutowniczego HMP to 5% cyny, 93,5% ołowiu i 1,5% srebra. Jego temperatura topnienia wynosi 294°C, ale jest zalecany do stosowania tylko do około 255°C.

Osobną kwestią są układy BGA i podobne, które mają fabrycznie przymocowane kulki lutownicze, pełniące funkcję wyprowadzeń

eprasa.pl 5a847e4771

układu. Mogą one nie mieć odpowiednio wysokiej temperatury topnienia. Należy upewnić się, że są one klasyfikowane do pracy w tak wysokiej temperaturze lub, jeśli nie są, wymienić na odpowiednie.

Wreszcie sama płytka PCB jest także potencjalnym źródłem awarii. Standard laminatu FR4 zakłada zeszklenie się materiału w zakresie temperatur od 130°C do 180°C, w zależności od konkretnego składu, producenta etc. W przypadku stosowania powyżej tej temperatury – nawet przez krótki czas – może rozszerzać się i rozwarstwiać. Dobrą sprawdzoną alternatywą jest poliimid. Jest to ten sam materiał, jaki występuje pod nazwą handlową Kapton. Charakteryzuje się on T_G wynoszącą aż do 250°C, w zależności od detali składu. Jednak poliimid ma również bardzo dużą absorpcję wilgoci, co może szybko doprowadzić do uszkodzenia PCB przez inne mechanizmy, dlatego ważne jest kontrolowanie narażenia na wilgoć takiego laminatu. W ostatnich latach przemysł wprowadził dodatkowo różne egzotyczne laminaty, które pochłaniają mniej wilgoci, zachowując swoje parametry i integralność w wysokich temperaturach.

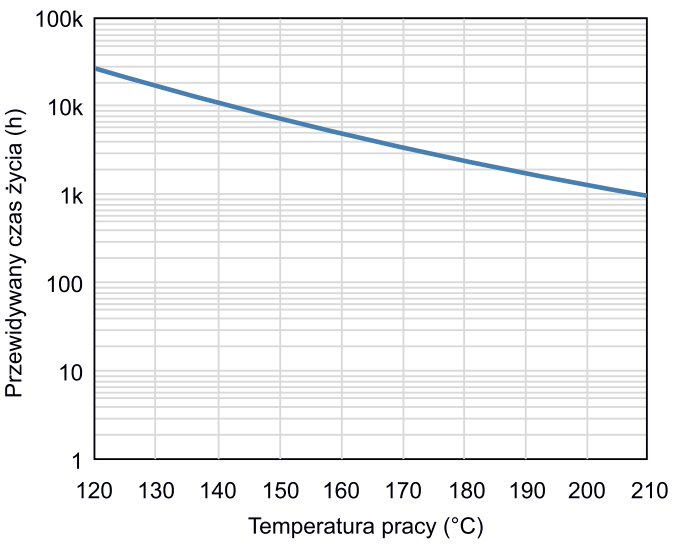
Weryfikacja, kwalifikacja, testy

Weryfikacja komponentów wysokotemperaturowych w warunkach laboratoryjnych nie jest trywialnym zadaniem, ponieważ wymaga od inżynierów zastosowania wszystkich wspomnianych wcześniej technik w celu przetestowania kluczowych parametrów elementów w ekstremalnych temperaturach. Oprócz zastosowania specjalnych materiałów w konstrukcji przyrządu testowego, inżynierowie testowi muszą ostrożnie obsługiwać komory środowiskowe, aby umożliwić systemowi dostosowanie się do wymaganych zmian temperatury. Ze względu na niedopasowanie współczynników rozszerzalności szybkie zmiany temperatury mogą spowodować uszkodzenie połączeń lutowanych na płytce drukowanej, wypaczenie laminatu i ostatecznie przedwczesną awarię systemu. Wytyczną stosowaną w przemyśle jest utrzymywanie tempa zmian temperatury na poziomie poniżej 3°C na minutę.

Aby przyspieszyć testowanie żywotności i niezawodności elementów, przyjętą praktyką dla komponentów elektronicznych jest przeprowadzanie testów w podwyższonej temperaturze. Wprowadza to współczynnik przyspieszenia α, określony równaniem Arrheniusa:

$$\alpha = e^{\frac{Ea}{k}\left(\frac{1}{T_A}+\frac{1}{T_S}\right)}$$

gdzie E_a to energia aktywacji, k – stała Boltzmanna, T_a – oczekiwana temperatura robocza podczas użytkowania, a T_s – temperatura testu. Chociaż przyspieszone starzenie działa dobrze w przypadku standardowych produktów, zwiększenie temperatury testu znacznie powyżej temperatury znamionowej może wprowadzić nowe mechanizmy uszkodzeń i dawać niedokładne wyniki. Dlatego, aby zagwarantować niezawodność urządzeń wysokotemperaturowych, takich jak AD8229, test żywotności w wysokiej temperaturze przeprowadza się przy maksymalnej temperaturze znamionowej – 210°C przez 1000 godzin (około sześciu tygodni). Dla niższych temperatur oczekiwany czas życia (i testu) można przewidzieć za pomocą zależności przyspieszenia pokazanej na **rysunku 9**.



Rysunek 9. Żywotność układu AD8229 w funkcji temperatura pracy, opracowana na podstawie testowania elementu przez 1000 godzin w temperaturze 210°C

Istnieją dodatkowe przeszkody, stojące na drodze do w pełni rzetelnej charakteryzacji wysokotemperaturowych układów scalonych. Na przykład fakt, że zastosowany system testowo-pomiarowy jest tak niezawodny, jak jego najsłabsze ogniwo. Oznacza to, że każdy element wystawiony na działanie podwyższonych temperatur przez długi czas musi być z natury bardziej niezawodny niż sam badany układ scalony. Niewiarygodny system dostarczy danych, które nie odzwierciedlają długoterminowej niezawodności komponentu, co powoduje konieczność kosztownego i czasochłonnego powtórzenia procesu pomiarowego.

Techniki statystyczne zwiększające wskaźnik powodzenia. Obejmują one m.in. dokładne przewymiarowanie próbki testowej, aby dodać pewien margines błędu dla przedwczesnych awarii systemu, które nie są spowodowane awarią testowanego urządzenia.

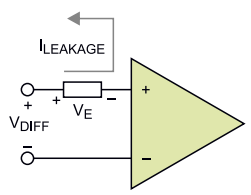
Kolejną przeszkodą są etapy produkcji wymagane do zagwarantowania skrajnych parametrów wydajności, takie jak testowanie czy justowanie układu. Zespół programistów musi dostosować te kroki do produktów wysokotemperaturowych, aby zagwarantować, że proces produkcji systemów będzie powtarzalny i łatwy do implementacji.

Uwagi dotyczące projektów układów wysokotemperaturowych

Projektant obwodów, pracujących w wysokich temperaturach, musi uwzględnić zmiany parametrów układów scalonych i elementów pasywnych w szerokim zakresie temperatur, zwracając szczególną uwagę na ich zachowanie w skrajnych temperaturach, aby zapewnić pracę obwodu w docelowych granicach temperatur. Przykłady obejmują dryf napięcia offsetu, płynące z temperaturą błędy wzmocnienia, różne współczynniki temperaturowe, wartości napięcia, rozpraszanie mocy, upływ do laminatu i upływ wewnętrzny innych elementów dyskretnych – takich jak te stosowane w urządzeniach zabezpieczających przed wyładowaniami elektrostatycznymi i przepięciami. Na przykład w sytuacjach, gdy wysoka impedancja źródła jest połączona szeregowo z pinem wejściowym wzmacniacza, niepożądane prądy upływu (inne niż własny prąd polaryzacji wzmacniacza) mogą powodować offsety, które przełożą się na błąd pomiaru prądu polaryzacji (**rysunek 10**).

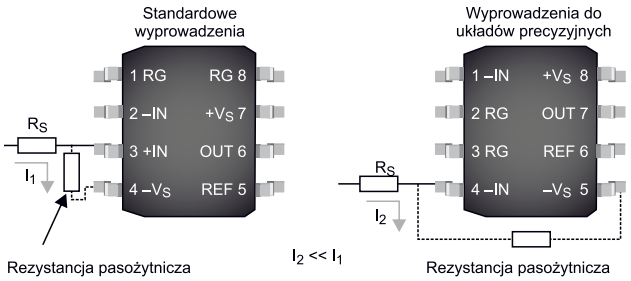
We wszystkich przypadkach praca w wysokiej temperaturze nasila upływ laminatu, spowodowany zanieczyszczeniami, takimi jak topnik lutowniczy, kurz czy kondensacja. Właściwy układ może pomóc zminimalizować te efekty, zapewniając odpowiednie odstępy między wrażliwymi węzłami systemu, na przykład oddzielając wejścia wzmacniacza od szyn zasilających niosących wiele zakłóceń.

Standardowe wyprowadzenia dla wzmacniaczy operacyjnych i wzmacniaczy pomiarowych mają jeden z pinów wejściowych obok ujemnego pinu zasilania. To radykalnie zmniejsza tolerancję na pozostałości po montażu topnika na PCB, które mogą powodować



Rysunek 10. Schemat obrazujący, w jaki sposób prąd polaryzacji i upływu przekłada się na błędy offsetu

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 11. Wyprowadzenie wzmacniacza, które pomaga zminimalizować upływ pasożytniczy

zwiększony upływ z tego wejścia. Aby zredukować upływ, a także zwiększyć CMRR dla wysokiej częstotliwości, układ AD8229 ma zupełnie inny układ pinów, niż inne precyzyjne wzmacniacze pomiarowe tego producenta. Na **rysunku 11** pokazano ten układ wyprowadzeń wraz z oznaczonymi miejscami, gdzie pojawia się pasożytnicza rezystancja.

Upływ pochodzący z diod, transili (TVS) i innych urządzeń półprzewodnikowych rośnie wykładniczo wraz z temperaturą i w wielu przypadkach może być o wiele rzędów wielkości większy niż wejściowy prąd polaryzacji wzmacniacza. W takich przypadkach projektant musi zapewnić, że upływ prądu w ekstremalnych temperaturach nie pogorszy specyfikacji obwodu poza przyjęte granice.

Obecnie dostępnych jest na rynku kilka elementów pasywnych do pracy w wysokich temperaturach. Rezystory i kondensatory są wszechobecne w każdym projekcie obwodu. Niektóre dostępne na rynku opcje zestawiono w **tabeli 1**.

Należy zauważyć, że komponenty do montażu powierzchniowego są dodatkowo podatne na upływ prądu pomiędzy polami, szczególnie jeśli ich korpusy przylegają do płytki drukowanej, ponieważ pozostałości topnika mają tendencję do pozostawania pod spodem takich elementów po procesie montażu. Takie pozostałości pochłaniają wilgoć, która w wysokiej temperaturze zwiększa ich przewodność. W tej sytuacji na elemencie do montażu powierzchniowego pojawi się pasożytniczy rezystor (o dość nieprzewidywalnym zachowaniu i parametrach), potencjalnie wprowadzając dodatkowe błędy do działania obwodu. Aby rozwiązać ten problem, warto rozważyć wybór większych rozmiarów czipów lub formowanie wyprowadzeń w kształcie wspominanego gull-wing albo też po prostu wykorzystanie elementów do montażu przewlekanego w obszarach, które są szczególnie wrażliwe na elementy pasożytnicze. Ostatecznie niepożądane pozostałości topnika itp. można prawie całkowicie wyeliminować, dodając do produkcji skuteczny etap mycia płytek, zwykle przy użyciu myjek ultradźwiękowych i specjalnych środków chemicznych pod koniec procesu montażu.

Projektant systemów, które będą działać w trudnych warunkach, musi mieć na uwadze również zarządzanie ciepłem. Nawet w przypadku komponentów zaprojektowanych do pracy w wysokiej temperaturze otoczenia należy wziąć pod uwagę samonagrzewanie się elementów, związane z rozpraszaniem na nich mocy. W przypadku AD8229 jego gwarantowana praca do 210°C zakłada pracę przy małym obciążeniu prądem wyjściowym. Dodatkowe rozpraszanie mocy spowodowane przez sterowanie większymi obciążeniami lub trwałe stany awarii (takie jak zwarcie na wyjściu) zwiększy temperaturę złącza poza maksymalne wartości znamionowe części, znacznie skracając żywotność elementu. Ważne jest, aby postępować zgodnie z zalecanymi wytycznymi dotyczącymi rozpraszania ciepła i być świadomym sąsiednich źródeł ciepła, takich jak regulatory mocy, na płytce drukowanej.

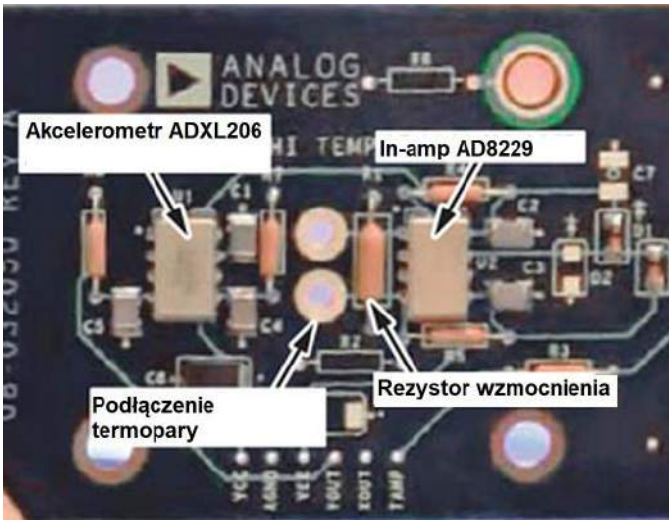
Nawet rezystory wysokotemperaturowe mają obniżoną moc znamionową dla temperatury powyżej 70°C. Należy zwrócić szczególną uwagę na temperaturę rezystorów podczas pracy, zwłaszcza jeśli rozpraszają one znaczną ilość mocy podczas pracy. Na przykład, jeśli rezystor o maksymalnej dopuszczalnej wartości temperatury 200°C, pracuje w temperaturze otoczenia 190°C, ale na skutek jego samonagrzewania się z powodu rozpraszania mocy temperatura zwiększa się o 20°C, to przekroczy ona wartość znamionową rezystora.

Chociaż wiele elementów pasywnych może wytrzymać wysokie temperatury, ich konstrukcja może nie nadawać się do długotrwałego na nią narażenia w środowisku, w których wysoka temperatura może łączyć się z wstrząsami i wibracjami. Ponadto producenci rezystorów wysokotemperaturowych i kondensatorów określają ich żywotność w danej temperaturze. Dopasowanie specyfikacji żywotności wszystkich komponentów jest ważne dla uzyskania systemu o wysokiej niezawodności dla zadanych specyfikacji. Wreszcie, nie należy zapominać, że wiele komponentów przystosowanych do pracy w wysokiej temperaturze może wymagać dodatkowego obniżania ich wartości znamionowych, aby zapewnić długotrwałe i bezawaryjne działanie.

Tabela 1. Przykłady rezystorów i kondensatorów wysokotemperaturowych

Element	Maksymalna temperatura pracy [°C]	Uwagi
Kondensatory MLCC (ceramiczne) z dielektrykiem C0G/NP0	200	Niskie wartości pojemności, niskie T_C, dostępne w obudowach SMD i THT
Kondensatory MLCC (ceramiczne) z dielektrykiem X7R	200	Wyższe T_C niż element z dielektrykiem C0G/NP0, niższy koszt
Kondensatory elektrolityczne tantalowe, mokre	200	Wysokie pojemności, na ogół w obudowach THT
Kondensatory elektrolityczne tantalowe	175	Wysokie pojemności, dostępne obudowy SMD
Rezystory drutowe	275	Duża odporność na impulsy prądu, wysoka stabilność
Rezystory metalizowane	230	Bardzo precyzyjne
Rezystory tlenkowe	230	Ogólnego przeznaczenia
Rezystory grubowarstwowe	275	Ogólnego przeznaczenia, szeroki zakres rezystancji
Rezystory cienkowarstwowe	215	Kompaktowe, niskie T_C, wysoka stabilność, dostępne w formie drabinek
Rezystory ceramiczne	220	Wysokotemperaturowe zamienniki dla oporników węglowych

eprasa.pl 5a847e4771



Fotografia 2. Wysokotemperaturowa płytka drukowana z zamontowanymi elementami

Przykład aplikacji

Jako przykład zastosowania odpowiednich urządzeń półprzewodnikowych w systemach wysokotemperaturowych, w dalszej części pokazany jest system pomiarowy zawierający opisywany AD8229 oraz ADXL206 (akcelerometr dwuosiowy), dostosowany do działania w środowisku o wysokiej temperaturze. Założeniem było zaprojektowanie systemu, który byłby zarówno przenośny, jak i bezpieczny w użyciu w tym środowisku.

W systemie demonstracyjnym wykorzystano mały piekarnik elektryczny z obrotowym zespołem, na którym zamontowana jest wysokotemperaturowa płytka drukowana, która pracuje i prowadzi pomiar w sposób ciągły. Grzałka wewnątrz piekarnika znajduje się u góry – taki układ tworzy duży gradient temperatury wewnątrz kuchenki. Mechanizm obrotowy pozwala na monitorowanie działania akcelerometru, gdyż element ten pozwala w czasie eksperymentu na pomiar pozycji.

Wzmacniacz AD8229 przetwarza sygnał pochodzący z termopary typu K, która znajduje się wewnątrz piekarnika. Sonda wystaje około 15 cm poza płytkę drukowaną, aby lepiej mierzyć zmiany temperatury piekarnika. W tym samym czasie ADXL206 mierzy kąt obrotu. Trzy sygnały – gradient temperatury, przyspieszenie w osi X oraz przyspieszenie w osi Y – są przesyłane w postaci sygnałów analogowych przez pierścień ślizgowy (złącze obrotowe) przystosowane do pracy w wysokich temperaturach Pierścień ślizgowy utrzymuje połączenie z nieobrotową wiązką, która łączy się z płytą akwizycji danych na zewnątrz piekarnika. Ponieważ zimne złącze termopary znajduje się wewnątrz piekarnika, druga termopara zapewnia statyczne odniesienie do temperatury wewnętrznej. Wzmacniacz termopary AD8495 (również na zewnątrz pieca) ma zintegrowaną funkcję kompensacji zimnego złącza do kondycjonowania sygnału z dodatkowej termopary.

Płyta wewnątrz piekarnika znajduje się blisko środka na zespole obrotowym, gdzie temperatura w przybliżeniu wynosi 175°C. W konstrukcji PCB zastosowano dielektryk poliimidowy. Ścieżki na warstwach miedzi mają minimalną szerokość 0,020 cala, aby poprawić adhezję miedzi do materiału. Płytę drukowaną pokazano na **fotografii 2**. Elementy zostały osadzone na PCB przy użyciu standardowego lutowia HMP (5/93,5/1,5 Sn/Pb/Ag). Do połączenia płytki i pierścienia ślizgowego użyto przewodów w izolacji teflonowej.

Wszystkie precyzyjne komponenty w tym projekcie są zamontowane jako przewlekane. Rezystory foliowe o współczynniku temperaturowym równym 25 ppm/°C konfigurują wzmocnienie wzmacniacza pomiarowego. Wzmacniacz pracuje z dużym wzmocnieniem, więc długość ścieżki od wzmacniacza do rezystora wzmacniającego jest jak najkrótsza, aby zminimalizować wpływ rezystancji miedzi (T_C=4000 ppm/°C). Interfejs między termoparą a wzmacniaczem znajduje się na środku płytki, aby utrzymać stałą temperaturę podczas obrotu. Zaciski termopary znajdują się jak najbliżej siebie, aby wyeliminować niepożądane efekty termiczne pola elektromagnetycznego na złączu. Wysokotemperaturowe kondensatory tantalowe i kondensatory z dielektrykiem C0G/NP0 zastosowano do filtrowania linii zasilanie oraz jako filtry analogowe na wyjściu akcelerometru.

Komputer przetwarza dane z trzech różnych źródeł: kąt obrotu (wyliczony z dwóch mierzonych składowych X i Y), wewnętrzny gradient temperatury i temperatura odniesienia. Wszystkie te pomiary są łączone razem, aby odwzorować gradient temperatury (**rysunek 12**). Wyniki analizy pokazują, że wahania temperatury mogą sięgać nawet 25°C. Zgodnie z oczekiwaniami najwyższa temperatura występuje w pobliżu elementu grzejnego, który znajduje się w górnej części tylnej ściany piekarnika. Dzięki naturalnej konwekcji górna część piekarnika jest drugim najcieplejszym obszarem wewnątrz piekarnika. Najniższa temperatura jest wykrywana, gdy termopara znajduje się naprzeciwko elementu grzejnego.

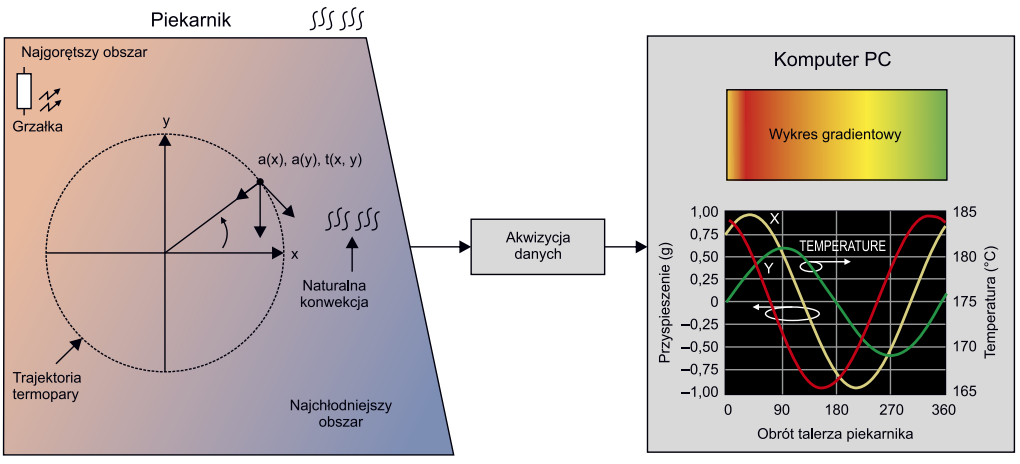
Eksperyment ten w prosty sposób pokazuje, w jaki sposób komponenty wysokotemperaturowe, zintegrowane z systemem rejestrowania, mogą wydobywać cenne informacje podczas pracy w trudnych warunkach.

Podsumowanie

Wiele zastosowań wymaga komponentów, które działają w środowiskach o bardzo wysokiej temperaturze. W przeszłości niezawodne projektowanie takich systemów było trudne ze względu na brak elementów przystosowanych do tego rodzaju trudnych warunków. Obecnie dostępne są już układy scalone i komponenty pomocnicze zaprojektowane i zakwalifikowane do działania w tych środowiskach, co pozwala zaoszczędzić czas inżynierów i zmniejszyć ryzyko awarii. Zastosowanie nowej technologii i postępowanie zgodnie z odpowiednimi praktykami projektowymi umożliwia niezawodną pracę wysokowydajnych systemów w jeszcze bardziej ekstremalnych środowiskach, niż było to wcześniej możliwe.

Nikodem Czechowski, EP

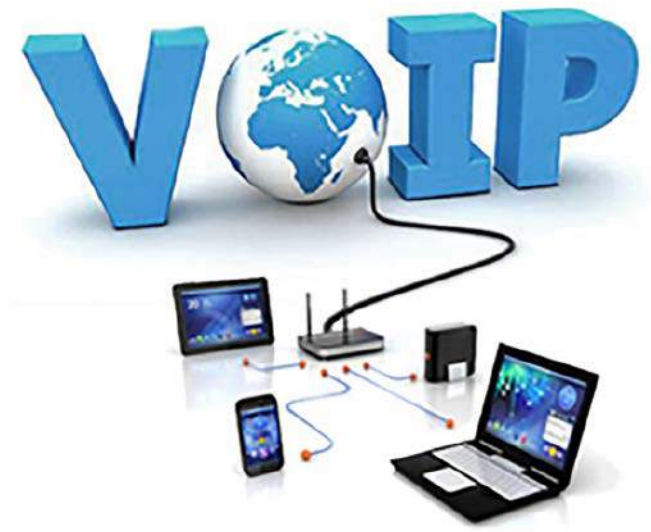
Źródło: https://bit.ly/2Vp2o9V



Rysunek 12. Schemat eksperymentu, wykorzystującego demonstracyjny układ wysokotemperaturowy

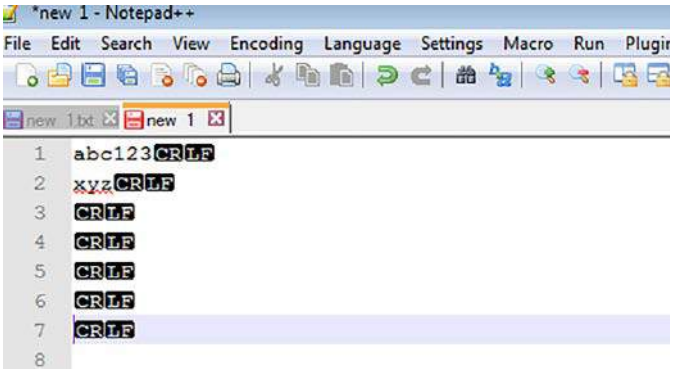
eprasa.pl 5a847e4771

koktajl niusów



Jak duże opóźnienie może występować w przypadku technologii VoIP?

Odpowiedź: do 400 ms włącznie. Zgodnie z ustanowionym w maju 2003 roku zaleceniem ITU-T G.114 pt.: *International telephone connections and circuits – General Recommendations on the transmission quality for an entire international telephone connection* (*Międzynarodowe połączenia oraz obwody telefoniczne – ogólne zalecenia odnośnie do jakości transmisji w sieciach telefonicznych*). Jego treść w tym względzie brzmi: *Regardless of the type of application, it is recommended to not exceed a one-way delay of 400 ms…* (*Niezależnie od rodzaju aplikacji zaleca się, by jednostronne opóźnienie transmisji nie przekraczało wartości 400 ms…*). Jest to punkt 4 wspomnianego zalecenia. Zalecenie to jest dostępne pod adresem: https://bit.ly/3jJIAGR.



Oznaczenia końca wiersza w ASCII

Dostępne na rynku systemy operacyjne stosują odmienne znaki dla oznaczenia końca wiersza. Stosowane rozwiązania to:

- CR i LF – w przypadku systemów: DOS, OS/2, Microsoft Windows, Symbian i DEC RT-11;
- CR – w przypadku systemów: Commodore, Apple II, Mac OS (do wersji 9 włącznie) i Microware OS-9;
- LF – w przypadku systemów: Unix, BeOS, AmigaOS, MorphOS, RISC OS, GNU/Linux, Mac OS i Multics.

Warto o tym pamiętać szczególnie podczas obsługi interfejsu UART realizowanego na dowolnym układzie scalonym – mikrokontrolerze, mikroprocesorze czy logice programowalnej. Układy cyfrowe korzystają z kodowania znaków, w tym z ich prezentacji w kolejnych wierszach. Przejście kursora do następnego wiersza musi być dostosowane do współpracującego systemu. W drodze wyjaśnienia: CR to *Carriage Return* – powrót karetki (ale nie ambulansu medycznego, tylko okienka maszyny do pisania), podczas gdy LF to *Line Feed* – przejście do nowej linii tekstu. Szesnastkowo to wartości (kolejno): 0D i 0A.



Jakiego koloru była pierwsza na świecie dioda LED?

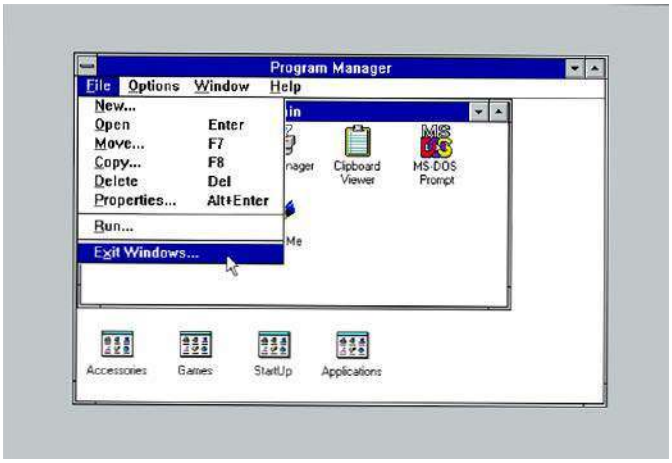
Emitowała światło koloru czerwonego. Została wykonana w 1962 roku, na podłożu z arsenofosforku galu (GaAsP). Pierwsza prezentacja odbyła się 9 października tego samego roku. Jej twórcą był, pracujący dla amerykańskiej firmy General Electric, inżynier Nick Holonyak Jr. (na fotografii), który w chwili opracowania wynalazku miał 33 lata. Dalsza historia jego wynalazku to próby z nowymi materiałami, dzięki którym uzyskano nowe barwy i poziomy jasności. Szczególnie ważne były lata 1972 i 1993, kiedy uzyskano (kolejno): diodę żółtą i wysokowydajną diodę niebieską. Wynalazców nie podajemy – pozostawiamy tę ciekawostkę do odnalezienia naszym czytelnikom.

Czy istnieje żarówka świecąca na czarno?



Oczywiście, że nie istnieje, ponieważ tytułowa barwa oznacza brak promieniowania, szczególnie tego widzialnego (w przeciwieństwie do barwy białej zawierającej całą paletę barw). Natomiast można kupić żarówki o czarnej powłoce, takie jak na rysunku. Pomimo ciemnej barwy one też emitują – jest to światło UV, tzn. promieniowanie ultrafioletowe. Mogą mieć zastosowanie w różnych procesach np. przy wykonywaniu płytek PCB czy sterylizacji. Należy pamiętać, że ich wpływ na człowieka jest negatywny i w zależności od rodzaju UV-A, UV-B czy UV-C mogą być nawet niebezpieczne dla oczu i skóry. Na portalach, takich jak YouTube czy Facebook, można natknąć się na wiele całkowicie nieuzasadnionych opinii na ten temat, które dużo osób bierze na poważnie. Przestrzegamy przed nimi z całego serca.

eprasa.pl 5a847e4771



Skąd MS-DOS w pierwszych wersjach systemu operacyjnego Windows?

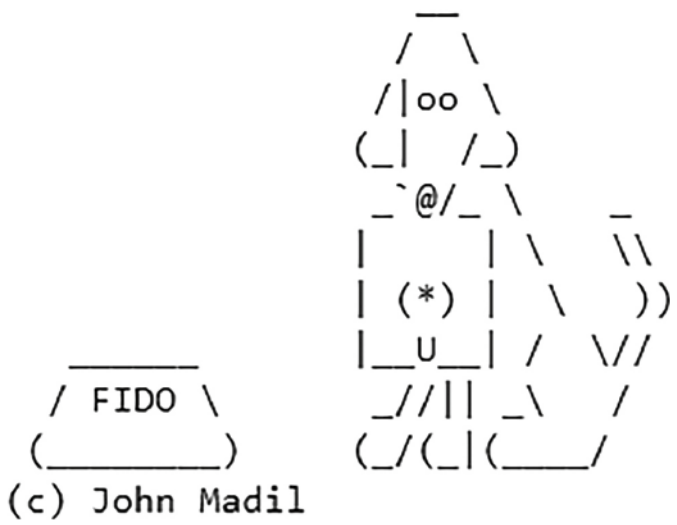
W pierwotnym zamyśle Windows miał być nakładką graficzną dla MS-DOS, która potem była sukcesywnie rozwijana. Firma Microsoft szybko zorientowała się, że to jednak słaby pomysł. W ten sposób powstała rodzina systemów operacyjnych NT, pozbawiona MS-DOS, która ostatecznie stała się tą dominującą. Jej obecną odsłoną jest Windows 10, a wkrótce będzie to Windows 11.



VEEK MT2 firmy Terasic – wyjątkowy zestaw z układem programowalnym

Tytułowy zestaw to kompletny system odznaczający się dużą liczbą podzespołów i modułem wyświetlacza dotykowego, w szczególności przeznaczony do rozwiązań przenośnych i celów edukacyjnych. Składa się z płytki DE2-115 zawierającej układ FPGA z rodziny Cyclone IV E firmy Intel o pojemności 115 tysięcy programowalnych bloków logicznych oraz pamięci: SDRAM, SRAM, Flash i EEPROM. Ponadto ma interfejsy RS-232 i 2×Ethernet (10 Mb/s, 100 Mb/s i 1 Gb/s) wzbogacające tworzone rozwiązania. Dodatkowe wyposażenie to m.in.: diody LED (kolor czerwony i zielony), przyciski, przełączniki, 2 złącza USB, 24-bitowe złącze VGA, gniazdo PS/2 do podłączania klawiatury i myszy, odbiornik podczerwieni, dekoder telewizji analogowej w standardzie PAL, SECAM i NTSC oraz wyświetlacz LCD 16×2 znaków. Całość dopełniają złącza rozszerzające: GPIO 40 pinów i HSMC, do którego jest dołączony wspomniany wcześniej moduł wyświetlacza dotykowego z ekranem typu LCD o przekątnej 7" i rozdzielczości 800×480 px (WVGA). Zawiera też czujnik światła, kamerę o rozdzielczości 8 megapikseli oraz układ MPU9250, który pełni funkcję trójosiowego akcelerometru, trójosiowego żyroskopu oraz trójosiowego magnetometru. W rezultacie istnieje możliwość zbudowania funkcjonalnego kompasu. Zakres projektów zestawu VEEK-MT2 obejmuje rozwiązania od bramek logicznych do złożonych kontrolerów i jest ograniczony tylko wyobraźnią twórcy.

Zastosowania systemu są różnorodne – jest to w szczególności Internet Rzeczy (IoT). Każdy coś tu dla siebie znajdzie, doceniając mały nakład pracy, oszczędność energii i duże możliwości projektowe. Jest to produkt polecany osobom początkującym zarówno na uczelniach, jak i kursach układów programowalnych oraz hobbystom. Powstał specjalnie z myślą o osobach szukających funkcjonalnych, niebanalnych rozwiązań, przy dużej ich wydajności oraz prostej obsłudze. Producent gwarantuje szybką i sprawną rozbudowę istniejących już aplikacji. Ochronę wyrobu przed upadkami (z przodu) zapewnia płyta pleksiglasowa. Obsługa jest realizowana przez środowisko Quartus firmy Intel wraz z dokumentacją elektroniczną na stronie producenta. Zestaw zawiera kabel USB i zasilacz zewnętrzny oraz pilot sterowania zewnętrznego i kartę SD 4 GB.



Czy istnieje jeszcze sieć FidoNet (FIDOnet) w Polsce?

Od 1 stycznia 2015 roku już nie. Tego dnia, kilka minut po północy odłączono ostatnie hosty tytułowej sieci. Powodem decyzji była bardzo mała liczba osób z niej korzystających. Jedną z nich był Roman Mandziejewicz – najstarszy użytkownik polskiego FidoNetu pracujący na węźle 2:484/8. Działał on w obrębie regionu 48 (już nieistniejącego), którego jednym z ostatnich koordynatorów był Przemysław Kwiatkowski prowadzący węzeł 2:480/127. Ten region istniał niespełna 29 lat – bardzo długo jak na „stare technologie". To, jak się on zmieniał w drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych XX wieku, można zobaczyć na stronach:
http://mrc.tychy.pl/fidonet/mapka1.html (rok 1996),
http://mrc.tychy.pl/fidonet/mapka2.html (rok 1997),
https://mrc.tychy.pl/fidonet/mapka.html (rok 1999).

Opis sieci jest natomiast dostępny pod adresami:
http://mrc.tychy.pl/fidonet/pracamgr.html,
https://www.fid onet.org/policy4.txt.

Na rysunku 7 zostało pokazane oficjalne logo sieci FidoNet autorstwa Johna Madila – jednego z jej twórców. Lista pierwszych na świecie węzłów datowana na czerwiec 1984 roku dostępna jest pod adresem: https://bit.ly/3jJSOHj.

W 2020 roku obejmowała ona już tylko 1300 punktów wymiany danych. Tylko dorzucić do niej własny i powstrzymać globalny zanik sieci. Niech pomoże w tym strona: https://www.fidonet.org.

Toner w drukarce/kopiarce może eksplodować

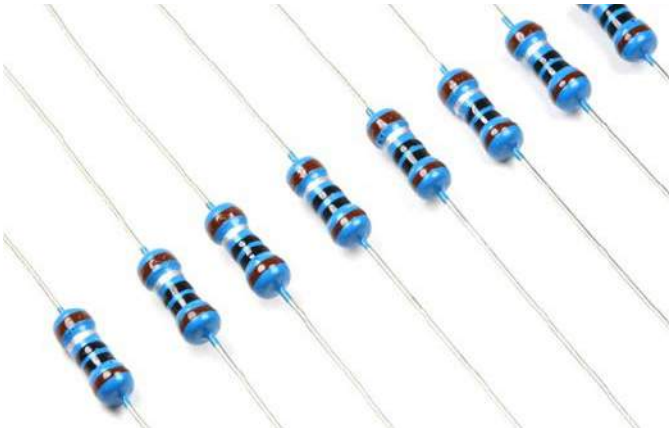
Na fotografii widać rozległą warstwę czarnego proszku rozsypanego na podłodze, z wyraźnie zaznaczonymi promieniami jego rozrzutu. Powodem takiej awarii jest łatwopalność proszku w połączeniu z nieszczelnością tytułowej części. Już najmniejsze wyładowanie

eprasa.pl 5a847e4771



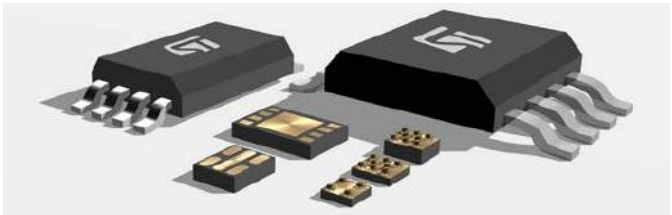
elektrostatyczne powoduje jego reaktywne zachowanie. Z racji wypełnienia nim niemal całego wnętrza tonera następuje przyrost ciśnienia rozrywający obudowę elementu. To natomiast doprowadza do eksplozji.

Ciekawe badania w tym względzie przeprowadzono w Chinach w 2012 roku – są one dostępne pod adresem: https://bit.ly/3CElyd8. Niech one Was przekonają do kupowania wyłącznie oryginalnych wyrobów do drukarek laserowych i kopiarek. Nie warto na tym oszczędzać.



Ohm czy om – który zapis jednostki rezystancji jest prawidłowy?

Niewątpliwie drugi z nich. Nie chodzi bowiem o to, z iloma Georgami Ohmami mamy do czynienia – Ohm to nazwisko niemieckiego fizyka, odkrywcy wspomnianej w tytule wielkości. Jest to drobnostka, o której się często zapomina. Dlatego wyjaśniamy, aby nie było wątpliwości. Robimy to szczególnie dla studentów elektroniki, którym rzadko jest tłumaczona ta kwestia. Krótko mówiąc – nie ma co „stawiać oporu" w tej sprawie, gdyż jest bezcelowy.



Energooszczędna pamięć EEPROM z interfejsem SPI od firmy STMicroelectronics

W marcu 2021 roku firma STMicroelectronics zaprezentowała układ M95M04-DR stanowiący pamięć EEPROM obsługiwaną poprzez interfejs SPI. Pozwala przechowywać 4 Mb (megabity) danych w czterech bankach o pojemności 524288 B każdy. Do pracy wymaga napięcia zasilania z zakresu 1,8...5,5 V i toleruje temperaturę otoczenia od –40°C do 85°C. Liczba cykli zapisów i odczytów pamięci jest równa 4 milionom. Zapis danych trwa do 5 sekund, a ich odczyt zajmuje do 0,5 sekundy. Podczas pierwszej operacji pobierany jest prąd 800 µA, a podczas kolejnych zaledwie 400 µA. W stanie bezczynności układu pobór prądu wynosi 4 µA. Tym samym jest to bardzo energooszczędny moduł. Dostępne są trzy typy obudowy: SO8-N, TSSOP8 i WLCSP.

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2}$$

$$\varepsilon_0 \approx \frac{1}{\left(4\pi \times 10^{-7}\,\mathrm{N/A^2}\right)\left(299792458\,\mathrm{m/s}\right)^2} = \frac{625000}{22468879468420441\pi}\,\mathrm{F/m} \approx 8.85418781762039 \times 10^{-12}\,\mathrm{F{\cdot}m^{-1}}$$

Skąd wynika wartość względnej przenikalności elektrycznej ε_0 próżni?

Na rysunku pokazano sposób obliczania tytułowego parametru. Jest to odwrotność iloczynu względnej przenikalności magnetycznej ε_0 wspomnianego ośrodka i kwadratu prędkości rozchodzącej się w nim fali elektromagnetycznej – c^2. Przy podstawieniu dokładnych wartości mamy gotowy wynik.



Cewki Würth Elektronik

Wspomniana w tytule firma wytwarza wiele elementów tego typu zarówno w wersji do montażu przewlekanego (THT), jak powierzchniowego (SMT). Mowa tu w szczególności o seriach:

- WE-PD – przeznaczona do obwodów mocy, obejmująca ekranowane elementy SMT pracujące z sygnałami o częstotliwości do 10 MHz włącznie, których zakres temperatury pracy wynosi –40...+125°C (dla niektórych modeli nawet 150°C), a wymiary wynoszą: od 1,2×1,2×6 mm (SMD1260) do 7,3×7,3×4,5 mm (SMD7345). Elementy te są odporne na wyładowania elektrostatyczne (ESD) według normy AEC-Q200;
- WE-HCI – przeznaczona do podzespołów komputerowych, zawiera ekranowane podzespoły SMT o temperaturze pracy –40...+125°C (dla niektórych modeli 155°C) nawinięte płaskim drutem zmniejszającym efekt naskórkowości przy wysokich częstotliwościach, które odznaczają się niską rezystancją, a ich wymiary wynoszą: od 1×1×3 mm (SMD1030) do 7,3×7,3×4,5 mm (SMD7345).

eprasa.pl 5a847e4771

Wśród pozostałych serii SMT należy wspomnieć o:
- ekranowanych: WE-PD HV, WE-PDA, WE-PMI, WE-TPC, WE-MAPI, WE-HCC, WE-SPC, WE--PDF, WE-PD2SR, WE-PD3, WE-MAIA, WE--HCF, WE-HCM, WE-LHMI, WE-PDWSMD;
- nieekranowanych: WE-PD4, WE-PD2, WE--LQ, WE-LQS, WE-PD2A, WE-PD2 HVTH.

W przypadku cewek THT:
- ekranowane: WE-TISTH;
- nieekranowane: WE-TI, WE-SI, WE-TI HV.

Tamagotchi po dziś dzień żywe

Mimo komputerów, smartfonów i coraz bardziej wymyślnych gier multimedialnych dla młodych, które mogły wyprzeć tę kultową zabawkę, nadal można ją kupić. Niepozorne „jajko" (takie jak pokazane na fotografii) stanowiło dom zwierzątka, którym opiekowało się niemal jak prawdziwym. Moment jego śmierci, po którym wydawało się, że gra się na dobre skończyła, był bardzo przejmujący. A wszystko zrealizowane na małym, monochromatycznym wyświetlaczu ciekłokrystalicznym przypominającym ten z telefonu Nokia 3310.



Wystarczy szybki rzut oka na portal aukcyjny i mamy ponad 2600 ofert z przedziałem cen od około 8 zł do prawie 240 zł. eBay, Aliexpress, Amazon, Alibaba, OLX – wszędzie znajdziemy ten gadżet.

Jakub Tyburski
jakub.tyburski@wat.edu.pl

REKLAMA

Ogłoszenia i reklamy hurtowni, sklepów, importerów, producentów, dealerów, itp. są płatne. Cena podstawowego modułu (35×20 mm) wynosi 66 zł + VAT. Koszt minimalnej ramki dla ogłoszeń o wielkości 3 modułów wynosi 198 zł + VAT. Moduły można łączyć zarówno w pionie, jak i w poziomie. Maksymalna szerokość ogłoszenia to 5 modułów, wysokość 12 modułów. Rabaty stosujemy wyłącznie do reklam powyżej 8 modułów: 4–6 emisji 10%, 7–11 emisji 15% i od 12 emisji 25%.

KRAMIK i RYNEK

Oferta specjalna:

• publikacja fragmentów cennika w ramce o wielkości: 8 modułów w pionie cena 264 zł + VAT, 9 modułów w poziomie 305 zł + VAT

• rabat specjalny dla firm poszukujących pracowników wynosi 25% (wyłącznie dla dużych reklam).

Wszelkich informacji udziela **Grzegorz Krzykawski**, **tel. 22 257 84 60**, e-mail: **grzegorz.krzykawski@ep.com.pl**.

Reklamy do tej rubryki mogą być przygotowane przez Zamawiającego w CMYK, w formacie CDR (wersja do 2021), AI, EPS (tekst zmieniony na krzywe), PSD, PDF (programy Adobe w wersji do CC 2021 włącznie PC/Mac) z próbnym wydrukiem. Małe reklamy mogą być przygotowane w redakcji (gratis) na podstawie odręcznego szkicu. Opracowania te nie będą jednak wówczas uzgadniane z Zamawiającym przed oddaniem do druku.

Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczonych w „Elektronice Praktycznej"

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

www.ep.com.pl





NINIEJSZE OGŁOSZENIA SĄ INFORMACJĄ HANDLOWĄ I NIE STANOWIĄ OFERTY W MYŚL ART. 66, § 1 KODEKSU CYWILNEGO. EWENTUALNIE PODANE CENY MOGĄ ULEC ZMIANIE.

eprasa.pl 5a847e4771

Systemy dla Internetu Rzeczy (52)



Wszystkie poprzednie odcinki kursu znajdują się pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**

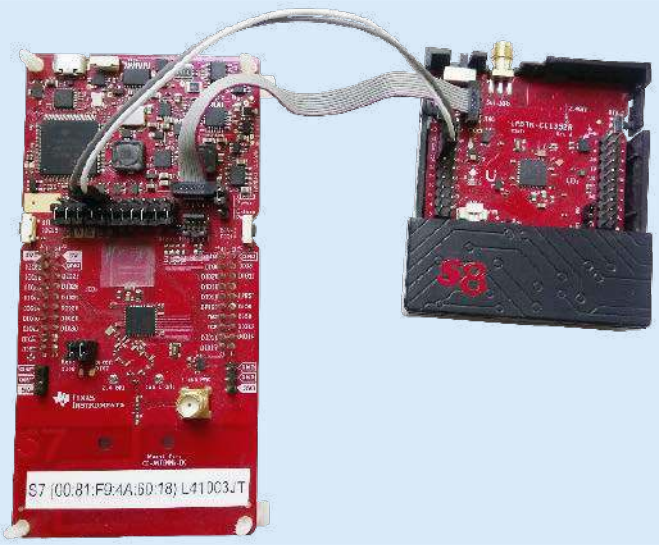
Projekt Multi Sensor dla zestawu czujnikowego CC1352R LaunchPad SensorTag

Zestaw czujnikowy CC1352 LaunchPad SensorTag (LPSTK) firmy Texas Instruments jest ciekawą konstrukcją. Stanowi połączenie cech zestawu startowego LaunchPad oraz modułu czujnikowego. W zestawie CC1352R LPST został zastosowany procesor komunikacyjny CC1352R firmy Texas Instruments należący do platformy SimpleLink. Na płytce drukowanej nie ma sprzętowego układu debugującego, ale są złącza rozszerzeń standardu BOOSTXL oraz cztery scalone czujniki niskiej mocy: wilgotności względnej i temperatury, oświetlenia otoczenia, trzyosiowy czujnik ruchu oraz czujnik magnetyczny. Dla zestawu CC1352R LPSTK zostały przygotowane trzy przykładowe projekty. Pierwszy projekt o nazwie Multi Sensor umożliwia komunikację BLE ze smartfonem i jest fabrycznie zaprogramowany do procesora zestawu.

Zestaw zawiera: płytkę układu umieszczoną w czarnej obudowie z czerwoną osłoną, 10-żyłowy kabel SWD (ARM) do złączy debugowych JTAG, przegubową antenę prętową ze złączem SMA dla pasma Sub-1 GHz {nazwa własna}, dwa kabelki z wtyczkami na złącza typu goldpin oraz *LPSTK-CC1352R Quick start guide* [5]. Zestaw nie zawiera baterii rozmiaru AAA oraz zestawu startowego *SimpleLink CC1352R wireless MCU LaunchPad development kit* (LAUNCHXL--CC1352R1) rekomendowanego do debugowania.

Układ scalony procesora komunikacyjnego CC1352R1 został zastosowany w standardowej konfiguracji pracy [2]. Do niego są dołączone rezonatory kwarcowe: głównego zegara systemowego 48 MHz (Y2) oraz zegara RTC 32,768 kHz (Y1). Zestaw zawiera cztery scalone czujniki niskiej mocy: wilgotności względnej i temperatury HDC2080, oświetlenia otoczenia OPT3001, trzyosiowy czujnik ruchu ADXL362 oraz czujnik magnetyczny DRV5032 (z zastosowaniem efektu Halla). Dokładne omówienie zestawu zostało zamieszczone w poprzednim artykule tej serii [S33]. Zasilanie można doprowadzić poprzez kabel portu JTAG. Odpowiednie będą dwie baterie rozmiaru AAA, ale istnieje możliwość zastosowania również baterii CR2032. Na płytce drukowanej znajdują się dwa złącza 20-pinowe zgodne ze standardem BOOSTXL. Umożliwia to dołączanie standardowych modułów rozszerzeń platformy SimpleLink. Zestaw jest dostarczany z domyślnie zainstalowanym oprogramowaniem o nazwie *Multi Sensor* [9]. Umożliwia ono komunikację z zastosowaniem protokołu BLE, ze smartfonem z aplikacją *SimpleLink Starter* dostępną na system iOS i Android.

Ogólne omówienie zasobów platformy SimpleLink [1] jest zamieszczone w dokumencie *Deep dive into the tools and development kits of the SimpleLink MCU platform* [6]. W poszukiwaniu informacji dotyczących zestawu CC1352R LaunchPad SensorTag najbardziej przydatna jest strona produktu [4]. Zgromadzone są na niej informacje i odnośniki do wielu dokumentów: z opisem ogólnym, ze wsparciem sprzętowym i programowym, z opisem wersji i dostępności układów, z przykładowymi projektami z jego wykorzystaniem oraz wiele innych. Rozmieszczenie sygnałów i napięć na złączach standardu BOOSTXL z sygnałami wyprowadzeń I/O procesora zestawu CC1352R LaunchPad SensorTag jest pokazane w dokumencie *LPSTK-CC1352R Quick start guide* [5]. Pliki konstrukcyjne płytki i schemat zestawu

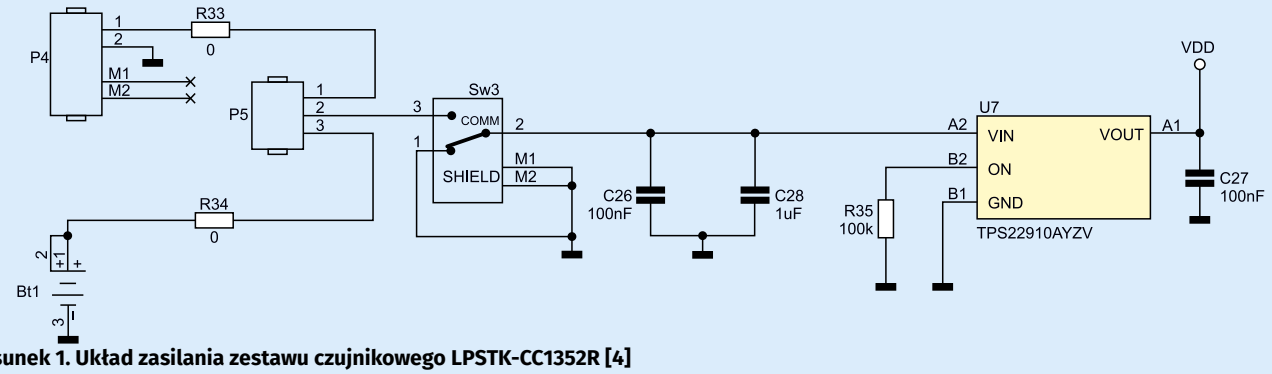


LPSTK są zamieszczone w zbiorze *LPSTK-CC1352R Design Files* [7] dostępnym ze strony [4]. Zasoby programowe i opisy są zamieszczone w pakiecie programowym *SimpleLink CC13x2 and CC26x2 software development kit (SDK)* [8]. Rozszerzeniem pakietu SDK jest pakiet *SimpleLink Academy* zawierający ćwiczenia praktyczne [9].

Opis zestawu CC1352R LPSTK, omówienie budowy, pierwsze eksperymenty z komunikacją BLE ze smartfonem, opis aktualizacji poprzez radio oraz debugowania jest zamieszczony na stronie SimpleLink Academy w warsztacie *LPSTK-CC1352R LaunchPad SensorTag Out of Box Experience* (z drugą nazwą *Meet the SimpleLink LPSTK--CC1352R LaunchPad SensorTag Development Kit*) [9]. Na portalu TI w sekcji szkoleń są zamieszczone bardzo przydatne prezentacje wideo. W prezentacji *LaunchPad SensorTag kit out-of-box experience* została pokazana praca z zestawem CC1352R LPSTK prosto z pudełka [12]. Przykłady różnych sposobów zastosowania zestawu CC1352R LPSTK zostały pokazane w prezentacji *TI wireless sensor kit* [14]. W prezentacji *Flexible power options for LPSTK-CC1352R: Soldering coin cell battery holder* jest pokazane, jak zamontować koszyczek baterii CR2032 do płytki drukowanej zestawu [13].

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 1. Układ zasilania zestawu czujnikowego LPSTK-CC1352R [4]

Zasilanie

Płytka zestawu CC1352R LPSTK jest zasilana napięciem 3 V, typowo z dwóch baterii rozmiaru AAA wkładanych w dolnej części obudowy zestawu. Ich napięcie jest dołączane do złącza P4 (oznaczenie PWR) na płytce drukowanej (**rysunek 1**). Jest możliwość zasilania płytki również z baterii CR2032. W tym celu można na dolnej stronie płytki drukowanej zalutować pojemnik na baterię CR2032 [13]. Napięcie z obu źródeł doprowadzone jest do złącza P5 (oznaczenia: AAA, Coin) w postaci trzech wyprowadzeń typu goldpin 2 mm. Pozwala to na wybór źródła zasilania zworką. Wybrane napięcie jest podawane na wyłącznik SW3 (oznaczenie PWR) umieszczony na górnej krawędzi płytki drukowanej. Ma on dwie pozycje oznaczone jako: ON i OFF.

Następnie napięcie wejściowe jest podawane na wejście układu scalonego przełącznika elektronicznego TPS22910A (U7). Układ jest stale włączony i przy małej rezystancji przewodzenia – 61 mΩ pracuje jako aktywne zabezpieczenie przed podaniem wejściowego napięcia o odwrotnej polaryzacji. Układ zabezpiecza też przed spadkiem napięcia wejściowego poniżej 1,2 V. Napięcie wyjściowe VDD z układu przełącznika jest dołączone do układów scalonych wszystkich czujników, pamięci Flash oraz diod LED. Napięcie VDD, poprzez dławik FL1, jest podawane na wyprowadzenia VDDS głównego zasilania układu scalonego procesora komunikacyjnego CC1352R1 (akceptuje napięcie z zakresu 1,8…3,8 V). Jest też wyprowadzone na złącze standardu BOOSTXL (J2.1) oraz JTAG (P2.1). Oznacza to możliwość pobierania zasilania zestawu bezpośrednio ze złącza JTAG (bez baterii). Typowym źródłem zasilania jest debugger JTAG dostarczający napięcia o odpowiednich parametrach dla bezpiecznej pracy procesora CC1352R1.

Zasilanie domeny cyfrowej (VDDR) oraz modułu radiowego (VDDR_RF) jest realizowane w standardowej konfiguracji z wewnętrzną przetwornicą DC/DC i zewnętrznym dławikiem [7].

Należy zwrócić uwagę na sposób podłączenia nóżki J2.1 z oznaczeniem 3V3 na złączu rozszerzeń standardu BOOSTXL. Jest ona dołączona do napięcia VDD płytki, czyli za układem TPS22910A (U7), praktycznie bezpośrednio do procesora. Przy dołączeniu zewnętrznego zasilania (bez zasilania ze złącza portu JTAG P2, P3) oznacza to brak zabezpieczenia oraz konieczność spełnienia wszystkich warunków zasilania procesora, np. odpowiedniej prędkości narastania napięcia po jego podaniu. W praktyce jest to bardzo trudne i może powodować blokowanie pracy procesora. Lepszym sposobem podania zewnętrznego zasilania jest dołączenie go do złącza baterii BT1 lub bezpośrednio do pinu P5.2 złącza wyboru zasilania, po zdjęciu zworki.

Port JTAG

Cztery sygnały portu JTAG oraz sygnał wyprowadzenia RESET procesora CC1352R1 są doprowadzone do łącza JTAG (P2) typu ARM o 10 szpilkach. Sygnały te są również dostępne na łączu J3 standardu BOOSTXL. Dodatkowo trzy sygnały są doprowadzone do pola lutowniczego dla łącza P3.

Anteny

Dopasowanie systemu antenowego ma decydujący wpływ na jakość pracy układu komunikacji radiowej, szczególnie przy bardzo małych mocach. Tor Sub-1 GHz {nazwa własna} jest dołączony do gniazdka antenowego J1 typu SMA (oznaczenie Sub-1 GHz {nazwa własna}). Tor 2,4 GHz jest dołączony do anteny A1 (oznaczenie 2,4 GHz) zrealizowanej bezpośrednio na płytce drukowanej. Zaletą anteny PCB jest niska cena oraz dobra jakość (po dokładnym zweryfikowaniu działania kolejnych wersji płytki drukowanej). Na płytce drukowanej jest też zamontowane gniazdko radiowe P1 (typu uSMA). Po przelutowaniu kondensatora C11 w pole C9 (zaraz obok) będzie ono dołączone do wyjścia układu TR1.

Wejście RESET procesora CC1352R1

Na wejściu RESET procesora CC1352R1 dołączony jest standardowy układ z kondensatorem 100 nF oraz rezystorem 100 kΩ dołączonym do zasilania VDDS. Wejście jest też doprowadzone do złącza JTAG (P2) oraz złącza rozszerzeń J3.10 (oznaczenie LP RST).

Złącza rozszerzeń w standardzie BOOSTXL

Sposób rozmieszczenia sygnałów wyprowadzeń układu CC1352 na złączach standardu BOOSTXL zestawu LPSTK dobrze pokazuje rysunek w dokumencie [5]. Na złączach J2 oraz J3 jest udostępnionych 26 wyprowadzeń wejścia-wyjścia (GPIO) układu scalonego CC1352R1 oznaczanych jako „DIOxx", gdzie xx to numery od 01 do 31. Numery te są wydrukowane na płytce obok poszczególnych wyprowadzeń złączy. Wyprowadzone jest też połączenie do nóżki Reset procesora. Sygnały łącza JTAG są również doprowadzone poprzez cztery rezystory. Jednak dwa rezystory nie są fabrycznie zainstalowane. Rozmieszczenie sygnałów i napięć zestawu LPSTK jest (prawie) zgodne z płytką zestawu *CC13x2R1 LaunchPad* [S15]. Jedyna różnica polega na braku napięcia 5 V na wyprowadzeniu J2.2.

Oprogramowanie dla zestawu CC1352R LaunchPad SensorTag

Zestaw *LPSTK-CC1352R* jest zgodny programowo z zestawem *CC13x2R1 LaunchPad* [S15]. Umożliwia to zastosowanie do niego wielu dotychczas dostępnych projektów. Oprogramowanie dla zestawu CC1352R LPSTK jest dostarczane w ramach pakietu programowego *SimpleLink CC13x2 and CC26x2 software development kit (SDK)* (Ver 5.20.00.52) [8] wraz z instalowaną najnowszą wersją pakietu SimpleLink Academy [9]. Specjalnie dla zestawu CC1352R LPSTK zostały przygotowane trzy przykładowe projekty. Zestaw jest dostarczany z fabrycznie zainstalowanym programem o nazwie *Multi Sensor* [9]. Program obsługuje transmisję bezprzewodową Bluetooth LE ver.5.0. Program *Multi Sensor* umożliwia komunikację z zastosowaniem protokołu BLE pomiędzy zestawem CC1352R LPSTK oraz smartfonem z aplikacją *SimpleLink Starter* (dostępną na system iOS [16] i Android [15]). Jego opis znajduje się w pliku *README.html* w folderze projektu *Multi Sensor* [3].

Szczególną zaletą zestawu CC1352R LPSTK jest możliwość jednoczesnej transmisji dwuzakresowej z różnymi protokołami

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 5a847e4771

komunikacyjnymi. Nową wersję oprogramowania z nowym protokołem transmisji można załadować bezprzewodowo podczas pracy programu *Multi Sensor* z aplikacją *SimpleLink Starter*.

Drugi projekt programowy umożliwia pracę dwuzakresową zestawu CC1352R LPSTK z protokołem BLE (2,4 GHz) oraz z protokołem IEEE 802.15.4 (Sub-1 GHz {nazwa własna}). Trzeci projekt dotyczy zastosowania komunikacji z protokołem BLE oraz ZigBee [9]. Porównanie konfiguracji sieci bezprzewodowych tworzonych z zastosowaniem zestawu CC1352R LPSTK jest omówione w dokumencie [11].

Dołączanie zestawu czujnikowego LPSTK-CC1352R do komputera

W celu debugowania pracy zestawu CC1352R LPSTK trzeba do łącza JTAG (P2) dołączyć debugger sprzętowy [9]. Może to być debugger standardu XDS110. Najprościej można wykorzystać debugger XDS110 znajdujący się na płytce zestawu *CC13x2R1 LaunchPad*. W zestawie CC1352R LPSTK załączony jest kabel ARM 10-pin JTAG oraz dwa kabelki z wtyczkami na szpilki goldpin. Zastosowanie ich do połączenia płytek obu zestawów umożliwia programowanie, debugowanie oraz komunikację poprzez UART.

Dołączenie debuggera XDS110 zestawu *CC13x2R1 LaunchPad* do zestawu CC1352R LPSTK zostało pokazane na zdjęciu tytułowym. W celu przygotowania zestawów do pracy należy wykonać następujące czynności:

1. Na płytce zestawu *CC13x2R1 LaunchPad* zdejmij wszystkie zworki na złączu izolacyjnym (podwójny grzebień poziomo w środku płytki);
2. Dołącz jedną wtyczkę kabla ARM 10-pin JTAG do złącza *XDS110 OUT* na płytce zestawu *CC13x2R1 LaunchPad;*
3. Dołącz drugą wtyczkę tego kabla do złącza JTAG zestawu CC1352R LPSTK;
4. Dołącz jedną wtyczkę szarego kabelka do pinu RXD zestawu *CC13x2R1 LaunchPad* a drugą wtyczkę do pinu RX (J2.12) zestawu CC1352R LPSTK;
5. Dołącz jedną wtyczkę białego kabelka do pinu TXD zestawu *CC13x2R1 LaunchPad* a drugą wtyczkę do pinu TX (J2.13) zestawu CC1352R LPSTK;
6. Otwórz *Windows Device Manager*. Kliknij prawym klawiszem myszki na ikonkę Windows 10 w lewym dolnym rogu i z podręcznego menu wybierz *Device Manager;*
7. Dołącz zestaw *CC13x2R1 LaunchPad* kablem USB do komputera;
8. Dioda LED na zestawie LaunchPad powinna się zaświecić;
9. W oknie *Windows Device Manager* powinny pojawić się nowe linie.

Kasowanie całej pamięci Flash układu CC1352R1

Zainstalowany fabrycznie na zestawie CC1352R LPSTK program *Multi Sensor* używa specjalnego programowego bootloadera o nazwie *Boot Image Manager* (BIM) [9]. Jest on umieszczony w pamięci Flash w obszarze niedostępnym podczas zwykłego programowania kodu. Może on utrudniać lub nawet uniemożliwiać uruchomienie innych programów. Aby go usunąć z pamięci Flash, należy użyć programu *UniFlash* w najnowszej wersji [10]. Po uruchomieniu i połączeniu programu *UniFlash* z zestawem należy w linii *Configured Device* kliknąć na *more inf*. Następnie należy kliknąć na *Read Device Info*. W oknie pokazywana jest wersja układu scalonego (wersja produkcyjna to E (2.1) oraz rozmiar jego pamięci RAM i Flash. Jeśli trzeba skasować całą pamięć Flash, należy wykonać poniższe kroki:

- na liście po lewej stronie okna programu należy wybrać *Settings & Utilities* a następnie w sekcji *Manual Erase* kliknąć na przycisk *Erase Entire Flash,*
- w oknie *Console* zostaną wyświetlone informacje o rezultatach wykonywanej operacji.

Na koniec zamykamy program *UniFlash*.

Programowanie projektu *Multi Sensor*

Programowanie wymaga zastosowania projektu *Multi Sensor* oraz projektu *BIM offchip* w odpowiedniej kolejności.

1. Uruchom program Code Composer Studio – dwa razy kliknij na ikonkę CCS;
2. W oknie *Workspace Launcher* wpisz ścieżkę z nazwą: *C:\home_dir\work_MultiSensor;*
3. **Nie zaznaczaj** *„Use this as the default …”*;
4. Klinij *OK;*
5. Obserwuj prawy dolny róg okna. **Czekaj**, aż wszystkie moduły środowiska *Eclipse* zostaną załadowane. Niestety, nie ma informacji o zakończeniu pracy;
6. W oknie *Getting Started* kliknij na *Resource Explorer;*
7. Jeśli zostanie wyświetlone okno dialogowe odnośnie do plików cookie, kliknij przycisk akceptacji;

Po tych czynnościach zostanie otworzona zakładka *Resource Explorer*.

Krok 1A: Importuj projekt *bim_offchip* do CCS

1. W zakładce *TI Resource Explorer* rozwiń ścieżkę: *Software → SimpleLink CC13x2 26x2 SDK – 5.20.00.52 → Examples → Development Tools → CC1352 LaunchPad → bim → bim_offchip → No RTOS → CCS Compiler → bim_offchip;*
2. Kliknij w prawym oknie na ikonkę *Import*;
3. Obserwuj prawy dolnym róg ekranu. **Czekaj**, aż wszystkie operacje zostaną wykonane (szczególnie indeksowanie). Niestety, nie ma informacji o zakończeniu pracy.

Krok 1B: Importuj projekt *multi_sensor* do CCS

1. W zakładce *TI Resource Explorer* rozwiń ścieżkę: *Software → SimpleLink CC13x2 26x2 SDK – 5.20.00.52 → Examples → Development Tools → CC1352 LaunchPad → BLE-Stack → multi_sensor → TI-RTOS → CCS Compiler → multi_sensor;*
2. Kliknij w prawym oknie na ikonkę *Import*;
3. **Czekaj**, aż wszystkie operacje zostaną wykonane (szczególnie indeksowanie).

Krok 2: Buduj wszystkie projekty

1. Z menu wybierz *Project → Clean;*
2. W oknie *Clean* kliknij przycisk *Clean;*
3. **Czekaj**, aż w oknie *Console* zostanie wyświetlona informacja *Build Finished* i zakończy pracę aplikacja *Indexer;*
4. W oknie *Console* pokazywane są teraz informacje dotyczące budowania projektu jądra *bim_offchip_CC1352R1_LAUNCHXL_nortos_ccs.out;*
5. W oknie *Project Explorer* zaznacz projekt *multi_sensor* i sprawdź w oknie *Console*, czy wygenerowany został plik kodu *multi_sensor_CC13XR1_LAUNCHXL_tirtos_ccs.out.*

Krok 3: Zdefiniuj *Debugger Configuration*

W oknie *Project Explorer* rozwiń drzewo projektu *multi_sensor_CC13XR1_LAUNCHXL_tirtos_ccs* oraz gałąź *targetConfigs*. Plik konfiguracji sprzętowej *CC1352R1F3.ccxml file* jest już zdefiniowany i ustawiony jako *Active/Default*.

Krok 4A: Debuguj projekt *bim_offchip*

1. W oknie *Project Explorer* zaznacz projekt *bim_offchip;*
2. W oknie *Project Explorer* kliknij prawym klawiszem myszki na projekt *bim_offchip_CC1352R1_LAUNCHXL_nortos_ccs* (**Uwaga**, to musi być projekt *bim_offchip*);
3. Z podręcznego menu wybierz: *Debug As → Code Composer Debug Session;*
4. **Czekaj**, aż kursor zostanie ustawiony na pierwszej linii kodu funkcji *main();*

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 5a847e4771

5. W perspektywie *CCS Debug* zakończ sesję debugową – kliknij na ikonkę *Terminate*;
6. Czekaj, aż aplikacja powróci do perspektywy *CCS Edit*.

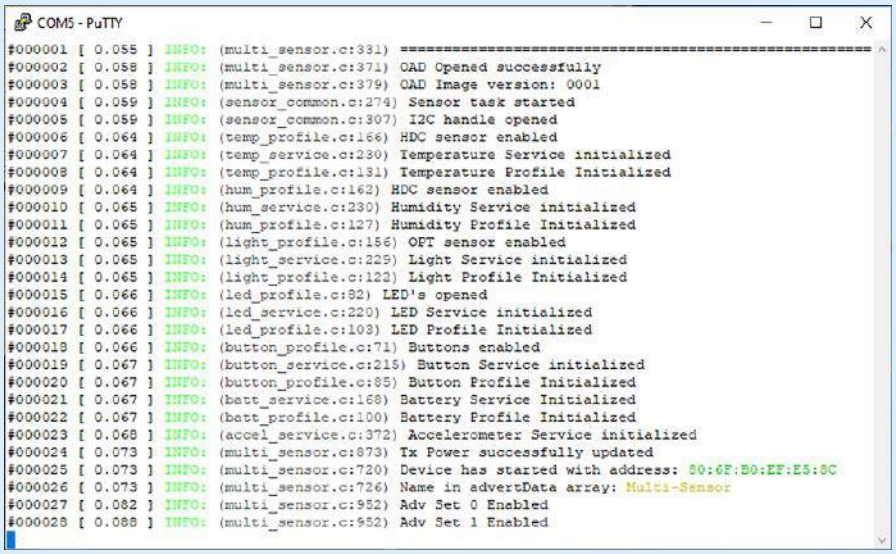
Krok 4B: Debuguj projekt *multi_sensor*

1. W oknie *Project Explorer* zaznacz projekt *multi_sensor_CC13XR1_LAUNCHXL_tirtos_ccs*. (**Uwaga**, to musi być projekt *multi_sensor*);
2. Kliknij na ikonkę *Debug*;
3. **Czekaj**, aż kursor zostanie ustawiony na pierwszej linii kodu funkcji *main()*.

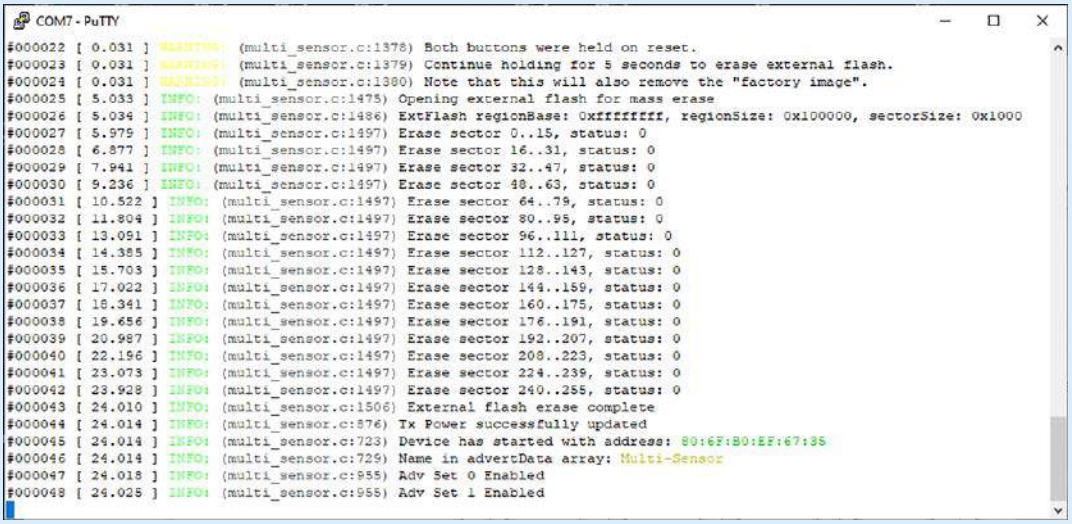
Dołączanie terminalu znakowego do zestawu LPSTK

1. W oknie *Windows Device Manager* sprawdź numer portu przydzielonego dla XDS110 Class Application/User UART (COMxx);
2. Uruchom aplikację PuTTY;
3. Wybierz *Connection type* jako *Serial* (po prawej stronie okna);
4. W polu parametru *Speed* wpisz 115200 baud;
5. W polu parametru *Serial* wpisz numer przydzielonego portu COMxx;
6. W oknie *Category* rozwiń linię *Window → Colours;*
7. Zaznacz *Use system colours;*
8. Kliknij na przycisk *Open;*
9. Rozciągnij okno aplikacji PuTTy prawie na całą szerokość ekranu;

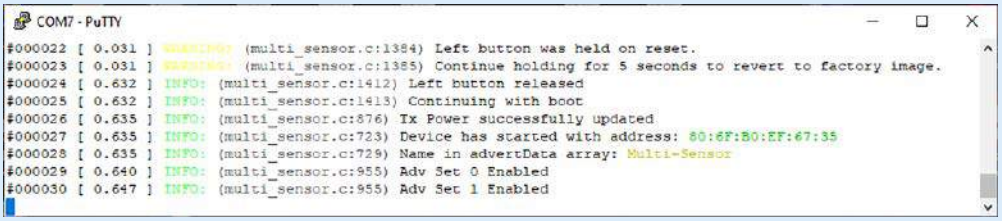
Uwaga, nie odłączaj zestawu C1352R1 LaunchPad SensorTag od komputera w czasie pracy aplikacji PuTTy.



Rysunek 2. Informacje aplikacji *Multi Sensor* podczas rozpoczęcia pracy



Rysunek 3. Kasowanie zewnętrznej pamięci Flash



Rysunek 4. Przywracanie obrazu fabrycznego do wewnętrznej pamięci Flash

Wgląd i działanie projektu *multi_sensor*

1. W oknie edycyjnym pliku *main.c* zobacz sekwencję inicjalizacji;
2. Kliknij na ikonkę *Resume*;

Niebieska dioda LED na płytce zestawu LPSTK zaczyna błyskać. Oznacza to uruchomienie trybu rozgłaszania komunikacji BLE. W oknie aplikacji PuTTy wyświetlany jest log pracy kodu projektu *multi_sensor*. Aplikacja inicjalizuje serwisy oraz ustawia wartości i charakterystyki tych serwisów. Na koniec aplikacja uruchamia rozgłaszanie. Podawany jest też adres sieciowy zestawu *LPSTK* (**rysunek 2**).

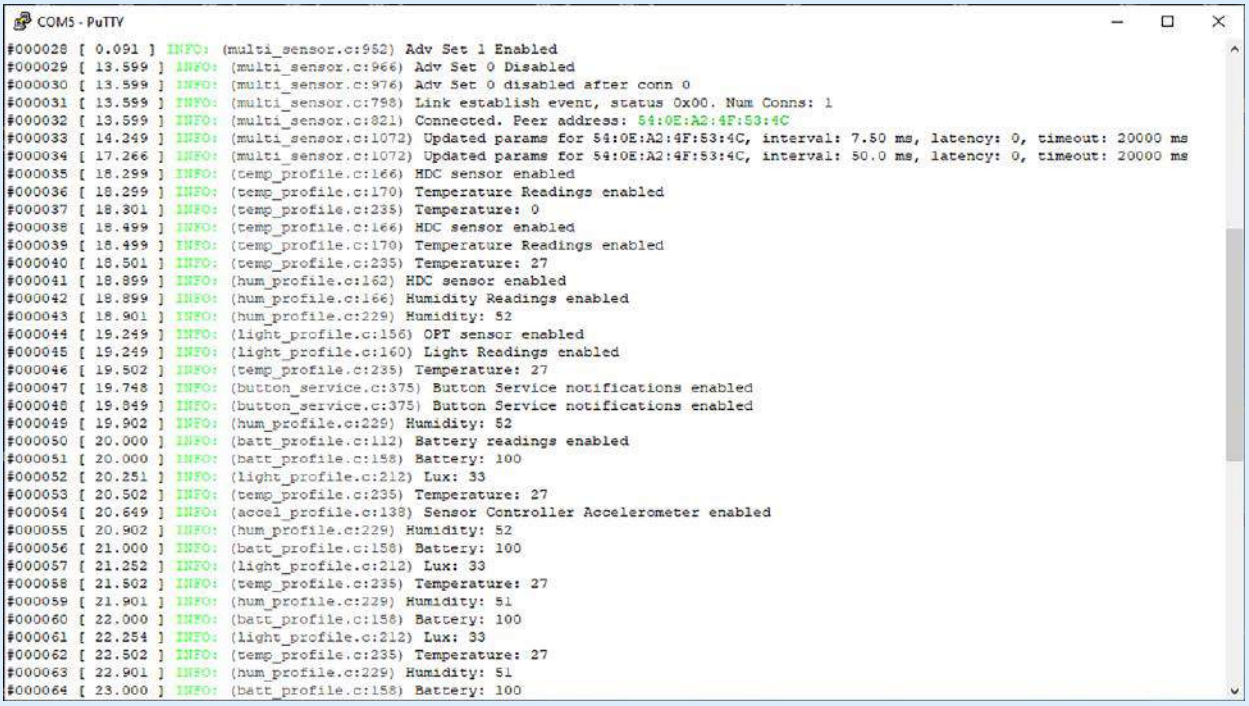
Wymagania wstępne dotyczące oprogramowania

Boot Image Manager (BIM) jest załadowany na ostatniej stronie pamięci Flash. Domyślnie jest to „bezpieczny" BIM. Podczas bootowania i inicjalizacji aplikacji mają miejsce następujące czynności związane z BIM i zewnętrzną pamięcią Flash:

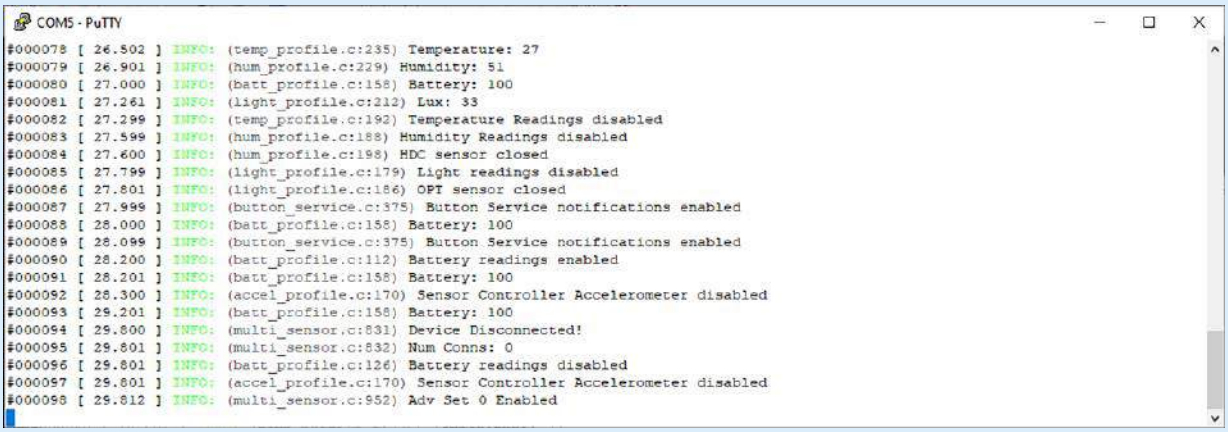
- **RESET** – BIM uruchamia obraz kodu z wewnętrznej pamięci Flash (rysunek 2). BIM sprawdza, czy w zewnętrznej pamięci Flash istnieje fabryczny obraz kodu. Jeśli nie istnieje, to bieżący obraz zostanie skopiowany do zewnętrznej pamięci Flash i oznaczony jako obraz fabryczny. Jeśli nie ma żadnego obrazu kodu, to procesor zostaje wprowadzony w stan standby.
- **BTN-1 + BTN-2 + RESET** – sprawdzana jest kombinacja przycisków BTN-1 i BTN-2. Jeśli oba przyciski zostaną przytrzymane przez 5 sekund podczas wykonywania operacji RESET, to zewnętrzna pamięć Flash zostanie skasowana (**rysunek 3**). Nie jest to zalecane, chyba że użytkownik ma możliwość wpisania nowego obrazu BIM/multi_sensor do pamięci Flash.
- **BTN1 + RESET** – sprawdzany jest lewy przycisk BTN-1. Jeśli zostanie przytrzymany podczas przyciśnięcia przycisku RESET,

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 5. Informacje programu *Multi Sensor* po połączeniu z węzłem Central



Rysunek 6. Sekwencja odłączenia zestawu LPSTK od sieci BLE

po upłynięciu 5-sekundowego limitu czasowego, to uruchomiony obraz zostanie oznaczony jako nieprawidłowy i uruchomi się w BIM (**rysunek 4**). Ma to na celu przywrócenie (przepisanie) przez BIM obrazu fabrycznego do wewnętrznej pamięci Flash.

Podczas gdy jedna z kombinacji przycisków BTN jest przytrzymywana podczas resetowania, diody LED będą migać naprzemiennymi kolorami. Jeśli przyciski zostaną zwolnione podczas 5-sekundowego limitu czasu, urządzenie będzie kontynuowało normalne uruchamianie. Po uruchomieniu aplikacji oba przyciski będą działać normalnie.

UWAGI:

- Po skasowaniu zewnętrznej pamięci Flash nie zaleca się wykonywania procedury przywracania BTN-1 + RESET, ponieważ spowoduje to pozostawienie Boot Image Manager bez prawidłowego obrazu w wewnętrznej pamięci Flash i bez obrazu fabrycznego w zewnętrznej pamięci Flash. W tym momencie należy użyć debuggera, takiego jak XDS110, aby wpisać nowy wewnętrzny obraz do urządzenia;
- Podczas uruchamiania kodu za pomocą IDE, jak CCS (w przeciwieństwie do uruchamiania kodu po operacji RESET), BIM w ogóle się nie uruchomi. Jeśli zostanie wykonana operacja RESET (np. polecenie *CPU Reset* lub przycisk RESET) podczas sesji debugowania, BIM (jeśli jest obecny) zostanie uruchomiony i może zastąpić w pamięci wewnętrznej Flash aktualny obraz kodu obrazem fabrycznym. Dalsze debugowanie nie będzie możliwe.

Rozgłaszanie

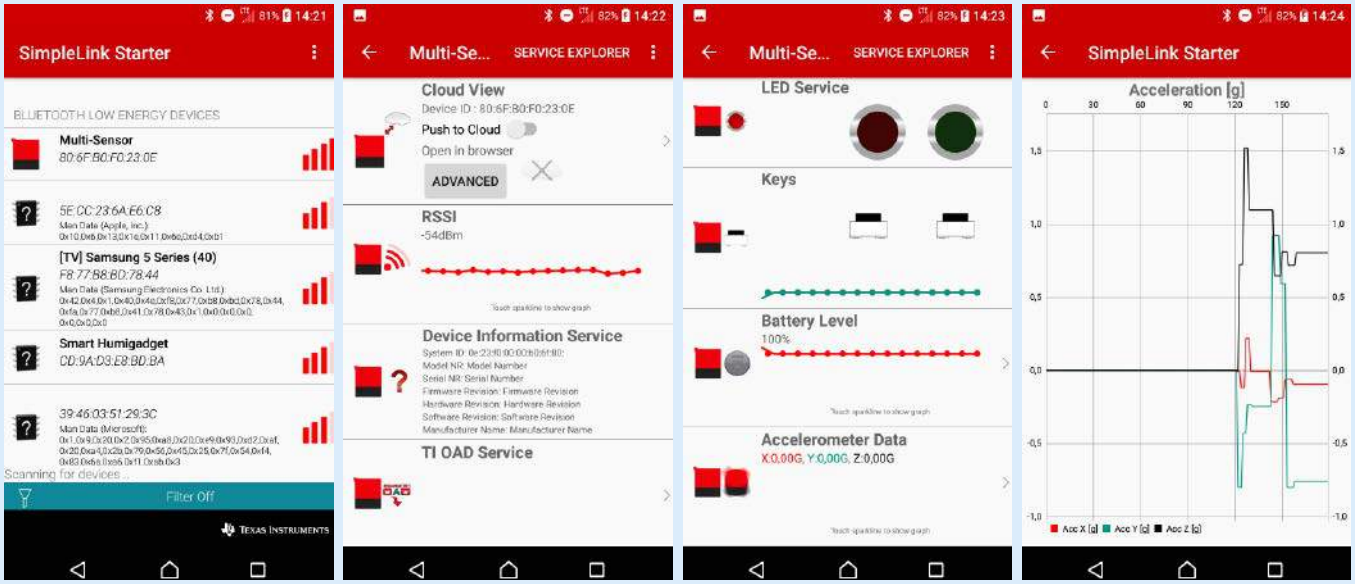
Po uruchomieniu LPSTK rozpocznie rozgłaszanie z użyciem dwóch zestawów: rozgłaszanie Legacy (*Connectable Scannable Advertisements*) oraz rozgłaszanie dalekiego zasięgu (*Coded PHY*) z kodowaniem S2 [S19]. Niebieska dioda LED zacznie migać, wskazując, że urządzenie pracuje z rozgłaszaniem. Połączenie można nawiązać za pomocą dowolnego zestawu rozgłaszania. Aplikacja *multi_sensor* obsługuje tylko jedno połączenie, więc oba zestawy zostaną wyłączone po nawiązaniu połączenia. Gdy połączenie zostanie zerwane, oba zestawy zostaną ponownie uruchomione.

Połączenie

Po wykonaniu połączenia zestawu LPSTK do węzła Central sieci standardu Bluetooth 5 niebieska dioda przestanie migać, a zielona dioda LED zostanie wyłączona. Gdy urządzenie wykona połączenie, adres urządzenia (*Peer address*) zostanie wyświetlony w konsoli (**rysunek 5**). Komunikaty logu będą następnie pokazywać dane odczytane z różnych czujników. Przy odłączeniu od sieci BLE obsługa czujników zostanie wyłączona i oba zestawy rozgłaszania zostaną ponownie uruchomione (**rysunek 6**).

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 7. (a, b, c, d) Przykładowe ekrany aplikacji SimpleLink Starter

GATT

W dokumencie *Readme* [3] jest dokładnie omówione to, jak komunikować się bezprzewodowo z różnymi usługami GATT dostępnymi w projekcie *multi_sensor*. Z perspektywy aplikacji interfejs do tych usług jest wyabstrahowany przez wspólny moduł Sensors. Ten moduł automatycznie udostępni usługi GATT dla każdego czujnika, gdy czujnik zostanie pomyślnie zainicjowany podczas resetowania. Jeśli z jakiegoś powodu czujnik nie zostanie zainicjowany, usługa nie będzie dostępna.

Szybkie prototypowanie z aplikacją mobilną

Zestaw CC1352R LPSTK może zostać dołączony poprzez łącze radiowe standardu Bluetooth LE do urządzenia mobilnego (smartfon/tablet) lub innego z obsługą tego standardu. Opis i odnośniki są zamieszczone na stronie *LPSTK-CC1352R LaunchPad SensorTag Out of Box Experience* [9]. Oprócz odpowiedniej aplikacji *SimpleLink Starter* firmy Texas Instruments można używać aplikacji LightBlue lub BLEScanner. Postępowanie przy uruchamianiu komunikacji z urządzeniem mobilnym przebiega następująco:

1. Pobierz darmową aplikację komunikacyjną dla swojego urządzenia mobilnego obsługującego transmisję bezprzewodową Bluetooth LE ver.4.0 (lub nowszą);
2. Z portalu *Apple App Store* pobierz aplikację *TI SimpleLink Starter* dla urządzeń z systemem operacyjnym iOS 10.0 i nowszym (iPhone i iPad) [16];
3. Z portalu *Google Play* pobierz aplikację *SimpleLink Starter* dla urządzeń z systemem operacyjnym Android 5.0 i nowszym [15];
4. Włącz zasilanie zestawu CC1352R LPSTK. Niebieska dioda LED zaczyna błyskać. Sygnalizuje to, że zestaw CC1352R LPSTK jest w stanie rozgłaszania;
5. Uruchom aplikację komunikacyjną na swoim urządzeniu mobilnym. Może to wymagać włączenia na urządzeniu radia Bluetooth;
6. W głównym oknie aplikacji wyszukaj na liście swój zestaw CC1352R LPSTK widoczny jako *Multi-Sensor* (**rysunek 7a**). Typowo, zestaw umieszczony blisko ma największą wartość RSSI (najwięcej kresek identyfikacji poziomu sygnału). W celu ponownego wyszukania dostępnych urządzeń BLE należy przeciągnąć po ekranie z góry na dół.

Po wybraniu zestawu pojawia się okno robocze prezentujące bieżące wartości odczytu z zestawu (**rysunek 7b**). Niebieska dioda LED zestawu CC1352R LPSTK przestaje błyskać i świeci na zielono. Oznacza to, że zestaw jest w stanie komunikacyjnym „połączony". Aplikacja pokazuje bieżący poziom RSSI, informacje o zestawie, poziom wilgotności i naładowania baterii (zasilania) oraz odczyt stanu przycisków.

Wybrane pozostałe artykuły kursu Systemy dla Internetu Rzeczy:

[S15] Zestaw CC1352R1 LaunchPad, EP 5/2018
[S16] Dynamiczne monitorowanie prądu zasilania układu SoC, EP 6/2018
[S19] Bezpieczeństwo transmisji z protokołem Bluetooth Low Energy, EP 10/2018
[S30] Praca z jednoczesną komunikacją radiową BLE 5 oraz IEEE 802.15.4, EP 10/2019
[S33] Zestaw czujnikowy LPSTK – CC1352R LaunchPad SensorTag, EP 1/2020

Literatura:

[1] Wireless connectivity products, Texas Instruments, https://bit.ly/2VHt4U5
[2] CC1352R SimpleLink multi-band wireless MCU, Texas Instruments, http://bit.ly/35tHuqc
[3] *Sensor README*, Texas Instruments, file:///C:/ti/simplelink_cc13x2_26x2_sdk_5_20_00_52/examples/rtos/CC1352R1_LAUNCHXL/ble5stack/multi_sensor/README.html
[4] SimpleLink multi band CC1352R wireless MCU Launchpad SensorTag kit LPSTK-CC1352R, Texas Instruments, http://bit.ly/38GI1ar
[5] LPSTK-CC1352R Quick start guide, 26 Nov 2019, Texas Instruments, http://bit.ly/35sTOr0
[6] Deep dive into the tools and development kits of the SimpleLink MCU platform (SWAY002B), Adrian Fernandez, Henry Wiechman, 25 Sep 2019, Texas Instruments, http://bit.ly/2YR1oJn
[7] LPSTK-CC1352R Design Files ZIP, 15 Oct 2019, Texas Instruments, http://bit.ly/38Eicrr
[8] SimpleLink CC13x2 and CC26x2 software development kit (SDK) (Ver. 5.20.00.52), Texas Instruments, https://bit.ly/3lVCiGT
[9] LPSTK-CC1352R LaunchPad SensorTag Out of Box Experience (Meet the SimpleLink LPSTK-CC1352R LaunchPad SensorTag Development Kit), SimpleLink Academy, Texas Instruments, http://bit.ly/2st7tQ4
[10] UniFlash, Version: 6.3.0, 25 Apr 2021, Texas Instruments, http://bit.ly/2tfQzom
[11] Innovate, accelerate and connect across frequency bands and protocols with the SimpleLink MCU platform, Adrian Fer, Nov 6, 2019, Texas Instruments, https://bit.ly/2XoKRzJ
[12] 3.23 Connect: LaunchPad SensorTag kit out-of-box experience, Video 5:02, November 3, 2019, Texas Instruments, http://bit.ly/34rjCCp
[13] Flexible power options for LPSTK-CC1352R: Soldering coin cell battery holder, Video 3:32, November 3, 2019, Texas Instruments, http://bit.ly/35lY7nP
[14] Develop. Connect. Expand. TI wireless sensor kit, Video 0:53, November 3, 2019, Texas Instruments, http://bit.ly/38Hwjwj
[15] Simplelink Starter, Texas Instruments Inc., Android 5.0 i nowszy, Version: 5.7.5, 16 czerwiec 2020, Google Play, http://bit.ly/2tk14Ub
[16] TI SimpleLink Starter, Texas Instruments, iPhone (Requires iOS 10.0 or later.), Version 5.9, App Store, https://apple.co/3yHLlid
[17] Power Profiler Kit II, Nordic Semicondutor, https://bit.ly/3saXXMc

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 5a847e4771

Aplikacja umożliwia również włączanie i wyłączanie diod LED (czerwona i zielona) zestawu (**rysunek 7c**). Aplikacja pokazuje na bieżąco odczyty trójosiowego akcelerometru. Wiele odczytów może być pokazywanych w postaci dokładnych wykresów danych (**rysunek 7d**). Aplikacja umożliwia także dołączenie do chmury obliczeniowej różnych dostawców: IBM Watson, Dweet.io, Microsoft Azure lub własnej realizacji oraz aktualizację zdalną (OAD) oprogramowania zestawu.

Dynamiczny pomiar poboru prądu z zastosowaniem debuggera XDS110

Po zaprogramowaniu procesora zestawu CC1352R LPSTK kodem programu Multi Sensor można robić pomiary prądu zasilania. Najlepiej wykonywać pomiary dynamiczne w trakcie pracy programu. Do tego można użyć debuggera XDS110 lub urządzenia zewnętrznego. Wykonanie dynamicznego pomiaru poboru prądu z zastosowaniem debuggera XDS110 znajdującego się na płytce zestawu *CC13x2R1 LaunchPad* wymaga wykonania specjalnej konfiguracji połączeń:

1. Odłącz taśmę od złączy JTAG;
2. Odłącz przewody od pinów RX i TX;
3. Dołącz jedną wtyczkę pierwszego kabelka do pinu GND (P4.21, na górze) zestawu *CC13x2R1 LaunchPad* a drugą wtyczkę do pinu GND (J2.4) zestawu CC1352R LPSTK;
4. Dołącz jedną wtyczkę drugiego kabelka do pinu 3V3 (P4.17, na górze, sygnał TRGET_VDD) zestawu *CC13x2R1 LaunchPad* a drugą wtyczkę do pinu VDD (J2.1) zestawu CC1352R LPSTK.

Dynamiczny pomiar pobor prądu z zastosowaniem debuggera XDS110 jest obsługiwany przez technologię *EnergyTrace* w środowisku programowym Code Composer Studio i jest dokładnie omówiony w artykule [S16]. Następnie:

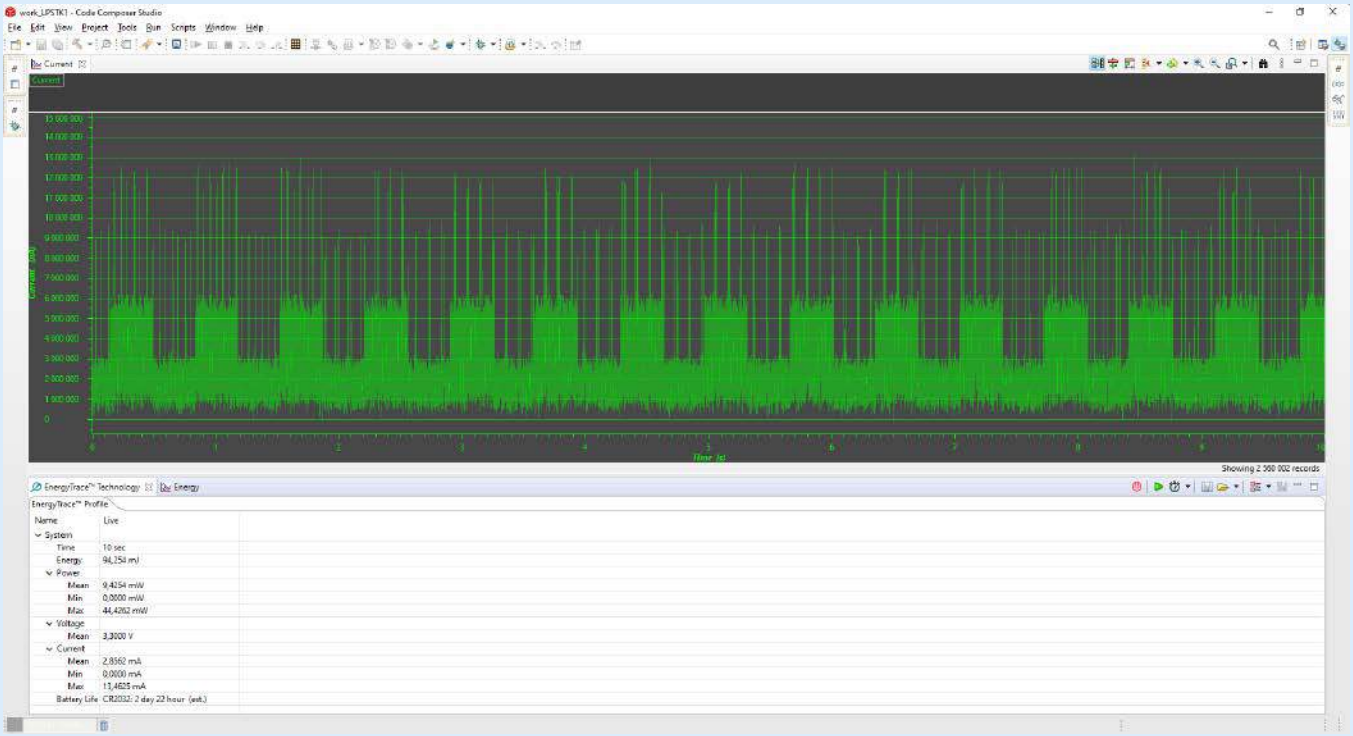
5. Dołącz zestaw *CC13x2R1 LaunchPad* kablem USB do komputera;
6. Wystartuj środowisko CCS i poczekaj na zakończenie sprawdzania aktualizacji;
7. W perspektywie *CCS Edit* kliknij na pasku menu na przycisk *EnergyTrace Technology;*
8. Kliknij na przycisk *Proceed;*
9. Zostanie otworzona perspektywa *CCS Debug* i w niej zostanie otworzone okno *EnergyTrace Technology* z zakładkami wykresów *Power* i *Energy* (**rysunek 8**). Okna zakładek można przeciągać do innych miejsc okna perspektywy w celu ich jednoczesnego oglądania.
10. Przeciągnij zakładkę *Current* do pozycji powyżej zakładki *EnergyTrace Technology;*
11. Kliknij na przycisk *Start trace collection*.

Rozpocznie się zbieranie danych. Przycisk zmieni się na *Stops trace collection*, umożliwiając zatrzymanie akwizycji. Na pasku stanu (pod paskiem menu) wyświetlane jest odliczanie czasu: „Timer… 10” (aż do zera). W oknie zakładki *Current* rysowany jest na bieżąco wykres prądu. Po zakończeniu zbierania danych w oknie zakładki *EnergyTrace Profile* są pokazywane obliczone dane z całego czasu zbierania próbek. Zbierane daną mają bardzo dużą rozdzielczość czasową. Dlatego użyteczne informacje mogą być widoczne po rozciągnięciu wykresu.

Na rysunku 8 zostało pokazane okno aplikaci *EnergyTrace* z wynikiem pomiaru poboru prądu przez zestaw CC1352R LPSTK z działającym programem *multi_sensor* w trybie rozgłaszania. Na zakładce *EnergyTrace Technology* pokazywane są wyniki obliczeń dla czasu pomiaru, szczególnie wartości średnie, minimalne i maksymalmne. Wykres prądu na zakładce *Current* jest skalowany w nA. Widoczne są dwa poziomy średnie poboru prądu: podczas świecenia diody LED ok. 3,2 mA oraz bez świecenia ok. 1,7 mA (spoczynkowy). Szpilki prądowe odpowiadają cyklicznej pracy układu podczas rozgłaszania BLE. Dokładnie jest to omówione w artykule [S30].

Dynamiczny pomiar poboru prądu z zastosowaniem zestawu PPK2 firmy Nordic Semiconductor

W tym roku firma Nordic Semicoductor udostępniła układ Power Profiler Kit II (PPK2), który może mierzyć i dostarczać prądy od 200 nA do 1 A [17]. PPK2 jest zasilany za pomocą standardowego złącza USB 5 V. Układ może pracować w trybie pomiaru (jako amperomierz), a także w trybie trybie źródła zasilania z pomiarem. PPK2 zawiera zaawansowaną analogową jednostkę pomiarową o wysokim dynamicznym zakresie pomiarowym. Pozwala to na dokładne pomiary zużycia energii w całym zakresie typowym dla wbudowanych aplikacji o niskim poborze mocy. Rozdzielczość waha się w zakresie od 100 nA do 1 mA w zależności od zakresu pomiarowego i jest



Rysunek 8. Dynamiczny pomiar prądu z użyciem EnergyTrace firmy Texas Instruments

eprasa.pl 5a847e4771



Rysunek 9. Dynamiczny pomiar prądu z użyciem układu PPK2 firmy Nordic Semiconductor

wystarczająco wysoka, aby wykryć małe skoki, co często występuje w systemach zoptymalizowanych pod kątem małej mocy.

Zestaw PPK2 jest obsługiwany przez aplikację *Power Profiler* działającą w ramach platformy nRF Connect for Desktop. Aplikacja *Power Profiler* może wyświetlać w tym samym oknie zarówno średnie czasy akwizycji, jak i zdarzenia (cyfrowe) o wysokiej rozdzielczości. Zmierzone dane można wyeksportować do dalszej obróbki. Na **rysunku 9** zostało pokazane okno aplikacji *Power Profiler* z wynikiem pomiaru poboru prądu przez zestaw CC1352R LPSTK z działającym programem *multi_sensor* w trybie rozgłaszania. Pokazywane wartości są zmierzone tylko dla próbek pokazywanych w oknie. Pokrętłem myszki można zmienić skalę czasową wykresu (minimum Δ 500 µs). Wyświetlanie wartości prądu może być wykonywane z rozdzielczością czasową do 10 µs (maksymalna rozdzielczość próbkowania). Widoczne są dwa poziomy średnie poboru prądu: podczas świecenia diody LED 3,25 mA oraz bez świecenia 1,72 mA (spoczynkowy). Wartości pomiarowe za cały czas pomiaru (60 s): 2,85 mA (średnia) i ładunek 148,54 mC. Dane pomiarowe uzyskane z użyciem układu EnergyTrace (XDS110) oraz PPK2 są zgodne.

Dosyć wysoki poziom prądu spoczynkowego wynika z niezbyt optymalnego zorganizowania pracy aplikacji, np. ciągłego działania portu UART.

Podsumowanie

Zestaw czujnikowy CC1352R LaunchPad SensorTag LPSTK jest bardzo udaną próbą rozszerzenia funkcjonalności zestawów uruchomieniowych typu LaunchPad o obsługę czujników podstawowych parametrów otoczenia. Bardzo dobrym pomysłem jest zachowanie zgodności standardu złączy rozszerzeń pomiędzy nimi. Wyposażenie LPSTK w koszyczek na baterie daje możliwość samodzielnej pracy zestawu w sposób typowy dla IoT. Pewną wadą zastosowanego rozwiązania układowego jest brak możliwości łatwego wyłączenia zasilania układów scalonych czujników. Można to zrobić poprzez wylutowanie rezystorów 0 Ω wstawionych szeregowo w doprowadzenie zasilania. Z drugiej strony układy można wprowadzić w stan niskiego poboru mocy: OPT3001 0,3-0,4 µA, HDC2080 50 nA oraz ADXL362 10 nA, oprócz układu DRV5032 1,6 µA.

Pracę z zestawem LPSTK bardzo ułatwia wpisana do procesora aplikacja fabryczna *multi_sensor*. Razem z aplikacją mobilną *SimpleLink Starter* daje to możliwość szybkiego rozpoczęcia prób działania IoT z zastosowaniem transmisji BLE. Pewnym ograniczeniem jest możliwość pracy aplikacji *SimpleLink Starter* tylko z jednym zestawem LPSTK. Bardzo dużym ułatwieniem jest możliwość aktualizacji kodu poprzez transmisję BLE bezpośrednio z aplikacji *SimpleLink Starter*. To nie koniec zalet stosowania LPSTK. Dwa kolejne projekty fabryczne umożliwiają pracę zestawu jednocześnie w dwóch pasmach radiowych z dwoma różnymi protokołami BLE oraz IEEE802.15.4/Zigbee. Wszystkie projekty umożliwiają bezpieczną aktualizację zdalną (OAD) oprogramowania zestawu poprzez transmisję BLE.

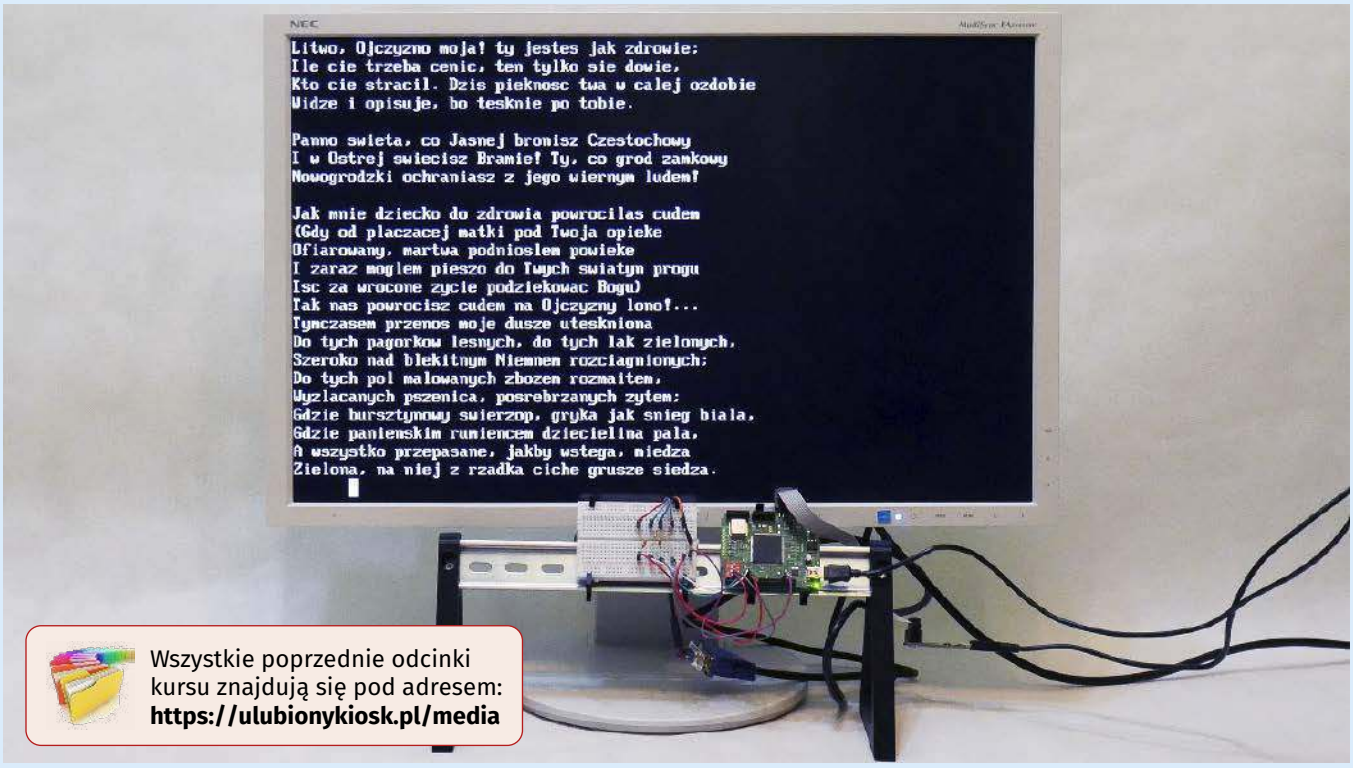
W trakcie pracy z zestawem LPSTK pewnym problemem jest aplikacja BIM. Obecność w pamięci wewnętrznej Flash procesora i pamięci zewnętrznej Flash zestawu LPSTK jednocześnie dwóch obrazów kodu stwarza kłopoty z identyfikacją, który kod jest aktywny. Tym bardziej że w aplikacji *SimpleLink Starter* nie działa odczyt wersji oprogramowania. Dodatkowo komplikuje sytuację automatyczne kopiowanie kodu pomiędzy pamięciami przez BIM. Praktycznie uniemożliwia on też debugowanie programu wcześniej wpisanego do wewnętrznej pamięci Flash procesora.

Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska

Chcesz czytać nasze najnowsze artykuły jeszcze przed wydrukowaniem w EP?
Zajrzyj na www.ep.com.pl/EPwtoku

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 5a847e4771



Wszystkie poprzednie odcinki kursu znajdują się pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**

Eksperymenty z FPGA (22)

Terminal alfanumeryczny

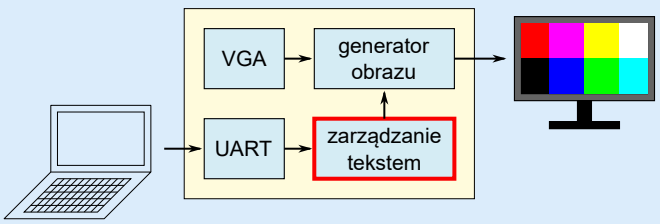
W poprzednim odcinku uruchomiliśmy generator obrazu dla alfanumerycznego terminalu znakowego. W tym odcinku przygotujemy maszynę stanów odpowiedzialną za odbieranie znaków z portu szeregowego. Obliczy ona aktualną pozycję kursora oraz wpisze dane do pamięci.

Tak jak poprzednio przed przystąpieniem do wykonywania eksperymentów zachęcam do aktualizacji repozytorium z przykładami (na przykład poprzez wywołanie polecenia `git pull`).

Dla przypomnienia popatrzmy na **rysunek 1**, który pokazuje schemat blokowy naszego terminalu alfanumerycznego. Zajmiemy się implementacją bloku odczytującego kolejne symbole z UART i obsługującego kursor oraz pamięć z tekstem. Został on zaznaczony czerwoną ramką.

Dane wejściowe

Najpierw musimy ustalić, jaki efekt chcemy uzyskać. Do obsługi portu szeregowego ze strony komputera PC użyjemy programu PuTTY. Emuluje on terminal VT100. Jego dokładny opis znajdziemy w [2]. Jeśli otworzymy dokumentację, to zobaczymy, że sam interfejs jest dość złożony. My jednak użyjemy tylko kilku podstawowych opcji. Zostały one zebrane w **tabeli 1**.



Rysunek 1. Schemat blokowy terminalu alfanumerycznego

Pierwsza funkcja, którą będziemy obsługiwać, to po prostu pisanie. Naciśnięcie klawiszy cyfr oraz liter powoduje wysłanie odpowiadających im kodów ASCII. Są to wszystkie kolejne liczby od 32 (spacja)

Tabela 1. Klawisze i kody przesyłane przez program PuTTY

Klawisz	Funkcja	Kod	Akcja
litery/znaki	Spacja...tylda	32...126	Wpisz znak, przesuń kursor w prawo
Enter	Return	13	Kursor do nowej linii
ctrl+j	Line Feed	10	
Backspace (zależy od konfiguracji)	Backspace	8	Kursor w lewo, kasuj znak
	Delete	127	
ESC c	ESC c	27, 99	Czyść ekran, kursor na początek
Strzałka do góry	ESC [A	27, 91, 65	Kursor do góry
Strzałka w dół	ESC [B	27, 91, 66	Kursor w dół
Strzałka w lewo	ESC [C	27, 91, 67	Kursor w prawo
Strzałka w prawo	ESC [D	27, 91, 68	Kursor w lewo

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 5a847e4771

po 126 (tylda). Wpisanie znaku spowoduje zastąpienie litery w obecnej komórce i przesunięcie kursora w prawo o jedną pozycję. Dla ruchu kursora przyjmiemy założenie, że gdy znajduje się na ostatnim znaku w wierszu, zostanie przeniesiony na pierwszy znak w kolejnym wierszu. Jeżeli to będzie ostatni wiersz, nastąpi powrót na samą górę ekranu.

Kolejna funkcja to przejście do nowej linii. Zwykle wymusza ją znak *Line Feed* (10). Ale przy VT100 naciśnięcie klawisza ENTER powoduje wysłanie kodu *Return* (13). Aby wysłać LF, możemy użyć kombinacji klawiszy CTRL + j. W projekcie założymy, że oba te znaki będą powodowały przejście kursora na początek nowego wiersza. Sam tekst nie ulegnie zmianie.

Kolejna funkcjonalność to usuwanie pojedynczego znaku. Tutaj także czeka nas niespodzianka. Domyślne naciśnięcie klawisza BACKSPACE spowoduje wysłanie kodu 127 (czyli DELETE). Dopiero zmiana ustawień spowoduje, że wykorzystany będzie kod 8, czyli BACKSPACE. Przyjmiemy, że oba będą miały tę samą funkcjonalność: najpierw nastąpi przesunięcie kursora w lewo, a następnie komórka pamięci zostanie wyzerowana.

Tutaj kończymy pojedyncze znaki i przechodzimy do sekwencji. Każda z nich zaczyna się od klawisza ESC (kod 27). Pierwsza z nich posłuży do czyszczenia całej pamięci. Aby ją wysłać, naciskamy najpierw klawisz ESC, a później c. Ostatnie cztery kombinacje odpowiadają naciśnięciu strzałek na klawiaturze. Ich funkcje będą intuicyjne: spowodują przemieszczenie kursora w odpowiadającym im kierunku.

Terminal

Schemat blokowy modułu został zaprezentowany na **rysunku 2**. Parsowanie danych odbieranych z portu szeregowego podzielimy na trzy części:

- obsługę kursora,
- obsługę klawisza ESC,
- obsługę pamięci.

Pierwszy blok na podstawie poprzedniej pozycji kursora oraz odebranego znaku ustala kolejną pozycję. Drugi wykrywa klawisz ESC i sprawdza, czy tryb poleceń jest nadal aktywny. Ostatni z nich generuje sygnały dla pamięci: dane, adres oraz we (*write enable* – zapisz).

Zaczniemy od wejść i wyjść modułu. Jego kod został pokazany na **listingu 1**. Na początku (wiersze 11...16) znajdziemy definicje stałych. Mamy tu liczbę znaków w wierszu (`LETTERS_X`), liczbę wierszy (`LETTERS_Y`) oraz liczbę bitów zajmowanych przez znak (`LETTER_BIT`). Za pomocą polecenia *$clog2* obliczamy także liczbę bitów potrzebnych do przechowywania poszczególnych wartości.

Dalej znajdziemy wejścia. Skorzystamy tu z naszego interfejsu przygotowanego dla modułu portu szeregowego. Dla przypomnienia – jest on pokazany na **listingu 2**. Sygnały `clk` i `rst` są wejściami dla obu stron połączenia. Pozostałe sygnały: `data`, `valid` i `ready`, służą do komunikacji między modułami. Ich kierunki definiujemy w modportach. U nas odbiornik portu szeregowego jest oznaczony jako Master, natomiast terminal będzie pracował jako Slave. Widzimy to w definicji portu, w linii 18 (listing 1). Dalej znajdziemy wyjścia: położenie kursora w osi x i y (19...20) oraz interfejs dla pamięci z danymi (21...23).

Listing 1. Wejścia i wyjścia modułu terminal (17_Terminal/terminal.sv)

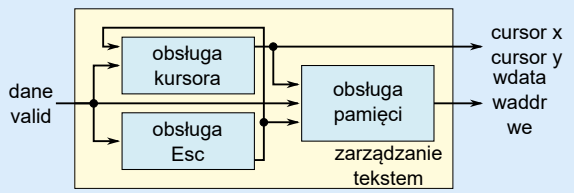
```
10 module terminal #(
11   parameter LETTERS_X = 80,
12   parameter LETTERS_X_BIT = $clog2(LETTERS_X),
13   parameter LETTERS_Y = 25,
14   parameter LETTERS_Y_BIT = $clog2(LETTERS_Y),
15   parameter LETTER_BIT = 8,
16   parameter CHAR_NUM_BIT = $clog2(LETTERS_X) + $clog2(LETTERS_Y)
17 ) (
18   StreamBus.Slave uart,
19   output logic [LETTERS_X_BIT-1:0]cursor_x,
20   output logic [LETTERS_Y_BIT-1:0]cursor_y,
21   output logic we,
22   output logic [LETTER_BIT-1:0]wdata,
23   output logic [CHAR_NUM_BIT-1:0]waddr
24 );
```

Listing 2. Implementacja interfejsu w języku SystemVerilog (05_UART/uart_pkg.sv)

```
10 interface StreamBus #(
11         parameter N = 8
12     ) (
13         input wire clk,
14         input wire rst
15     );
16     logic [N-1:0] data;
17     logic valid;
18     logic ready;
19
20     modport Master (
21         input clk,
22         input rst,
23         input ready,
24         output data,
25         output valid
26     );
27
28     modport Slave (
29         input clk,
30         input rst,
31         input data,
32         input valid,
33         output ready
34     );
35
36 endinterface
```

Obsługa kursora

Przejdźmy teraz do pierwszej części, czyli obsługi kursora. Większość zmian (poza czyszczeniem, ale to później) następuje, gdy dociera nowy znak. Sprawdzenie to widzimy na **listingu 3** w linii 50. Pierwszą częścią jest obsługa strzałek. Tutaj sprawdzamy, czy jesteśmy w trybie `esc` (czyli, czy użytkownik wysłał znak o kodzie 27). Jeżeli tak, sprawdzamy, czy odebraliśmy któryś z kodów odpowiadających strzałkom. Ich listę mamy w tabeli 1. W wierszach 53...57 widzimy obsługę strzałki w górę. Zmianie ulega jedynie położenie kursora w osi y. Jeżeli znajdował się on w linii 0, jest przenoszony na dół ekranu. W przeciwnym przypadku jest przesuwany do góry, czyli odejmujemy 1 (wiersze numerujemy od góry ku dołowi ekranu). Obsługa pozostałych strzałek jest analogiczna. Można ją sprawdzić w repozytorium.



Rysunek 2. Schemat modułu terminal

Kolejna możliwość to wysłanie znaku drukowalnego. Powoduje on przesunięcie kursora w prawo. Odpowiedzialny za to fragment kodu znajdziemy na **listingu 4**. Tutaj najpierw przesuwamy kursor w osi x. Jeżeli dojdziemy do brzegu, przenosimy go na początek

Listing 3. Zmiana pozycji kursora po odebraniu strzałki w górę (17_Terminal/terminal.sv)

```
47   always_ff @(posedge uart.clk)
48     if (!uart.rst)
49       {cursor_x, cursor_y} <= '0;
50     else if (uart.valid) begin
51       if (esc) begin
52         // Arrows
53         if (uart.data == "A") begin
54           if (cursor_y == 0)
55             cursor_y <= LETTERS_Y-1;
56           else
57             cursor_y <= cursor_y - 1'd1;
```

Listing 4. Zmiana pozycji kursora dla znaku drukowalnego (17_Terminal/terminal.sv)

```
83         end else if (uart.data >= 32 && uart.data <= 126) begin
84           if (cursor_x < LETTERS_X-1)
85             cursor_x <= cursor_x + 1'd1;
86           else begin
87             cursor_x <= '0;
88             if (cursor_y < LETTERS_Y-1)
89               cursor_y <= cursor_y + 1'd1;
90             else
91               cursor_y <= '0;
92           end
```

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 5a847e4771

kolejnej linii, co pociąga za sobą sprawdzenie osi y.

Następną specjalną operacją jest kasowanie. Obsługujemy tylko funkcję klawisza BACKSPACE. Jak widzimy na **listingu 5**, mamy tu operację odwrotną do tej z listingu 4. Cofamy kursor o jedną pozycję w lewo. W razie potrzeby przenosimy go do linii wyżej.

Następną możliwością jest przejście do nowej linii, czyli wciśnięcie ENTER. Widzimy kod na **listingu 6**. Tutaj przesuwamy pozycję w osi x na początek i zmieniamy położenie w osi y na linijkę poniżej.

Ostatni element prezentuje **listing 7**. Jest on wykonywany, gdy aktywne jest czyszczenie. Odbywa się on niezależnie od stanu sygnału `valid`. Jest to najprostsza z pokazanych operacji: po prostu przesuwamy kursor w lewy górny róg ekranu.

Listing 5. Zmiana pozycji kursora przy kasowaniu (17_Terminal/terminal.sv)

```
094       end else if (uart.data == BACKSPACE || uart.data == DEL) begin
095         if (cursor_x != '0)
096           cursor_x <= cursor_x - 1'd1;
097         else begin
098           cursor_x <= LETTERS_X - 2'd1;
099           if (cursor_y != '0)
100             cursor_y <= cursor_y - 1'd1;
101           else
102             cursor_y <= LETTERS_Y - 2'd1;
103         end
```

Listing 6. Zmiana pozycji kursora przy przejściu do nowej linii (17_Terminal/terminal.sv)

```
105       end else if (uart.data == NEW_LINE || uart.data == RET) begin
106         cursor_x <= '0;
107         cursor_y <= (cursor_y < LETTERS_Y-1) ? cursor_y + 1'd1 : '0;
108       end
```

Listing 7. Pozycja kursora przy czyszczeniu ekranu (17_Terminal/terminal.sv)

```
110     end else if (clearing) begin
111       cursor_x <= '0;
112       cursor_y <= '0;
113     end
```

Obsługa ESC

Drugi blok obsługuje komendy rozpoczynające się klawiszem ESC. Został on pokazany na **listingu 8**. Gdy zostanie wykryty znak o kodzie 27, następuje ustawienie bitu `esc`. Jest on aktywny, dopóki nie zostanie odebrana któraś z komend (linia 134): A, B, C, D lub c. Dopóki to nie nastąpi, żaden odebrany znak nie zostanie przetworzony.

Listing 8. Obsługa klawisza ESC (17_Terminal/terminal.sv)

```
127  always_ff @(posedge uart.clk)
128    if (!uart.rst)
129      esc <= 1'd0;
130    else begin
131      if (uart.data == 27)
132        esc <= 1'd1;
133      else if (esc)
134        case (data_r)
135        "A", "B", "C", "D", "c": esc <= 1'd0;
136        default: esc <= 1'd1;
137        endcase
138    end
```

Obsługa pamięci danych

Został nam ostatni fragment – obsługa pamięci znaków. Tym razem na pierwszy ogień weźmiemy czyszczenie (**listing 9**). Następuje ono, gdy aktywna jest flaga `clearing`. Sama flaga jest ustawiana, gdy w trybie `esc` nastąpi odebranie znaku c (wiersze 163...165). Najpierw samo sprzątanie. Mamy tutaj dwa liczniki: `clearing_x` liczy pozycję znaku w wierszu, a `clearing_y` to numer wiersza. W kolejnych taktach zegara przechodzimy po wszystkich znakach (wiersze 148...158). Dla każdego nastąpi wpisanie zera do pamięci (linie 159...161). Gdy przeiterujemy po całej pamięci, flaga `clearing` zostanie wyzerowana.

Widzimy, że jest to czasochłonna operacja. Wymaga po jednym cyklu zegara dla każdego znaku, czyli w naszym przypadku 2000 cykli. Mamy jednak na tyle szybki zegar, że zadanie zostanie wykonane, zanim nadejdzie kolejny znak. Częstotliwość taktowania wynosi 25200 kHz, natomiast prędkość transmisji to 115200 bodów. Transmisja jednego znaku wymaga przesłania 10 symboli (bit startu, stopu i 8 bitów danych). Oznacza to, że odstęp pomiędzy dwoma znakami wynosi minimum 2180 cykli. Czyli zdążymy!

Listing 9. Czyszczenie ekranu(17_Terminal/terminal.sv)

```
147     end else if (clearing) begin
148       if (clearing_x < LETTERS_X-1)
149         clearing_x <= clearing_x + 1'd1;
150       else begin
151         clearing_x <= '0;
152         if (clearing_y < LETTERS_Y-1)
153           clearing_y <= clearing_y + 1'd1;
154         else begin
155           clearing_y <= '0;
156           clearing <= '0;
157         end
158       end
159       we <= 1'd1;
160       wdata <= '0;
161       waddr <= {clearing_x, clearing_y};
162     end else if (valid_r) begin
163       if (esc) begin
164         if (data_r == "c")
165           clearing <= 1'd1;
```

Pozostała część obsługi pamięci widoczna jest na **listingu 10**. W wierszach 166...169 obsługujemy znaki drukowalne. Po prostu wpisujemy odebrany znak pod adres wskazywany poprzednio przez kursor. Dalej znajdziemy jeszcze kasowanie. Tym razem wpisujemy zero pod nowe położenie kursora. Jeżeli nie mamy nic do wpisania, upewniamy się, że flaga we jest wyłączona.

Listing 10. Wpisywanie znaków do pamięci (17_Terminal/terminal.sv)

```
166       end else if (data_r >= 32 && data_r <= 126) begin
167         wdata <= data_r;
168         waddr <= {cursor_x_prev, cursor_y_prev};
169         we <= 1'd1;
170       end else if (data_r == BACKSPACE || data_r == DEL) begin
171         wdata <= '0;
172         waddr <= {cursor_x, cursor_y};
173         we <= 1'd1;
174       end else begin
175         we <= '0;
176       end
177     end else
178       we <= '0;
```

Testy

Dla tego modułu do symulacji dodamy także testy, które automatycznie sprawdzają poprawność. Pomogą nam w tym dwie funkcje z **listingu 11**. Pierwsza z nich (wiersze 28...33) to `check_ram`. Przyjmuje ona dwa parametry: adres w pamięci `addr` oraz pożądaną wartość `val`. W wierszu 30 za pomocą instrukcji `assert` wykonujemy sprawdzenie. Jeżeli odczytana wartość jest błędna, zostanie wyświetlony stosowny komunikat.

Druga funkcja `check_cursor` sprawdza położenie kursora. Jeżeli pozycja jest nieodpowiednia, zostanie wyświetlona informacja.

Przykładowe ich użycie prezentuje **listing 12**. Najpierw w wierszach 64...67 wpisujemy dane i odczekujemy jeden cykl zegara, aby wyłączyć sygnał `valid`. Następnie czekamy 5 cykli zegara, wyświetlamy nazwę testu oraz wywołujemy funkcje sprawdzające. Sam moduł był implementowany w następującej kolejności: najpierw dodawany był test dla kolejnej funkcjonalności (nowa linia, kasuj, itp.), a następnie implementowana była sama funkcja. Po jej napisaniu

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 5a847e4771

Listing 11. Funkcje sprawdzające położenie kursora oraz zawartość pamięci (17_Terminal/terminal_tb.sv)

```
28   function automatic void check_ram
29     (logic [CHAR_NUM_BIT-1:0]addr, logic [LETTER_BIT-1:0]val);
30       assert (data.ram[addr] == val)
31       else $display("data[%d] is not %d, (%d, %c)",
32         addr, val, data.ram[addr], data.ram[addr]);
33   endfunction
34
35   function automatic void check_cursor
36     (logic [LETTERS_X_BIT-1:0]x, logic [LETTERS_Y_BIT-1:0]y);
37     assert (cursor_x == x && cursor_y == y)
38     else $display("Cursor is not (%d, %d), but (%d, %d)",
39       x, y, cursor_x, cursor_y);
40   endfunction
```

następowało sprawdzenie, czy wszystkie dotychczasowe testy nadal kończą się pomyślnie.

Listing 12. Test wpisania znaku drukowalnego (17_Terminal/terminal_tb.sv)

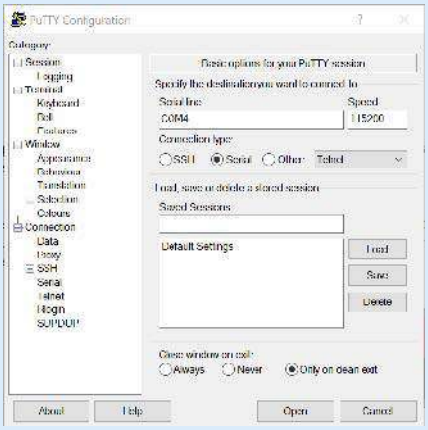
```
64      bus_uart.data = 50;
65      bus_uart.valid = 1;
66      @(posedge clk);
67      bus_uart.valid = 0;
68
69      repeat(5) @(posedge clk);
70
71      $display("WRITE");
72      check_cursor(1, 0);
73      check_ram(0, 50);
```

Uzyskany wynik prezentuje **listing 13**. Najpierw widzimy nazwy dwunastu testów, które zostały wykonane. Nie mamy tu żadnych informacji o błędach. Dalej znajdziemy informację o linii, z której został wywołany stop. Na końcu znajdujemy podsumowanie asercji. Wszystkie trzy przeszły pozytywnie. Mamy tylko trzy asercje, ponieważ te w funkcjach liczą się pojedynczo, nawet jeżeli funkcja zostanie wywołana kilkakrotnie. Choćby pojedyncze jej niespełnienie spowoduje pojawienie się komunikatu o błędzie.

Przebiegi wygenerowane w czasie symulacji prezentuje **rysunek 3**. Dwa pierwsze to sygnał reset oraz zegar. W sekcji input znajdziemy dane wejściowe i sygnał `valid`. W sekcji *inside* znajdziemy wewnętrzne dane modułu: liczniki do czyszczenia oraz flagi `clearing` i `esc`. Na samym końcu znajdziemy wyjścia: położenie kursora w obu osiach oraz interfejs do pamięci z tekstem.

Sprzęt

Integracja poszczególnych bloków jest zrealizowana w module *terminal_top.sv*. Dodajemy go do projektu *terminal.qpf* i ustawiamy jako moduł top. Budujemy projekt i programujemy płytkę. Do komunikacji przez port szeregowy użyjemy programu PuTTY. Jego okno startowe prezentuje **rysunek 4**. Wybieramy typ *Serial*. W okienku *Speed* ustawiamy wartość 115200, a w pole *Serial line* podajemy nazwę portu szeregowego (możemy ją znaleźć w managerze urządzeń). Naciskamy *Open*. Teraz możemy pisać na klawiaturze, a tekst będzie widoczny na ekranie monitora (konsola natomiast pozostanie pusta). Po zaprogramowaniu Rysino najpierw zobaczymy nasz ekran testowy z poprzedniego odcinka. Możemy go wyczyścić, naciskając klawisze ESC, a następnie c. Uzyskany efekt prezentuje fotografia tytułowa oraz film [3]. Za pomocą przełącznika można włączać i wyłączać kursor.



Rysunek 4. Okno startowe programu PuTTY

Jeżeli pojawi się problem z komunikacją z programatorem, należy odłączyć i podłączyć jeszcze raz kabel USB obsługujący port szeregowy (i zasilający płytkę).

Podsumowanie

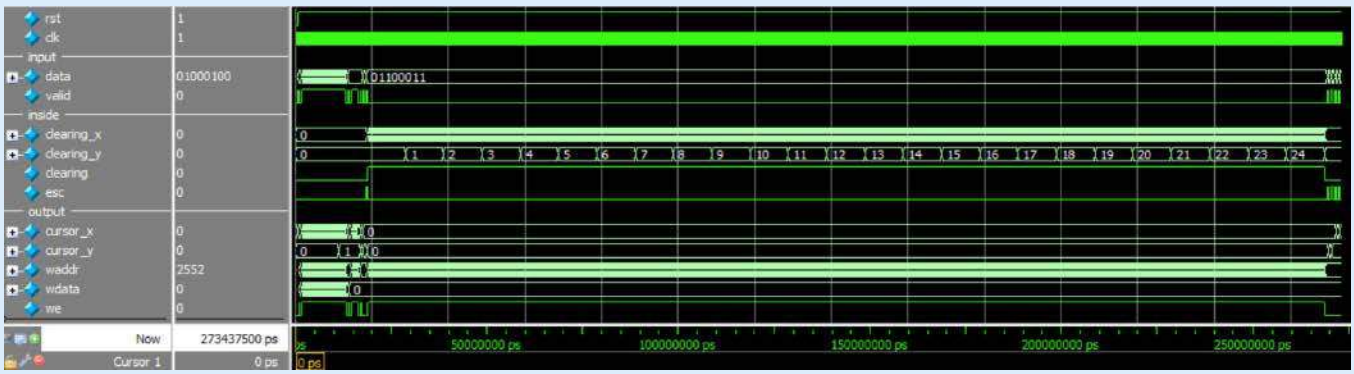
W tym odcinku uruchomiliśmy cały terminal znakowy. Bazuje on (dość luźno) na standardzie VT100. Zachęcam do samodzielnego wykonania eksperymentów oraz dodania dodatkowych funkcji. Może ktoś się pokusi na przykład o obsługę kolorów albo migania tekstu?

Rafał Kozik
rafkozik@gmail.com

[1] Repozytorium z przykładami https://bit.ly/3l2rK8h
[2] Dokumentacja VT100 https://bit.ly/3sL51iQ
[3] Film z demonstracją działania https://bit.ly/3mxunjf

Listing 13. Wynik symulacji

```
# RESET
# WRITE
# WRITE MULTIPLE
# BACKSPACE
# BACKSPACE MULTIPLE
# BACKSPACE MULTIPLE 2
# NEW LINE
# CLEAR
# ARROW DOWN
# ARROW UP
# ARROW RIGHT
# ARROW LEFT
# ** Note: $stop    : terminal_tb.sv(202)
#    Time: 273437500 ps  Iteration: 1  Instance: /terminal_tb
# Break in Module terminal_tb at terminal_tb.sv line 202
# 0 ps
# 287109380 ps
# Coverage Report Summary Data by instance
#
# ================================================================================
# === Instance: /terminal_tb
# === Design Unit: work.terminal_tb
# ================================================================================
#     Enabled Coverage              Bins      Hits    Misses  Coverage
#     ----------------              ----      ----    ------  --------
#     Assertions                       3         3         0   100.00%
#
#
# TOTAL ASSERTION COVERAGE: 100.00%  ASSERTIONS: 3
#
# Total Coverage By Instance (filtered view): 100.00%
```



Rysunek 3. Przebiegi wygenerowane w symulacji

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 5a847e4771

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 10/2021

Energooszczędny termometr z kalibracją

Gotowe moduły termometrów z wyświetlaczem LCD, których zapotrzebowanie na energię elektryczną jest znikome, są powszechnie dostępne. Jednak co zrobić w sytuacji, kiedy wskazania takiego termometru nie do końca odpowiadają rzeczywistości? Przyczyn może być wiele, a dwie najpowszechniejsze to błąd wprowadzany przez sam czujnik temperatury oraz jego niedoskonały kontakt z powierzchnią, której temperaturę ma mierzyć. W wielu sytuacjach nie możemy zrobić z tym nic, ponieważ w układzie nie przewidziano możliwości kalibracji mierzonych wartości. Zaprezentowany układ pozwala dodać do wyniku pomiaru poprawkę w zakresie od –3,2°C do +3,2°C. Tyle zazwyczaj wystarcza, aby skorygować wskazania przyrządu.

SFPreader

SFP jest skrótem od *Small form-factor pluggable transceiver*. Jest to interfejs, który służy do połączenia pomiędzy naszym urządzeniem a zewnętrznym medium transmisyjnym. Najczęściej jest to laser ze złączem światłowodowym albo wtyk RJ-45 pozwalający na podłączenie miedzianej skrętki. Dostępne są także kable DAC (*direct attached cable*). SFPreader pozwala na odczyt pamięci oraz zmianę konfiguracji modułów SFP i SFP+. Obsługa jest możliwa poprzez graficzny interfejs webowy. Poza podglądem zawartości prezentuje on także opis znaczenia poszczególnych rejestrów, zaczerpnięty ze standardu.

Karta sieciowa z PoE dla RPi Zero

Opisany moduł ułatwia zastosowanie Raspberry Pi Zero w urządzeniach IoT, oraz automatyce domowej, gdzie karta sieciowa z wbudowanym zasilaczem PoE zgodnym z IEE802.3af pozwoli uprościć okablowanie aplikacji. Standard PoE (*Power over Ethernet*) umożliwia transmisję danych oraz dostarczanie zasilania jednym standardowym przewodem. W wersji podstawowej wykorzystane są wolne pary interfejsu 10M/100M (żyły 4,5+7,8), co pozwala na zastosowanie typowych gniazd i transformatorów sprzęgających. W wersji rozszerzonej do przesyłu zasilania wykorzystane są pary transmisyjne (żyły 1,3+3,6), co wymusza zastosowanie specjalizowanych gniazd zintegrowanych lub transformatorów sprzęgających zdolnych do pracy z większymi prądami uzwojeń.

Tranzystorowy moduł wykonawczy z optoizolacją

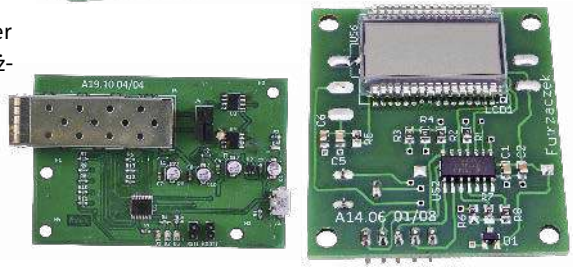
Przełączanie prądu o wysokim natężeniu może być problematyczne z wielu powodów. Mamy wtedy do czynienia ze stratami mocy, powstającymi zakłóceniami, a połączenia muszą być wykonane odpowiednio szerokimi ścieżkami lub przewodami. Zaprezentowany moduł pozwala w prosty sposób rozwiązać te podstawowe problemy, a dodatkowo zapewnia izolację galwaniczną między układem sterującym a generującą zakłócenia stroną wykonawczą.

a ponadto tematy wiodące EP 10/2021:

- PANEL PRZEDNI NAJWAŻNIEJSZYM ELEMENTEM OBUDOWY
- KOMPUTERY I MODUŁY JEDNOPŁYTKOWE







Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK....98
ARMEL....98
BORNICO....9
COMPUTER CONTROLS....7
CONTRANS TI....15
ELMARK AUTOMATYKA....70, 71
ELMAX....98
FERYSTER....13
GAMMA....13
MERSERWIS....43
MICROCHIP....112
MICROS....52, 53
PIEKARZ....13
RENEX....13
TME....72, 73

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

Sekretarz Redakcji:
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
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”.

eprasa.pl 5a847e4771



Środowisko narzędziowe w chmurze MPLAB®

Odkrywaj, konfiguruj i rozwijaj: Ekosystem dla wszystkich Twoich pomysłów

Środowisko narzędzi chmurowych MPLAB to kompletne rozwiązanie online dla wszystkich użytkowników, bez względu na poziom umiejętności, umożliwiające odkrywanie, konfigurowanie, tworzenie i debugowanie aplikacji embedded z mikrokontrolerami PIC® i AVR®.

- Intuicyjne wykorzystanie MCU PIC i AVR ze zintegrowanymi narzędziami MPLAB
- Szybkie prototypowanie aplikacji z mikrokontrolerami PIC i AVR firmy Microchip przy użyciu płytek Curiosity
- Brak konieczności instalacji oprogramowania niezbędnego do realizacji projektów z PIC i AVR MCU

Projektanci korzystający z mikrokontrolerów PIC i AVR mogą odwiedzić stronę MPLAB Cloud Tools i rozpocząć pracę bez względu na fazę projektu.

- Search and Discovery: Uzyskaj dostęp do MPLAB Discover, aby znaleźć w pełni skonfigurowany i kompletny kod źródłowy
- Configure Code: Łatwe konfigurowanie aplikacji dzięki MPLAB Code Configuration
- Develop and Debug: opracowywanie, debugowanie i implementacja projektu bezpośrednio z preferowanej przeglądarki może odbywać się bez instalacji oprogramowania z MPLAB Xpress IDE

MPLAB® DISCOVER

MPLAB® CODE CONFIGURATOR

MPLAB® XPRESS IDE

MICROCHIP

microchip.com/MPLABcloudtools

Nazwa i logo Microchip, logo Microchip, AVR, MPLAB i PIC są zastrzeżonymi znakami towarowymi firmy Microchip Technology Incorporated w USA i innych krajach. Wszystkie inne znaki towarowe są własnością ich zarejestrowanych właścicieli. © 2021 Microchip Technology Inc. Wszelkie prawa zastrzeżone. DS50003138A. MEC2381A-POL-07-21

eprasa.pl 5a847e4771