Wydanie elektroniczne dostępne na www.ulubionykiosk.pl

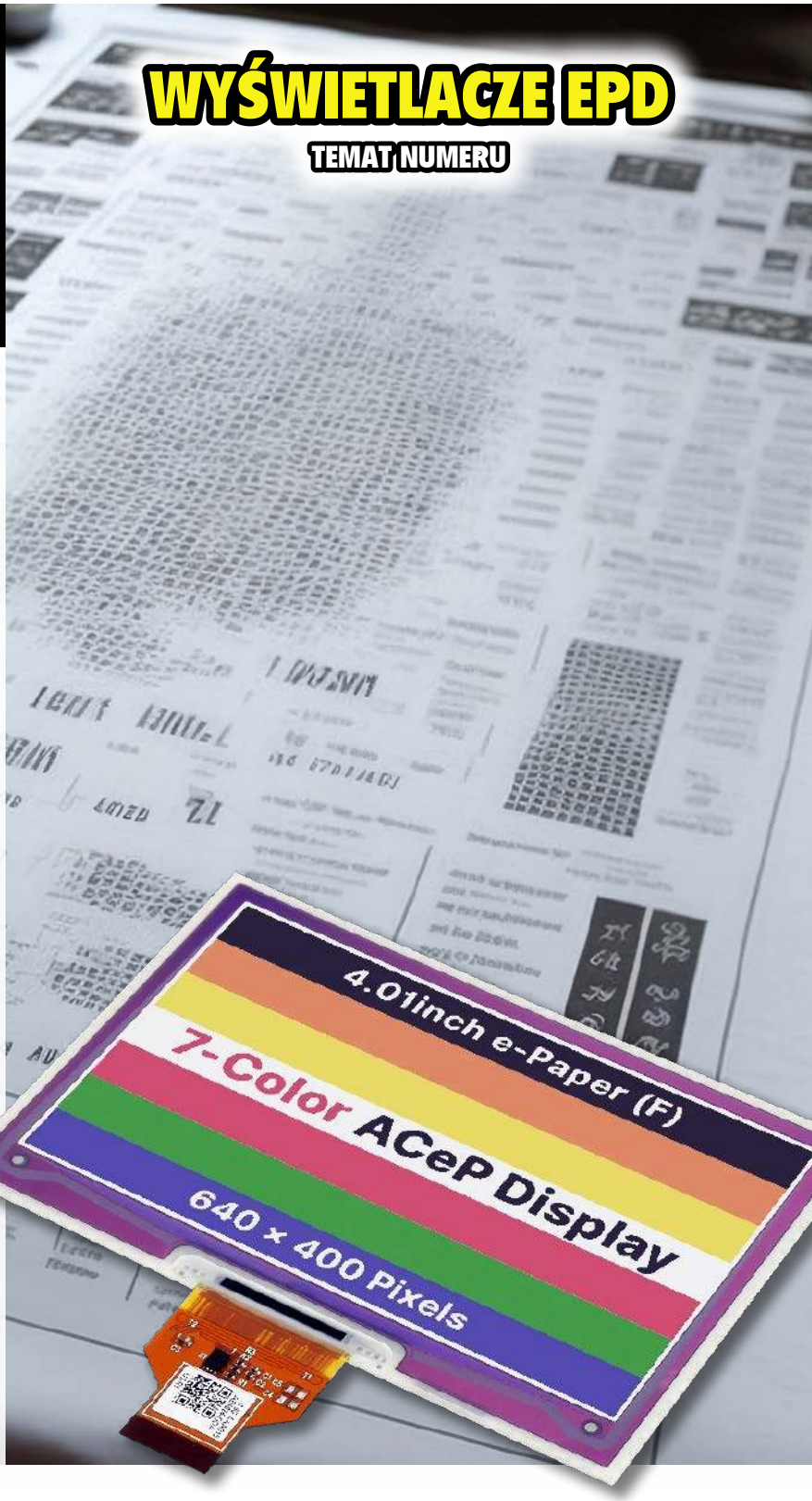
ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

EP.com.pl

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● kwiecień ● 4/2024 ●

Tylko Prenumeratorzy

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



inspirujące, użyteczne projekty

• Płytka ewaluacyjna z mikrokontrolerem Megawin MG32F103RBT6 • Nakładka z wyświetlaczem OLED do AVTDuino UNO R4 • codeLock – efektowny zamek kodowy • Odbiornik nasłuchowy na pasmo KF 80 m „Kubuś” • Wzmacniacz lampowy PCL86 Stereo • Pięciokanałowy termometr I²C • Miniwyświetlacz LCD 4×10 znaków z podświetleniem i interfejsem I²C • Odbiornik FM zbudowany na układzie TEF6686 • Zaawansowany selektor audio

podzespoły, sprzęt, aplikacje

• Elektroniczny papier • Nowoczesne wyświetlacze w ofercie firmy Artronic • Kompleksowe usługi montażu PCB w ofercie PCBWay

tutoriale

• Fuzz klasyczny na LPC55S28 • Internet Rzeczy w pomiarach środowiskowych. Stacja pogodowa Enviro Weather firmy Pimoroni • Wzbudzenie drgań rezonatorów kwarcowych 32768 Hz • Oszczędzanie energii w teorii i w praktyce

kursy

• Kurs FPGA Lattice. Nadajnik UART

ISSN 1230-3526 Indeks 357677 04 9 771230 352245 18,90 zł (w tym 8% VAT) • PRICE: 8 EUR

INSTALACJE NISKO- I WYSOKOPRĄDOWE

eprasa.pl 11da584bde

wiosenne

-50%

na wybrane roczne prenumeraty drukowane



101,40 zł
12 wydań w roku



113,40 zł
12 wydań w roku



89,40 zł
12 wydań w roku

Zaprenumeruj wybrane czasopismo z rabatem aż 50%!

Promocja wiosenna dotyczy rocznych prenumerat drukowanych czasopism:
• Elektronika dla Wszystkich (12 wydań w roku) • Elektronika Praktyczna (12 wydań w roku) • Młody Technik (12 wydań w roku)

Zamów prenumeratę na www.UlubionyKiosk.pl/prenumerata lub poprzez dokonanie przelewu na konto AVTKorporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, ING BANK ŚLĄSKI 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013 (w tytule wpłaty podaj nazwę czasopisma).

Masz opłaconą bieżącą prenumeratę? Już teraz przedłuż ją z rabatem 50%.

Promocja trwa do 31.05.2024 i nie łączy się z innymi promocjami Wydawnictwa AVT.
Koszt wysyłki (list standardowy nierejestrowany) pod wskazany adres w Polsce ponosi wydawnictwo.

eprasa.pl 11da584bde

Kryształki z utrwaloną treścią



Księgarnia przypominała raczej elektronowe laboratorium. Książki to były kryształki z utrwaloną treścią. Czytać można je było za pomocą optonu. Był nawet podobny do książki, ale o jednej, jedynej stronicy między okładkami. Za dotknięciem pojawiały się na niej kolejne karty tekstu. Ale optonów mało używano, jak mi powiedział robot-sprzedawca. Publiczność wolała lektony – czytały głośno, można je było nastawiać na dowolny rodzaj głosu, tempo i modulację. Tylko naukowe publikacje o bardzo małym zasięgu drukowano jeszcze na plastyku imitującym papier. Tak że wszystkie moje zakupy mieściły się w jednej kieszeni, choć było tego prawie trzysta tytułów. (…) *Robot, który mnie obsługiwał, sam był encyklopedią dzięki temu, że – jak mi powiedział – jest bezpośrednio podłączony poprzez elektronowe katalogi z wzornikami wszelkich możliwych dzieł na całej Ziemi.* [1]

Brzmi znajomo, prawda? Przeszło 60 lat temu genialny umysł Stanisława Lema przewidział – i to z fenomenalną dokładnością – powstanie tego wszystkiego, co dziś stanowi naszą technologiczną codzienność. Fikcyjny opton zmaterializował się pod postacią czytników e-booków, które istotnie są wyposażone w zaledwie jedną, elektroniczną stronicę i, podobnie jak w literackim pierwowzorze, oferują sterowanie dotykowe. Automatyczny erudyta, czyli robot-sprzedawca, może być dziś porównany z wszędobylską sztuczną inteligencją, która przez połączenie internetowe korzysta z „elektronowych katalogów z wzornikami", czyli zasobów cyfrowych przechowywanych na potężnych serwerach bądź w chmurze. Bez trudu można też odnaleźć w lektonie protoplastę współczesnych audiobooków, które za sprawą ultranowoczesnych syntezatorów mowy faktycznie mogą być dziś dostosowane do indywidualnych preferencji użytkownika pod względem „fonicznej osobowości".

Co ciekawe, pierwsze próby opracowania e-papieru (EP) miały miejsce już w latach 70. ubiegłego wieku, choć dopiero dziś, po pięciu dekadach intensywnego rozwoju elektroniki, możemy oglądać pierwsze ekrany EP o naprawdę dobrej jakości odwzorowania barwnego obrazu. Najnowocześniejsze konstrukcje tego typu opierają się na finezyjnych technikach na pograniczu chemii, materiałoznawstwa elektronicznego i technik półprzewodnikowych, a uzyskanie kolorowego obrazu wymaga stosowania wymyślnych metod sterowania poszczególnymi pikselami obrazu, metod – co warto podkreślić – o stopniu złożoności niespotykanym w żadnej innej technologii wyświetlaczy.

Jakie czynniki napędzają zatem w największym stopniu rozwój e-papieru? Powodów jest jak zwykle kilka. Z jednej strony jest to technologia niebywale energooszczędna, która pobiera (i tak stosunkowo niewielki) prąd w zasadzie tylko podczas „przeładowywania" wyświetlanych treści, zaś nawet odmiany ekranów EP wymagające pewnej ilości energii do okresowego odświeżania zawartości i tak pobierają w tym procesie znikomą ilość prądu w porównaniu do struktur OLED, AMOLED czy nawet IPS. Po drugie – technologia EP pozwala na tworzenie struktur cienkich, elastycznych i odpornych na wielokrotne zginanie, co otwiera nowe możliwości, głównie w zakresie elektroniki ubieralnej i urządzeń mobilnych. I po trzecie, co także ważne – elektroniczny papier jest znacznie bliższy tradycyjnemu, opartemu na celulozowych arkuszach zadrukowywanych kolorowym tuszem: ekrany e-paper nie muszą same świecić, są bowiem czytelne w zewnętrznym świetle naturalnym (słonecznym) bądź sztucznym. W ten sposób, po zachłyśnięciu się ultranowoczesnymi wyświetlaczami (AM)OLED, które napędzają współczesny rynek smartfonów (i nie tylko), powracamy niejako do tradycji, choć w diametralnie innej formie technologicznej. Paradoks? Raczej nie, wszak to klasyczny przypadek historii zataczającej koło. Wiele osób zdecydowanie woli klasyczne książki papierowe od najlepszych nawet czytników e-booków. I ten problem przewidział Stanisław Lem, pisząc dalej:

Tak więc książkę niejako drukowało się za każdym razem, kiedy ktoś jej potrzebował. Sprawa nakładów, ich wysokości, wyczerpywania, przestała istnieć. Było to naprawdę wielkie osiągnięcie, a jednak żal mi było książek.

***

Na szczęście, nasz magazyn wciąż jest dostępny w formie papierowej (obok elektronicznej) i nic nie wskazuje na to, by miało się to zmienić. Zmiany jednak w „Elektronice Praktycznej" następują i to w bardzo pozytywnym kierunku. Zgodnie z zapowiedzią sprzed trzech miesięcy rozszerzamy nasz zespół Autorów. W tym wydaniu witamy aż dwóch. Hubert Żarnowski debiutuje swoją konstrukcją lampowego wzmacniacza audio. Warto podkreślić, że Hubert jest jeszcze uczniem technikum – tym bardziej więc należą mu się słowa uznania za zainteresowanie tą niezwykle ciekawą techniką, z którą nie miało do czynienia nawet wielu sporo starszych elektroników. Pan Paweł Ciuraj debiutuje natomiast ciekawą konstrukcją radioodbiornika na bazie popularnych modułów – szczególnie interesująca jest konstrukcja estetycznego menu użytkownika i dbałość o szczegóły w opracowaniu całości urządzenia.

W tym numerze publikujemy także kilka projektów naszych stałych Autorów, w tym elektroniczny zamek codeLock, rozbudowany selektor audio oraz nakładkę AVTDuino z wyświetlaczem OLED. Radioamatorów ucieszy natomiast trzecia część opisu radioodbiornika „Kubuś", zawierająca skrupulatne i niezwykle rzetelnie wykonane pomiary najważniejszych parametrów urządzenia. Dla naszych Czytelników przygotowaliśmy także projekt płytki ewaluacyjnej z mikokontrolerem MG32F103RBT6 – artykuł stanowi wstęp do kursu programowania procesorów Megawin z rdzeniem ARM Cortex-M3, który startuje na łamach „Elektroniki Praktycznej" już w numerze majowym. Warto o tym wspomnieć, gdyż będzie to… pierwszy tego typu kurs na świecie.

Zapraszam do lektury

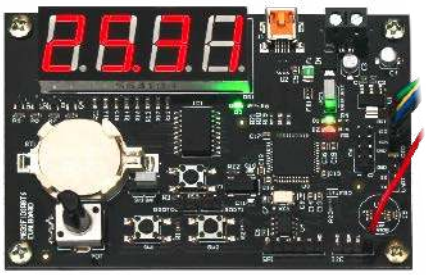
Przemysław Musz

[1] Stanisław Lem, Powrót z gwiazd, Agora, Warszawa: 2008, ISBN 978-83-7552-411-6, str. 71–72.

eprasa.pl 11da584bde

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

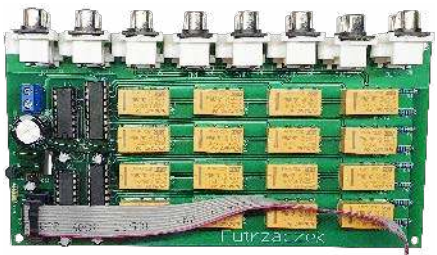
Nr 4 (375) • Kwiecień 2024



12



19

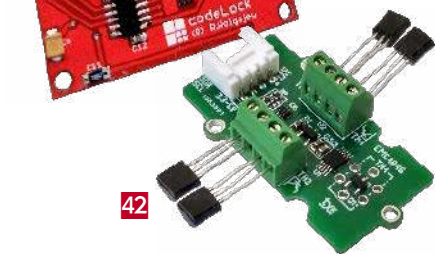


36





21



42



44

Nie przeocz

Nowe podzespoły ... 6
Dodaj do obserwowanych ... 11
Koktajl niusów ... 104

Projekty

Płytka ewaluacyjna z mikrokontrolerem Megawin MG32F103RBT6 ... 12
Nakładka z wyświetlaczem OLED do AVTDuino UNO R4 ... 19
codeLock – efektowny zamek kodowy ... 21
Odbiornik nasłuchowy na pasmo KF 80 m „Kubuś” (3) ... 27
Zaawansowany selektor audio ... 36

Projekty czytelników

Wzmacniacz lampowy PCL86 Stereo ... 33

Miniprojekty

Pięciokanałowy termometr I²C ... 42
Miniwyświetlacz LCD 4×10 znaków z podświetleniem i interfejsem I²C ... 44

Prezentacje

Kompleksowe usługi montażu PCB w ofercie PCBWay ... 47
Nowoczesne wyświetlacze w ofercie firmy Artronic ... 59

Temat numeru: Wyświetlacze EPD

Elektroniczny papier ... 50

Moduły w aplikacjach

Fuzz klasyczny na LPC55S28 ... 60
Internet Rzeczy w pomiarach środowiskowych (4).
Stacja pogodowa Enviro Weather firmy Pimoroni ... 64

Elektronika w praktyce

Instalacje nisko- i wysokoprądowe ... 72

Notatnik konstruktora

Wzbudzenie drgań rezonatorów kwarcowych 32768 Hz ... 84
Oszczędzanie energii w teorii i w praktyce (1) ... 88

Projekty SOFT

Odbiornik FM zbudowany na układzie TEF6686 ... 92

Kursy

Kurs FPGA Lattice (18). Nadajnik UART ... 96

Prenumerata ... 2
Od wydawcy ... 5
Hity następnego numeru ... 107

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

Szczegóły na stronie 83

eprasa.pl 11da584bde

Książki z rabatem
w Ulubionym Kiosku

do -30%



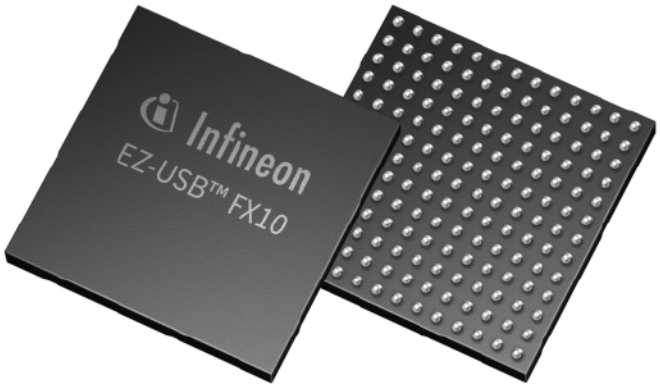
Zobacz pełną ofertę - **ponad 500 tytułów!**

www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl 11da584bde

nowe podzespoły

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



Pierwszy na rynku kontroler USB 10 Gbps

Infineon powiększa rodzinę kontrolerów EZ-USB o nowy model EZ-USB FX10 z obsługą interfejsów USB 10 Gbps i LVDT, pozwalający – w porównaniu z poprzednią wersją – niemal trzykrotnie zwiększyć prędkość transmisji. Zawiera on dwa mikrokontrolery z rdzeniami ARM Cortex-M4 i M0+, 512 KB pamięci Flash, 128 KB pamięci SRAM i 128 KB pamięci ROM. Ponadto struktura wewnętrzna obejmuje akcelerator kryptograficzny i szerokopasmowy podsystem danych z blokiem DMA, zapewniający szybkość transmisji 10 Gbps między portami LVDS/LVCMOS i USB. Do buforowania danych przewidziano 1 MB dodatkowej pamięci SRAM, a do komunikacji z zewnętrznymi układami – interfejsy 2×Quad-SPI, 7×SCB (I^2C/SPI/CAN/UART), USB full-speed (12 Mbps), 2×I^2S/PDM-PCM i zestaw linii GPIO.

Kontroler EZ-USB FX10 nie wymaga współpracy z zewnętrznymi układami logicznymi. Jest produkowany w obudowie BGA o powierzchni 10×10 mm, dzięki czemu nadaje się idealnie do zastosowań w urządzeniach mobilnych. Może być podłączany bezpośrednio do portu USB-C bez konieczności korzystania z szybkiego multipleksera, co ułatwia pracę projektanta.

W ofercie firmy Infineon dostępny jest zestaw deweloperski EZ-USB FX10 DVK z oprogramowaniem firmware i narzędziem konfiguracyjnym, ułatwiającym integrację kontrolera w systemie docelowym.

www.infineon.com



Wodoszczelne złącza USB-C o stopniu ochrony do IP68 i niezawodności 100 tys. cykli

Oddział Interconnect firmy CUI Devices wprowadza do oferty serię wodoszczelnych złączy USB-C, przeznaczonych do zastosowań w trudnych warunkach pracy. Ich oferta obejmuje 8 modeli, różniących się konstrukcją (do montażu SMT i krawędziowego), orientacją (pionowa, pozioma), standardem (USB 2.0, USB 4, USB 3.2 Gen 1 i USB 3.2 Gen 2) oraz grubością powłoki styków. Są to złącza o stopniu ochrony IP67/68, oferujące szybkość transmisji do 40 Gbps i umożliwiające transfer mocy do 100 W. Wszystkie warianty zapewniają niezawodność na poziomie 100 tys. cykli mechanicznych. Charakteryzują się przemysłowym zakresem temperatury pracy i klasą palności UL94V-0. Ich ceny zaczynają się od 0,97 USD przy zamówieniach 500 sztuk.

	Standard	Montaż	Orientacja	Parametry znamionowe
UJ40-C-V-SMT-TR-68	USB 4	SMT	pionowa	20 V/5 A
UJ20-C-V-SMT-TR-68	USB 2.0	SMT		
UJ20-C-G-MSMT-TR-68	USB 2.0	krawędziowy SMT	pozioma	
UJ40-C-MSMT-TR-68	USB 4	krawędziowy SMT		
UJ32-C-H-MSMT-TR-68	USB 3.2 Gen 1	krawędziowy SMT		
UJ32-C-H-G-SMT-TR-68	USB 3.2 Gen 2×2	SMT		
UJ31-CH-G-SMT-TR-67	USB 3.2 Gen 2	SMT		
UJ31-CH-3-MSMT-TR-67	USB 3.2 Gen 2	krawędziowy SMT		

www.cuidevices.com

Diody LED OSLON Black i SYNIOS P2720 w wersjach o długości fali 920 nm



Popularne diody LED OSLON Black i SYNIOS P2720 firmy ams Osram są obecnie dostępne w nowych wersjach o długości fali 920 nm. Znalazły one dotąd wiele zastosowań w biometrii (systemy rozpoznawania twarzy) i elektronice użytkowej (wideodomofony). Jaśniejsze podświetlenie IR na optymalnej długości fali 920 nm umożliwia rejestrowanie przez kamery wyraźniejszego obrazu twarzy – efekt ten uzyskiwany jest poprzez optymalizację balansu między czułością czujnika a czerwonawą poświatą.

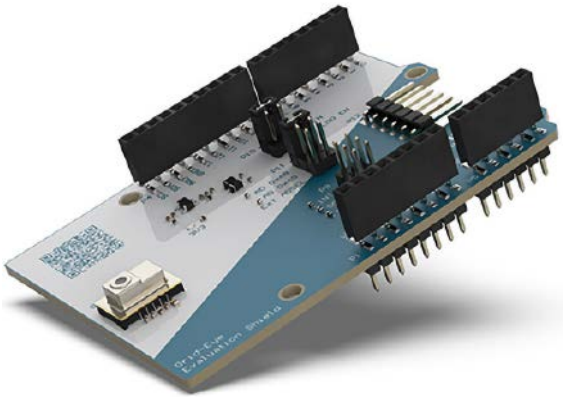
Emitery podczerwieni OSLON Black nabyć można w wersjach o długości fali 850, 920 i 940 nm. Wyróżniają się dużym strumieniem optycznym przy małych gabarytach. Ich powierzchnia, wynosząca jedynie 3,75×3,75 mm^2, umożliwia montaż w urządzeniach o dużej gęstości upakowania podzespołów. Ponadto mała rezystancja termiczna sprzyja pracy w szerokim zakresie temperatury otoczenia, przy prądzie polaryzacji do 1 A. Emitery SYNIOS P2720 wyróżniają się bardzo małą wysokością, wynoszącą 0,6 mm, dzięki czemu nadają się idealnie do zastosowań w ciasnych przestrzeniach. Nie zawierają zintegrowanej soczewki, natomiast dostępne są do nich zewnętrzne elementy optyczne, pozwalające uzyskać wąski kąt emisji.

www.ams-osram.com

Czujnik podczerwieni Grid-EYE firmy Panasonic w wersji o polu widzenia 90°

Wiedza o tym, gdzie przebywają i jak przemieszczają się ludzie, jest kluczowa przy projektowaniu inteligentnych przestrzeni, zwłaszcza w sektorach handlu detalicznego, hotelarstwa i opieki zdrowotnej, ponieważ pozwala na zoptymalizowanie sposobów użytkowania budynków. Branża oświetleniowa również w coraz większym stopniu

eprasa.pl 11da584bde



zmierza w kierunku optymalnego aranżowania spersonalizowanych przestrzeni. W tego typu aplikacjach szczególnie ważna okazuje się skalowalność i opłacalność inwestycji. Zapewnia ją najnowszy wariant czujnika rodziny Grid-EYE firmy Panasonic Industry, wyposażony w obiektyw o polu widzenia 90°.

Dotychczas czujniki Grid-EYE były produkowane w wersjach o polu widzenia 36° i 60°. Znajdowały najczęściej zastosowanie w aplikacjach, w których dane na temat bezwzględnych wartości temperatury używane były do wykrywania gorących punktów w instalacjach kuchennych czy też inteligentnej klimatyzacji. Wersje 60-stopniowe projektanci stosowali również w systemach zliczania osób jako tanią alternatywę kamer i systemów bezprzewodowych.

Najnowszy wariant 90-stopniowy pozwala uchwycić sygnaturę IR większego obszaru, dzięki czemu do pokrycia określonej powierzchni wymagana jest mniejsza liczba czujników. Układ zawiera matrycę 8×8 termostosów MEMS, skanowanych z częstotliwością 1 Hz lub 10 Hz. Występuje w wariantach o napięciu zasilania 5 V (ozn. AMG885543) i 3,3 V (AMG883543). Jego wymiary wynoszą 11,6×8,0×4,3 mm.

http://industry.panasonic.eu

Sterowniki silników BLDC umożliwiające osiągnięcie pełnego momentu obrotowego przy zerowej prędkości

Firma Renesas zaprezentowała nową serię scalonych sterowników silników BLDC, umożliwiających systemom bezczujnikowym osiągnięcie pełnego momentu obrotowego przy zerowej prędkości. Układy RAA306012, RAJ306101 i RAJ306102 umożliwiają projektowanie kontrolerów silników, zapewniających większą moc i prędkość przy danym momencie obrotowym. Ponadto zwiększają sprawność energetyczną i niezawodność implementacji oraz pozwalają zredukować zarówno koszty projektu, jak i wymaganą ilość przestrzeni na płytce drukowanej.

RAA306012 to 65-woltowy sterownik silników 3-fazowych, zdolny współpracować z mikrokontrolerami zarówno z oferty Renesasa, jak



i innych producentów. RAJ306101 zawiera sterownik RAA306012 oraz 32-bitowy mikrokontroler RX13T, zintegrowane w pojedynczej obudowie. Z kolei RAJ306102 to wariant ze zintegrowanym sterownikiem RAA306012 i 16-bitowym mikrokontrolerem RL78/G1F.

Możliwość zapewnienia pełnego momentu obrotowego przy zerowej prędkości jest realna dzięki dwóm opracowanym przez Renesasa innowacjom. Tryb EIS (Enhanced Inductive Sensing) zapewnia stabilne wykrywanie położenia wirnika, gdy silnik całkowicie się zatrzymuje. Przy pracy z bardzo małą prędkością używany jest tryb MRI (Motor Rotor position Identification), a przy większych prędkościach wszystkie trzy układy pracują w trybie konwencjonalnym.

Ważniejsze cechy:

- duży stopień integracji (sterownik, układ zarządzania poborem mocy i czujnik prądowy),
- adaptacyjny układ regulacji czasu martwego, zwiększający sprawność energetyczną,
- układ pompy ładunkowej, zapewniający stabilne napięcie sterowania bramkami tranzystorów,
- możliwość współpracy z tranzystorami N-MOSFET i GaN FET,
- rozbudowany blok czujnikowy, zapewniający dużą dokładność i szeroki zakres prędkości obrotowych,
- 16 dostępnych wartości slew rate, pozwalających obniżyć poziom generowanych zaburzeń EMI,
- obsługa różnych algorytmów sterowania (trapez, sinus, FOC),
- wiele funkcji zabezpieczeń, zwiększających bezpieczeństwo systemu.

Sterowniki RAA306012, RAJ306101 i RAJ306102 dostępne są już w sprzedaży. RAA306012 zamknięty został w obudowie QFN-48 o powierzchni 7×7 mm, a RAJ306101 i RAJ306102 – w obudowach odpowiednio: QFN-56 i QFN-64, o powierzchni 8×8 mm. W ofercie firmy Renesas są też dostępne zestawy ewaluacyjne do wszystkich trzech modeli sterowników.

www.renesas.com

REKLAMA

HAMMOND®

Obudowa miniaturowa 1551W IP68

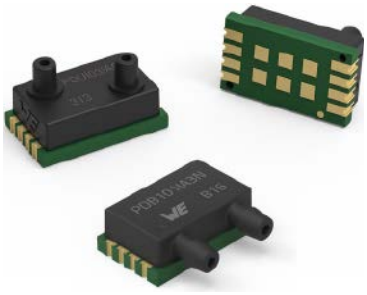
Dowiedz się więcej:
hammondmfg.com/1551w

eusales@hammondmfg.com
+44 1256 812812



eprasa.pl 11da584bde

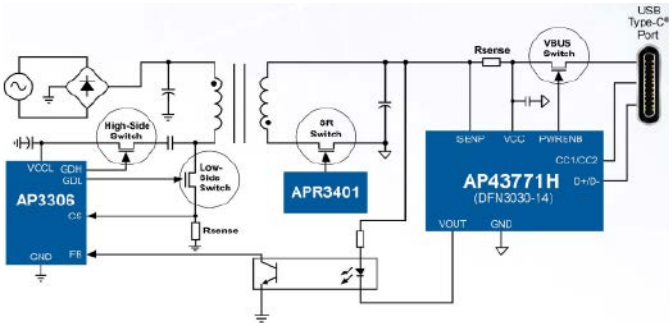
Czujniki ciśnienia WSEN-PDUS w wersjach o napięciu zasilania 3,3 V



Do rodziny piezorezystancyjnych czujników ciśnienia WSEN-PDUS firmy Wurth Elektronik wchodzą dwa nowe modele, przystosowane do bezpośredniej współpracy z mikrokontrolerami zasilanymi napięciem 3,3 V. Wcześniejsze wymagały napięcia 5 V. Kolejną nowość stanowią wersje z dyszami poziomymi, eliminujące potrzebę stosowania dodatkowego adaptera i upraszczające proces instalacji. Wspólną cechą wszystkich czujników tej rodziny jest duża niezawodność i dokładność nawet do ±0,25% FS.

Czujniki WSEN-PDUS zawierają interfejsy analogowe i I²C, za pośrednictwem których przesyłane są wyniki pomiaru ciśnienia oraz – opcjonalnie – wyniki pomiaru temperatury. Rozdzielczość wynosi 15 bitów w przypadku wyjścia cyfrowego i 11 bitów w przypadku analogowego. Dostępne są wersje o zakresach pomiarowych ±1 kPa (±0,145 psi) i –100...1000 kPa (–14,5...+145 psi), przystosowane do pracy w temperaturze otoczenia od –25 do +85°C. Ich zakres zastosowań obejmuje m.in. aplikacje HVAC, inhalatory oraz monitorowanie filtrów i wykrywanie wycieków gazu.

www.we-online.com



Zestaw układów scalonych do realizacji 140-watowej ładowarki USB PD3.1 EPR

Firma Diodes wprowadziła na rynek zestaw trzech układów scalonych, umożliwiających realizację 140-watowych ładowarek sieciowych USB o dużej gęstości mocy, zgodnych ze specyfikacją PD3.1 EPR.

AP43771H to dekoder USB Type-C PD 3.1, kompatybilny z USB PD Rev. 3.1 V1.6 EPR (Extended Power Range) 28 V. Obsługuje standard regulacji napięcia AVS 100 mV/krok (TID – 9275). Zawiera pamięć MTP do przechowywania parametrów konfiguracyjnych i jest produkowany w obudowie typu W-DFN3030-14.

AP3306 to kontroler ACF (Active-Clamp Flyback) do sterowania tranzystorów high-side PMOS i low-side NMOS. Pracuje w trybie ZVS (zero voltage switching), zapewniającym dużą sprawność energetyczną i pobiera mniej niż 30 mW mocy w trybie standby. Jest zamykany w obudowie SO-10.

APR3401 to sterownik tranzystora MOSFET po stronie wtórnej, zoptymalizowany do ładowarek zgodnych ze specyfikacją USB PD 3.1 EPR. Obudowa układu to SOT26.

www.diodes.com

Nowa dioda LED red/green/IR do pomiaru tętna i nasycenia krwi tlenem

Firma ams Osram dodała do oferty nową diodę LED o symbolu SFH 7018, zaprojektowaną specjalnie pod kątem zastosowań w smartwatchach, opaskach i innych urządzeniach przenośnych z funkcją pomiaru tętna i nasycenia krwi tlenem. Zawiera ona sekcję czerwoną, zieloną oraz IR. Generuje moc optyczną większą o co najmniej 40% od wcześniejszego odpowiednika (w przypadku struktury zielonej większą o ponad 100%), co przekłada się na wyższą dokładność pomiaru PPG. Dioda jest produkowana w obudowie QFN o wysokości zaledwie 0,6 mm.



Ulepszona konstrukcja z wnękami, zastosowana w modelu SFH 7018, rozdziela sekcję zieloną – stosowaną do pomiaru tętna – od sekcji czerwonej/IR, używanej do pomiaru SpO_2. Dzięki temu zielony chip nie wywołuje fluorescencji chipów czerwonych i IR w wyniku wzbudzenia krzyżowego falą o mniejszej długości.

Dioda występuje w dwóch wersjach. SFH 7018A jest zoptymalizowana pod kątem redukcji napięcia przewodzenia przy dużym prądzie, co eliminuje konieczność zastosowania dodatkowego wzmacniacza. Z kolei SFH 7018B została opracowana w celu zapewnienia maksymalnej intensywności promieniowania.

www.ams-osram.com

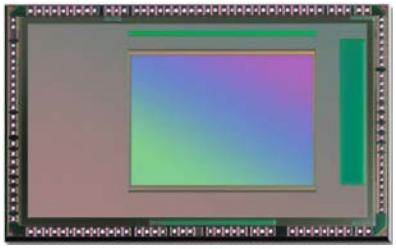
Tranzystory CoolMOS S7T ze zintegrowanym czujnikiem temperatury



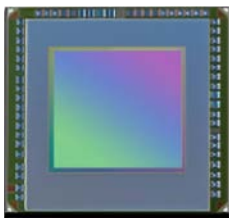
Do oferty Infineon Technologies wchodzi nowa seria superzłączowych tranzystorów CoolMOS S7T ze zintegrowanym czujnikiem temperatury, zwiększającym dokładność pomiaru temperatury pracy złącza. W porównaniu z odpowiednikami ze standardowym czujnikiem wbudowanym w strukturę drenu, zapewniają one do 40% większą dokładność i 10-krotnie skracają czas pomiaru temperatury.

Tranzystory CoolMOS S7T są polecane do zastosowań zwłaszcza w przekaźnikach półprzewodnikowych, ponieważ zwiększają niezawodność oraz bezpieczeństwo pracy, również w warunkach przeciążenia. Pozwalają optymalnie skorzystać z właściwości tranzystora mocy, podnosząc sprawność energetyczną i zapewniając precyzyjną kontrolę stopnia wyjściowego. W porównaniu z przekaźnikami elektromechanicznymi, zdolne są nawet dwukrotnie zmniejszyć straty mocy, podczas gdy odpowiedniki realizowane na triakach okazują się przeszło 5× bardziej energochłonne.

www.infineon.com



ISOCELL Vizion 63D



ISOCELL Vizion 931

Zaawansowane czujniki obrazu do robotyki i aplikacji AR/VR

Firma Samsung Electronics wprowadziła na rynek dwa innowacyjne czujniki obrazu z serii ISOCELL Vizion, przeznaczone do zastosowań w robotyce i aplikacjach AR/VR.

ISOCELL Vizion 63D to zaawansowany czujnik iToF (indirect ToF), zaprojektowany do rejestrowania wysokorozdzielczych obrazów 3D. Mierzy przesunięcie fazowe między emitowanym i odbitym światłem, precyzyjnie rejestrując informacje o trójwymiarowej strukturze sceny. Nadaje się do pomiaru głębi z dużą rozdzielczością w robotach usługowych i przemysłowych, aplikacjach AR/VR czy też systemach rozpoznawania twarzy. Zintegrowany procesor ISP do pomiaru głębi zmniejsza pobór mocy o 40% w porównaniu z poprzednimi modelami.

eprasa.pl 11da584bde

Vizion 63D umożliwia przetwarzanie obrazów z szybkością do 60 fps w rozdzielczości QVGA (320×240 pikseli). Charakteryzuje się średnicą piksela 3,5 µm i formatem optycznym 1/6,4". Dzięki zastosowaniu technologii BST (backside scattering technology) zapewnia sprawność kwantową na poziomie 38% przy długości fali 940 nm, co przekłada się na dużą ostrość obrazu przy minimalnym rozmyciu ruchu. Ponadto obsługuje dwa tryby oświetlenia: flood (duża rozdzielczość przy krótkim zasięgu) i spot (długi zasięg), zwiększając zakres pomiarowy z 5 m (we wcześniejszym modelu) do 10 m.

ISOCELL Vizion 931 jest przystosowany do rejestrowania szybkich ruchów bez zniekształceń, dzięki zastosowanej w nim technologii global shutter. Pracuje w rozdzielczości VGA (640×480 pikseli). Ze względu na małe gabaryty nadaje się idealnie do rozpoznawania tęczówki, śledzenia ruchu oczu, rozpoznawania twarzy oraz identyfikacji gestów w zestawach AR/VR. Dzięki zastosowanej technologii BST i FDTI (Front Deep Trench Isolation) osiąga sprawność kwantową na poziomie 60% przy długości fali 850 nm.

Vizion 931 może pracować w trybie multi-drop, umożliwiając równoczesne podłączenie maksymalnie 4 kamer do procesora aplikacyjnego.

www.semiconductor.samsung.com

Kontroler NFC do małogabarytowych urządzeń IoT

W aplikacjach IoT komunikacja bezkontaktowa staje się coraz powszechniejsza. Najnowszy kontroler NFC PTX105R firmy Renesas wyznacza nowe standardy w zakresie parametrów i kompatybilności z różnymi standardami wymiany danych. Wyróżnia się on unikalną, sinusoidalną architekturą, która przekłada się na lepsze parametry w urządzeniach małogabarytowych o niewielkich wymiarach anteny (m.in. większą czułość i dokładniejsze odwzorowanie kształtu sygnału) – w porównaniu z konwencjonalnymi kontrolerami NFC, pracującymi



z przebiegami prostokątnymi. Wymaga przy tym mniejszej liczby elementów współpracujących, a w szczególności pozwala wyeliminować filtry EMC i elementy dopasowujące, co ułatwia integrację w docelowym systemie. Modułowa architektura Soft Controller umożliwia realizację funkcji krytycznych czasowo przez wbudowany mikrokontroler, podczas gdy pozostałe operacje logiczne mogą być realizowane przez procesor nadrzędny (host).

Pozostałe cechy:

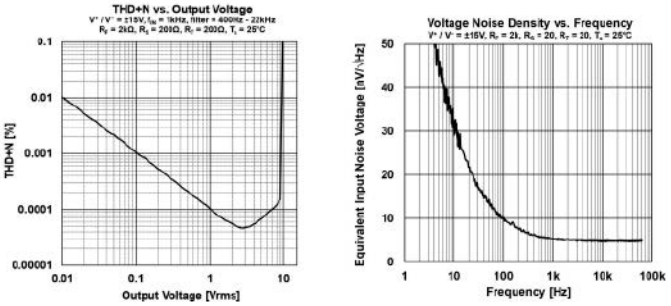
- obsługa trybów ISO/IEC14443-A/B przy szybkości transmisji do 848 kbps,
- obsługa tagów NFC typu 2, 3, 4A/4B i 5,
- zgodność z EMVCo 3.0/3.1 PCD L1,
- tryby ISO/IEC 15693 reader/writer i FeliCa reader/writer (212 i 424 kbps),
- zestaw programowalnych linii GPIO,
- obsługiwane interfejsy hosta: I²C, SPI, UART.

www.renesas.com

REKLAMA



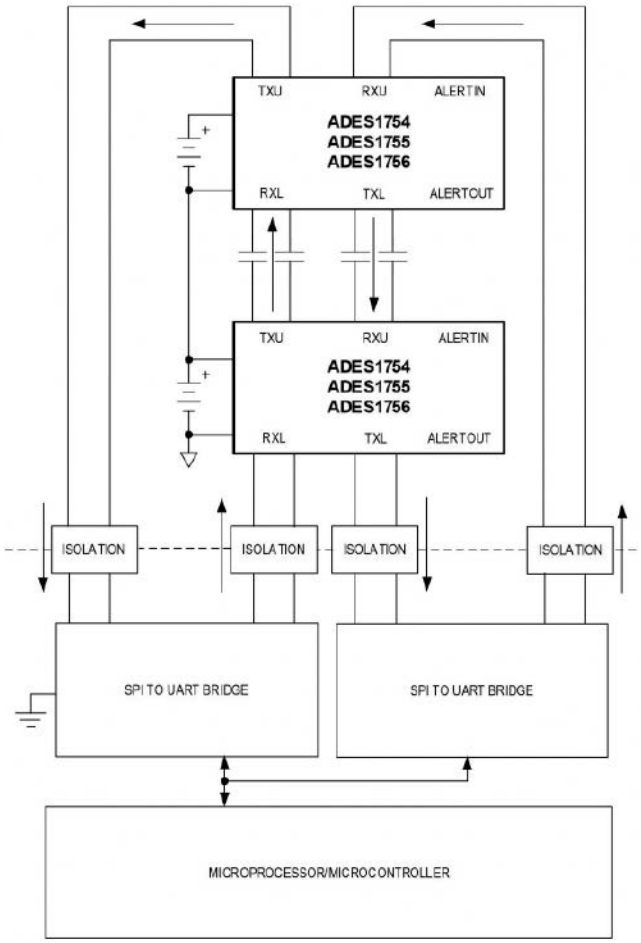
eprasa.pl 11da584bde



Dwukanałowy wzmacniacz operacyjny do profesjonalnego sprzętu audio

NL8802 to dwukanałowy wzmacniacz operacyjny o szerokim zakresie napięcia zasilania od ±3 do ±22 V, zaprojektowany do zastosowań w profesjonalnym sprzęcie audio, w tym w przedwzmacniaczach, filtrach aktywnych i wzmacniaczach linii. Charakteryzuje się małymi szumami i zniekształceniami (5,5 nV/√Hz, 0,00005% @1 kHz), pasmem 45 MHz oraz dużą szybkością narastania napięcia wyjściowego (slew rate 11 V/µs). Sumaryczny pobór prądu obu kanałów wynosi 8 mA w trybie spoczynkowym. Układ jest dostępny w obudowach EMP-8-AN i DFN3030-8-GQ, przy czym dopuszczalny zakres temperatury roboczej wynosi – odpowiednio –40...+85°C i –40...+105°C.

www.nisshinbo-microdevices.co.jp



14-kanałowy system akwizycji danych do monitorowania pakietów akumulatorowych

ADES175x to 14-kanałowy system akwizycji danych do monitorowania pakietów akumulatorowych w systemach magazynowania energii, zasilaczach UPS, ładowarkach i elektronarzędziach. Występuje on w trzech wariantach: ADES1754, ADES1755 i ADES1756, różniących się dokładnością pomiaru. Zawiera 14 wejść do monitorowania napięcia ogniw oraz 6 wejść do monitorowania temperatury lub napięć systemowych. Balanser złożony z 14 wewnętrznych przełączników może pracować z dopuszczalnym prądem przewodzenia >300 mA. Istnieje możliwość łączenia kaskadowego do 32 układów, co pozwala na realizację systemu zarządzania maksymalnie 448 ogniwami i monitorowania temperatury nawet w 192 punktach.

Układy serii ADES175x umożliwiają pomiar napięcia ogniw w zakresie od –2,5 do +5 V przy napięciu współbieżnym do 65 V. Dokładność pomiaru wynosi ±1,8 mV w podzakresie +5...+65°C, a w pełnym zakresie temperatury roboczej (tj. od –40 do +105°C) przedział ten rośnie do ±2,2 V w przypadku ADES1754, ±5 mV (ADES1755) lub ±10 mV (ADES1756). W trybie z nadpróbkowaniem możliwe jest osiągnięcie 14-bitowej rozdzielczości pomiaru przy uśrednianiu do 128 próbek na kanał.

Układy serii ADES175x mierzą temperaturę wewnętrznej struktury i automatycznie wyłączają się w przypadku przekroczenia wartości progowej. Pobierają jedynie 2 µA prądu w trybie shutdown. Zawierają wbudowany kontroler I²C. Każdy układ zawiera unikalny 32-bitowy identyfikator.

www.analog.com



Obciążenia elektroniczne DC dużej mocy z funkcją odzyskiwania energii

Chroma Systems Solutions ogłosił wzbogacenie oferty o nową serię dwukierunkowych, regeneracyjnych obciążeń elektronicznych DC o mocy znamionowej 6, 12 i 18 kW, produkowanych w obudowach o wysokości 3U. Mogą one pracować z maksymalnym natężeniem prądu 120 A oraz umożliwiają łączenie równoległe do 10 jednostek, co pozwala uzyskać maksymalną moc 180 kW i prąd 1200 A. Występują w wersjach o napięciach znamionowych 600 V, 1200 V i 1800 V.

Regeneracyjne obciążenia z serii 63700 nadają się do symulacji charakterystyk obciążenia – jednocześnie zwracają energię do sieci energetycznej. Mogą znaleźć zastosowanie przy badaniach rozładowywania akumulatorów samochodowych i ogniw paliwowych oraz starzenia się zasilaczy dużej mocy, w systemach magazynowania energii (ESS) oraz w testach niezawodnościowych przetwornic AC/DC i DC/DC.

Wszystkie modele z serii 63700 są wyposażone w funkcję sterowania sygnałem zewnętrznym, umożliwiającą symulowanie rzeczywistych przebiegów prądowych. Praca w trybie master/slave pozwala na równoległe współdziałanie kilku identycznych jednostek w systemach zsynchronizowanego obciążenia dynamicznego. System przechowuje do 256 zaprogramowanych sekwencji, które można załadować w dowolnym momencie, skracając czas testowania i zwiększając przepustowość podczas testów automatycznych.

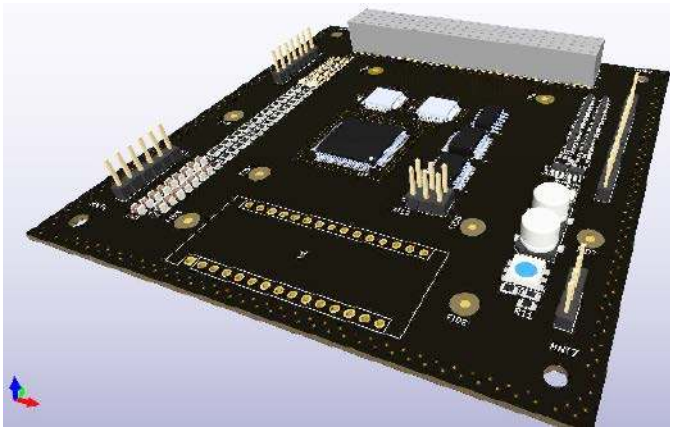
Obciążenia DC serii 63700 oferują dwie opcje obsługi: lokalnie (z zastosowaniem pokrętła i wyświetlacza) oraz zdalnie, przez interfejsy LAN, USB, GPIB lub CAN. Zawierają zabezpieczenia nadprądowe, nadnapięciowe, przeciążeniowe i termiczne. Zapewniają sprawność regeneracji sięgającą 93%.

www.chromausa.com

eprasa.pl 11da584bde

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.



Otwarty sprzęt do satelity o rozmiarze 1U

Prezentowany projekt to zestaw otwartego sprzętu satelitarnego typu 1U, zaprojektowany przez Trana Vinh Quang. Cel stworzenia systemu był czysto edukacyjny, a całość projektu udostępniana została na licencji CC BY NC SA.

System należy do rodziny CubeSatów – klasy zminiaturyzowanych satelitów o formacie sześcianu o boku 10 cm (3,9 cala) – 1 unit. Masa CubeSatów nie przekracza 2 kg na unit, a same urządzenia korzystają z komercyjnych komponentów dostępnych na rynku, zarówno w zakresie elektroniki, jak i konstrukcji mechanicznej. CubeSaty umieszcza się w przestrzeni kosmicznej dzięki zastosowaniu urządzeń do startu satelitów na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej lub wprowadza się na orbitę jako ładunki dodatkowe na różnych nośnikach rakietowych. Na orbicie okołoziemskiej krąży już ponad dwa tysiące takich konstrukcji.

Autor obecnie kontynuuje działania projektowe, a także weryfikację błędów w projekcie PCB podstawowego modułu satelity. Prowadzi również prace nad wizualizacją projektu.

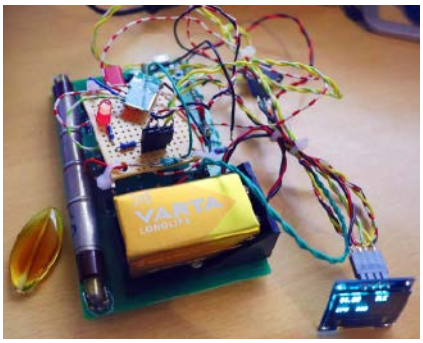
https://tiny.pl/dtlh3

Licznik Geigera zintegrowany z systemem Internetu Rzeczy

W ramach tego projektu autor – korzystając z modułów BLE firmy Microchip typu RN4870/RN4870U – stara się stworzyć system Bluetooth, pozwalający na łączenie modułu współpracującego z licznikiem Geigera z innymi urządzeniami lub uruchamianie go w trybie samodzielnym za pomocą skryptów (RN4870 pełni również funkcję niezależnie działającego mikrokontrolera). System ma za zadanie wysyłanie podstawowych lub bardziej rozbudowanych danych do/z telefonu.

Układ samego licznika Geigera – dosyć prosty – oparty jest na przetwornicy podwyższającej napięcie do zasilania detektora. Bazuje on na starszym projekcie tego rodzaju urządzenia, który – mimo swojej prostoty – ma pewne wady koncepcyjne, w tym brak pętli sprzężenia zwrotnego w obwodzie wysokiego napięcia zasilania sensora.

Autor używa Raspberry Pi Pico do obsługi swojego licznika. Ponadto urządzenie wyposażone jest w dodatkowy moduł Bluetooth, aby możliwe stało się przesyłanie wyników pomiarów drogą bezprzewodową.



W module stosowany jest standardowy ekran OLED o przekątnej 0,96 cala i buzzer, a w roli detektora – detektor Geigera-Müllera CTC-5. Pozwala on na wykrywanie promieniowania beta i gamma (jak w przypadku każdego sensora Geigera, nie istnieje możliwość rozróżnienia, z jakim konkretnie promieniowaniem mamy do czynienia), ale nie alfa. Aby zarejestrować impulsy przy właściwym funkcjonowaniu układu zliczającego, trzeba zadbać o odpowiednie warunki pracy układu. W praktyce oznacza to generowanie napięcia zasilania w obszarze płaskiej części charakterystyki sensora.

Układ oprogramowany został w języku C, w którym napisano aplikację pracującą na Raspberry Pi. Mikrokontroler musi być w stanie szybko mierzyć krótkie impulsy, ponieważ czas trwania zliczanych zdarzeń wynosi około 0,3 ms. Problemy mogą wystąpić przy wysokich częstościach zliczania, ponieważ algorytm może nie być w stanie właściwie ich obsłużyć.

Do wyświetlania danych (obliczeń statystycznych, wykresów itp.) można użyć dostępnych komercyjnie modułów wyświetlaczy. Pico SDK ułatwia korzystanie z popularnych rodzajów wyświetlaczy, takich jak LCD 16×2 lub SSD1306 OLED – należy jednak pamiętać, że LCD/OLED podłączony do magistrali I²C może mieć własne rezystory podciągające, ale może także być ich pozbawiony, zależnie od wybranego modelu.

Przesyłanie danych za pomocą kabla do innego urządzenia to pierwsza opcja, o jakiej pomyślał autor. Koncepcję taką da się zrealizować na przykład za pośrednictwem portu szeregowego do płytki Raspberry Pi (która z kolei może udostępniać dane na serwerze www). Lepszą jednakże opcją jest stworzenie „prawdziwego" urządzenia IoT, łączącego moduł BLE z prototypem licznika Geigera i przesyłającego rzeczywiste dane pomiarowe.

Moduł BLE realizuje prostą wymianę danych w trybie tekstowym z urządzeniem zdolnym do komunikacji przez port szeregowy (np. poprzez „minicom" na Raspberry Pi). W trybie poleceń (uruchamianym ciągiem „$$$") można np. wysłać „GNR\r" (lub „GNR\r\n") do modułu w celu uzyskania nazwy połączonego urządzenia nadrzędnego. Komenda „V\r" pobierze wersję oprogramowania. Ważne są polecenia takie jak „PS,(...)\r" lub „PC,(...)\r", które konfigurują prywatne usługi i prywatne charakterystyki (szczegółowe informacje zamieszczone zostały w Przewodniku użytkownika).

Konfigurację urządzenia trzeba przeprowadzić zasadniczo tylko raz. Następnie mikrokontroler musi jedynie znać wartość uchwytu BL, aby uzyskać dostęp do charakterystyki poprzez jej właściwości (np. zapis).

https://tiny.pl/dtlqk
https://tiny.pl/dtlq8

eprasa.pl 11da584bde

W ofercie AVT*
AVT6033

Najważniejsze parametry:
- procesor: Megawin MG32F103RBT6 w obudowie LQFP64,
- taktowanie: dwa rezonatory kwarcowe 12 MHz (rdzeń) i 32,768 kHz (RTC),
- multipleksowany, 4-cyfrowy, 7-segmentowy wyświetlacz LED ze scalonym sterownikiem segmentów TBD62083 i czterema kluczami P-MOSFET,
- dwa przyciski programowalne i przycisk RESET,
- trzy diody LED (2×GPIO, 1×wskaźnik zasilania),
- potencjometr połączony z wejściem ADC,
- wbudowany czujnik temperatury MCP9808T (I²C),
- wbudowana pamięć EEPROM AT25128B (SPI),
- gniazdo baterii CR2032 (podtrzymanie zasilania RTC),
- wbudowany stabilizator LDO 3,3 V,
- zasilanie poprzez złącze USB lub gniazdo śrubowe (4,8...5,3 V),
- złącze debuggera MLink lub kompatybilnego,
- złącza interfejsów UART, SPI, I²C, USB Device (gniazdo mini USB),
- dodatkowe złącze udostępniające piny PA0...7,
- zworki konfiguracyjne (zasilanie, BOOT) i mostki lutownicze (SPI, I²C).

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

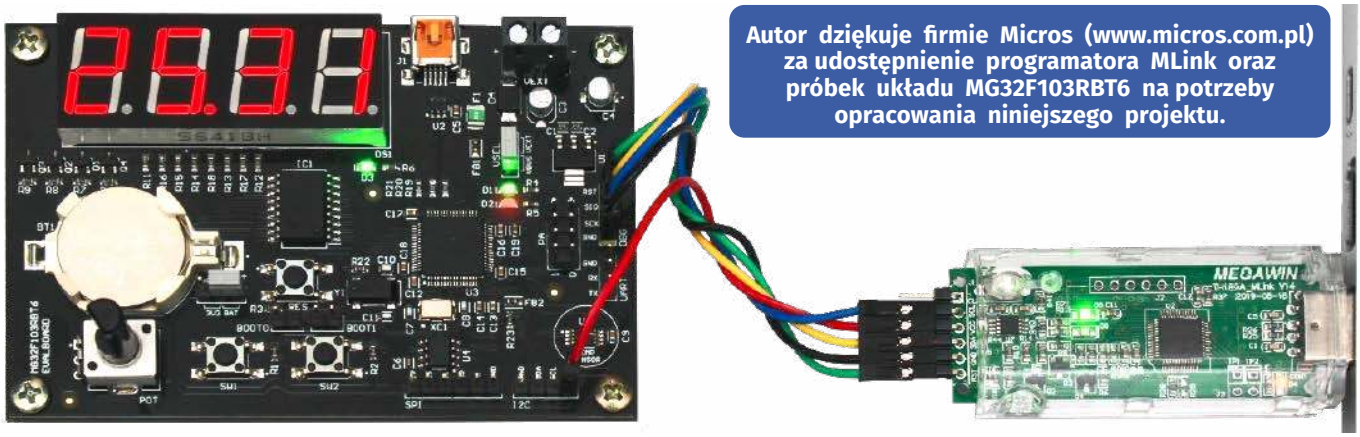
AVT5848	Minimoduł z mikrokontrolerem LPC845 (EP 3/2021)
AVT5829	Minimoduł z mikroprocesorem LPC802 (EP 12/2020)
AVT5726	Rysino – płytka ewaluacyjna z FPGA Intel MAX10 (EP 11/2019)
AVT5574	Płytka ewaluacyjna dla STM32F2/F4/F7 do celów SDR i nie tylko (EP 2/2017)
AVT5529	Zestaw uruchomieniowy z mikrokontrolerem ATXMega256A3U (EP 2/2016)
AVT1875	Kieszonkowa płytka prototypowa (EP 8/2015)
AVT1772	Płytka uruchomieniowa z mikrokontrolerem Precision32 (EP 9/2013)
AVT1675	STM32duino – kompatybilna z Arduino płytka z STM32F103C8T6 (EP 5/2012)
AVT1620	Cortexino – kompatybilna z Arduino płytka z LPC1114 (EP 5/2011)
AVT5288	Zestaw ewaluacyjny dla FPGA (EP 4/2011)
AVT1610	Minimoduł z ATTiny 2313 (EP 3/2011)
AVT5275	ZEPIC – zestaw ewaluacyjny dla mikrokontrolerów PIC (EP 2/2011)
AVT1609	Moduł prototypowy STM32 (EP 2/2011)
AVT2975	STM32 DSP Kit (EdW 1/2011)
AVT5175	SARGE – jednoukładowy komputer 32-bitowy (EP 2/2009)
AVT2875	LogicMaster – płytka prototypowa dla CPLD (EdW 8/2008)
AVT992	Zestaw uruchomieniowy dla procesorów rodzin AVR i '51 (EP 1/2001)

* **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**.



Autor dziękuje firmie Micros (www.micros.com.pl) za udostępnienie programatora MLink oraz próbek układu MG32F103RBT6 na potrzeby opracowania niniejszego projektu.

Płytka ewaluacyjna z mikrokontrolerem Megawin MG32F103RBT6

Wielu praktykujących konstruktorów urządzeń elektronicznych przywiązuje się na dłużej do jednej, określonej rodziny mikrokontrolerów i z różnych względów pozostaje im wiernych przez długi czas. Tymczasem na rynku półprzewodników nieustannie pojawiają się nowi gracze, oferujący rozmaite modele procesorów o szczególnie ciekawych parametrach bądź… wyjątkowo przystępnej cenie. Firma Megawin opracowała kilka układów, które mogą pracować jako bezpośrednie zamienniki kultowych już procesorów z serii STM32F1. W artykule prezentujemy projekt płytki ewaluacyjnej, stanowiącej podstawę kursu programowania mikrokontrolerów Megawin, który wystartuje już w kolejnym numerze „Elektroniki Praktycznej”.

Mikrokontrolery Megawin w pigułce

Mikrokontroler MG32F103RBT6 nieprzypadkowo przypomina swoim oznaczeniem niebywale popularny układ z rodziny STM32 o numerze STM32F103RBT6. W istocie jest to tzw. zamiennik *pin-to-pin*, zapewniający pełną kompatybilność funkcjonalną pod względem rodzaju obudowy oraz układu wyprowadzeń (zarówno w zakresie zasilania, jak i linii GPIO oraz przypisania funkcji alternatywnych) – porównanie obydwu rodzin mikrokontrolerów MG32F103 oraz STM32F103 można zobaczyć w **tabeli 1**. Jak widać, zamiennik firmy Megawin oferuje niemal wszystkie bloki peryferyjne (oprócz interfejsów CAN oraz SDIO), które można znaleźć w kultowych procesorach od ST, a dodatkowo przewyższa pierwowzór pod niektórymi względami (np. deklarowany przez producenta pobór prądu jest wyraźnie niższy w trybie aktywnym: 100 µA/MHz zamiast 292 µA/MHz), nieznacznie lepszy jest także parametr poboru energii w trybie Sleep. Niższy pobór prądu jest widoczny również w obszarze domeny backup (rejestry z podtrzymaniem bateryjnym i RTC), zasilanej za pośrednictwem linii VBAT. Co ciekawe, producent zastosował dodatkowo dwa komparatory oraz unikalny

eprasa.pl 11da584bde

Tabela 1. Porównanie rodzin mikrokontrolerów MG32F103 (Megawin) oraz STM32F103 (ST). Źródło: Porting Manual: MG32F10x Porting To STM32F10x, Version 1.01 (http://t.ly/tai7g)

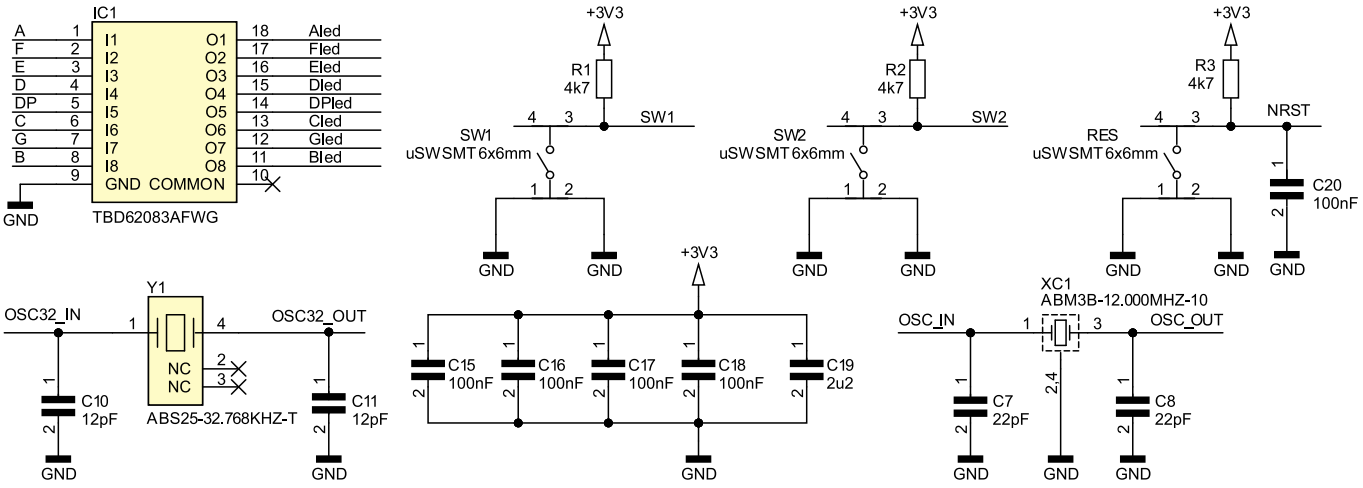
	MG32F103	STM32F103
Rdzeń	Cortex-M3	Cortex-M3
Pojemność pamięci Flash	96 kB...128 kB	16 kB...1 MB
Pojemność pamięci RAM	28 kB	6 kB...96 kB
Maksymalna częstotliwość taktowania	72 MHz	72 MHz
Opóźnienie dostępu do pamięci Flash	0 cykli (cache)	2 cykle
Flash write/erase cycle	100 000	10 000
TIMER	4	4/5/8
U(S)ART	3	2/3/5
I²C	2	1/2
SPI	2	1/2/3
I²S	0~1	2
CAN	–	1
USB (tryb pracy)	Device	Device
SDIO	–	1
Liczba przetworników ADC (liczba kanałów)	1 (10...16)	2 (10)/2 (16)/3 (21)
CMP	2	–
Sterownik LED	8 linii	–
Active Power	100 µA/MHz @ 3,3 V	292 µA/MHz @ 3,3 V
Sleep	5 mA	5,5 mA
Stop	30 µA	24 µA
Standby	4,5 µA	2 µA
VBAT	1,2 µA	1,4 µA

sterownik macierzy multipleksowanych diod LED, który – przy użyciu zaledwie 8 linii – jest w stanie wysterować aż 56 diod elektroluminescencyjnych. Takiego peryferium próżno szukać w nie tylko w oryginalnych rozwiązaniach ST, ale także dziesiątkach innych rodzin mikrokontrolerów.

Wspomniane cechy – w połączeniu z kilkukrotnie niższą ceną (zarówno detaliczną, jak i hurtową) – sprawiają, że mikrokontrolery Megawin z rdzeniem ARM Corex-M3 są niezwykle ciekawą alternatywą zarówno dla zawodowych konstruktorów urządzeń elektronicznych, jak i dla amatorów elektroniki. Dlatego właśnie na łamach „Elektroniki Praktycznej" – już w numerze 05/2024 – startujemy z (wszystko na to wskazuje) **pierwszym na świecie kursem programowania procesorów ARM marki Megawin**. Aby ułatwić naszym Czytelnikom rozpoczęcie pracy z tymi interesującymi układami, w tym wydaniu EP publikujemy opis zestawu ewaluacyjnego, który umożliwi realizację zarówno zadań kursowych, jak i samodzielnych eksperymentów z większością najważniejszych peryferiów wbudowanych w strukturę układu MG32F103RBT6.

Budowa układu

Schemat ideowy płytki ewaluacyjnej zaprezentowano na **rysunku 1**. Jak widać, zdecydowana większość linii portów mikrokontrolera



Rysunek 1. Schemat ideowy układu

Wykaz elementów:

Rezystory: (SMD 0603)
R1...R3, R7...R10, R22, R23: 4,7 kΩ
R4, R6: 2,2 kΩ
R5: 470 Ω
R11...R18: 220 Ω
R19, R20: 33 Ω
R21: 1,5 kΩ
R24, R25: 3,3 kΩ

Półprzewodniki:
D1, D3: LED zielona (SMD 0805), np. 150080GS75000
D2: LED czerwona (SMD 0805), np. 150080SS75000
D4: Schottky'ego SS24BF-HF (SMBF)
DS1: wyświetlacz LED 4×7 segmentów, wspólna anoda, wys. znaków 0,56" (np. 5641BH)

F1: bezpiecznik PTC typu SM010-60 (SMD 1210)
IC1: TBD62083AFWG (P-SOP18)
Q1...Q4: BSS84 (SOT-23)
U1: LD1117AS33 (SOT-223)
U2: USBLC6-2SC6 (SOT-23-6)
U3: MG32F103RBT6 (LQFP64)
U4: AT25128B-SSHL-B (SOIC-8)
U5: MCP9808T-E/MS (MSOP-8)

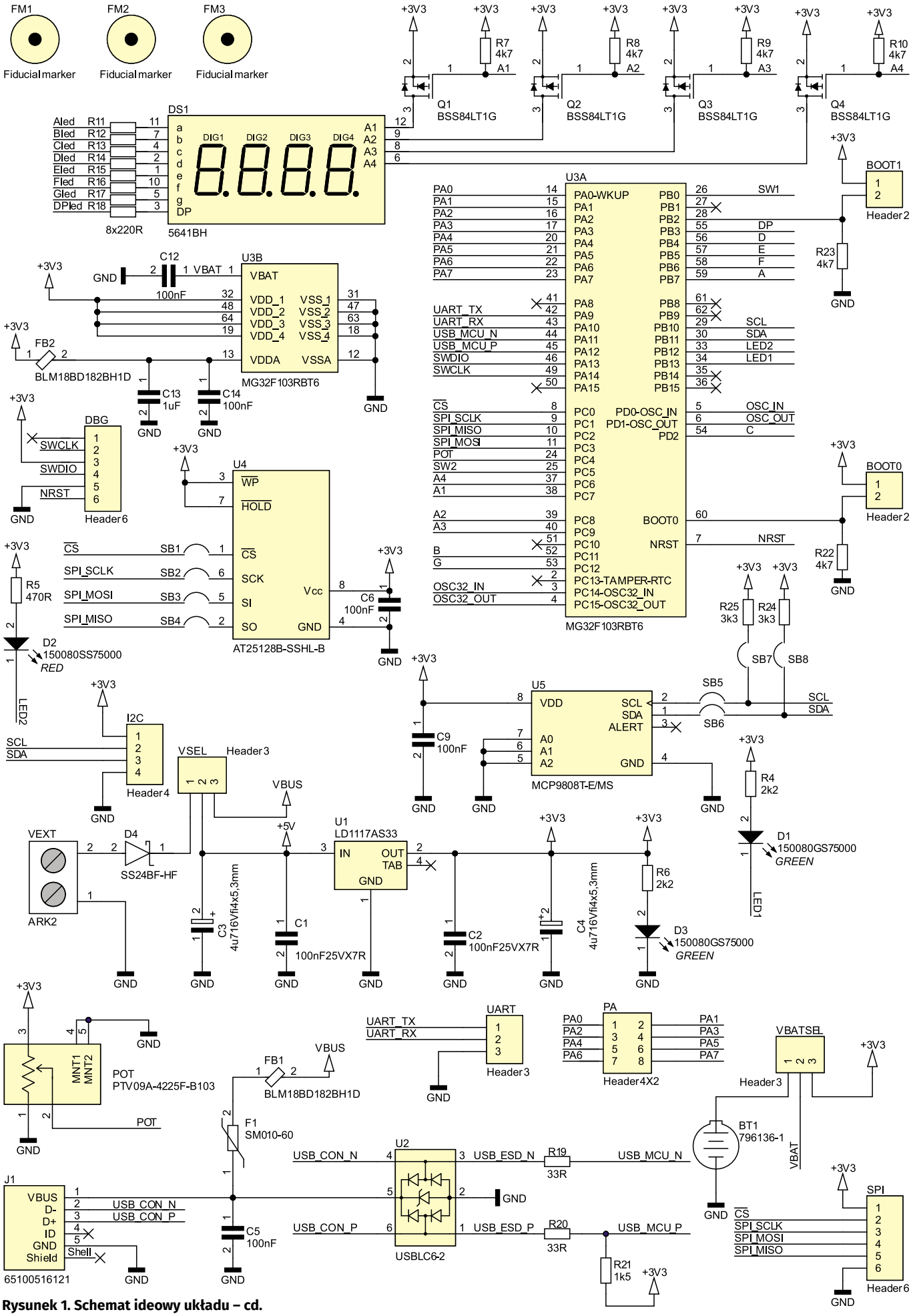
Kondensatory MLCC: (SMD 0603)
C1, C2, C5, C6, C9, C12, C14...C18, C20: 100 nF X7R
C7, C8: 22 pF C0G
C10, C11: 12 pF C0G
C13: 1 µF/6,3V X7R
C19: 2,2 µF/6,3V X7R

Kondensatory elektrolityczne:
C3, C4: 4,7 µF/16 V ∅ 4×5,3 mm

Elementy indukcyjne:
FB1, FB2: dławik ferrytowy BLM18BD182BH1D

Pozostałe:
BOOT0, BOOT1: złącze goldpin 2,54 mm 1×2 pin męskie proste + zworka (2 szt.)
BT1: gniazdo baterii CR2032 SMT (TE Connectivity 796136-1)
DBG, SPI: złącze goldpin 2,54 mm 1×6 pin męskie proste
I²C: złącze goldpin 2,54 mm 1×4 pin męskie proste
J1: gniazdo mini USB THT kątowe (np. 6510516121)
PA: złącze goldpin 2,54 mm 2×4 pin męskie proste
POT: potencjometr 10 kΩ typu Bourns PTV09A-4225F-B103 lub zamiennik
RES, SW1, SW2: uSwitch 6×6 mm SMT
SB1...SB8: mostki lutownicze (opis w tekście)
VBATSEL, VSEL: złącze goldpin 2,54 mm 1×3 pin męskie proste + zworka (2 szt.)
UART: złącze goldpin 2,54 mm 1×3 pin męskie proste
VEXT: złącze śrubowe 2-torowe raster 5 mm (ARK 2)
XC1: rezonator kwarcowy 12,000 MHz (ABM3B-12.000MHZ-10)
Y1: rezonator kwarcowy 32,768 kHz (ABS25-32.768KHZ-T)

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 1. Schemat ideowy układu – cd.

eprasa.pl 11da584bde

Tabela 2. Konfiguracja i podłączenie linii GPIO mikrokontrolera

Numer wyprowadzenia LQFP64	Port	Numer linii portu	Oznaczenie na schemacie	Opis funkcji/peryferium/kanał	Aktywny stan logiczny	Konfiguracja IN – wejście cyfrowe OUT – wyjście cyfrowe ANALOG – funkcja analogowa AFx – funkcja alternatywna nr x
14	A	0	PA0	Wolna linia GPIO (złącze PA, pin 1)	–	–
15		1	PA1	Wolna linia GPIO (złącze PA, pin 2)	–	–
16		2	PA2	Wolna linia GPIO (złącze PA, pin 3)	–	–
17		3	PA3	Wolna linia GPIO (złącze PA, pin 4)	–	–
20		4	PA4	Wolna linia GPIO (złącze PA, pin 5)	–	–
21		5	PA5	Wolna linia GPIO (złącze PA, pin 6)	–	–
22		6	PA6	Wolna linia GPIO (złącze PA, pin 7)	–	–
23		7	PA7	Wolna linia GPIO (złącze PA, pin 8)	–	–
41		8	–	–	–	–
42		9	UART_TX	UART1 TX	–	AF7
43		10	UART_RX	UART1 RX	–	AF7
44		11	USB_MCU_N	USB D–	–	AF3
45		12	USB_MCU_P	USB D+	–	AF3
46		13	SWDIO	Debugger (SWD)	–	–
49		14	SWCLK		–	–
50		15	–	–	–	–
26	B	0	SW1	Przycisk SW1	0	IN
27		1	–	–	–	–
28		2	BOOT1	Zworka konfiguracyjna BOOT1	–	–
55		3	DP	Segment punktu dzies. wyświetlacza (katoda)	1	OUT
56		4	D	Segment D wyświetlacza (katoda)	1	OUT
57		5	E	Segment E wyświetlacza (katoda)	1	OUT
58		6	F	Segment F wyświetlacza (katoda)	1	OUT
59		7	A	Segment A wyświetlacza (katoda)	1	OUT
61		8	–	–	–	–
62		9	–	–	–	–
29		10	SCL	I²C2 SCL	–	AF4
30		11	SDA	I²C2 SDA	–	AF4
33		12	LED2	Dioda LED2 (czerwona)	0	OUT
34		13	LED1	Dioda LED1 (zielona)	0	OUT
35		14	–	–	–	–
36		15	–	–	–	–
8	C	0	$\overline{CS}$	SPIM2 NSS	–	AF5
9		1	SPI_SCLK	SPIM2 SCK	–	AF5
10		2	SPI_MISO	SPIM2 MI	–	AF5
11		3	SPI_MOSI	SPIM2 MO	–	AF5
24		4	POT	Suwak potencjometru POT	–	ANALOG
25		5	SW2	Przycisk SW2	0	IN
37		6	A4	Pozycja 4 wyświetlacza (wsp. anoda)	0	OUT
38		7	A1	Pozycja 1 wyświetlacza (wsp. anoda)	0	OUT
39		8	A2	Pozycja 2 wyświetlacza (wsp. anoda)	0	OUT
40		9	A3	Pozycja 3 wyświetlacza (wsp. anoda)	0	OUT
51		10	–	–	–	–
52		11	B	Segment B wyświetlacza (katoda)	1	OUT
53		12	G	Segment G wyświetlacza (katoda)	1	OUT
2		13	–	–	–	–
3		14	OSC32_IN	Rezonator kwarcowy 32,768 kHz	–	–
4		15	OSC32_OUT		–	–
5	D	0	OSC_IN	Rezonator kwarcowy 12,0000 MHz	–	–
6		1	OSC_OUT		–	–
54		2	C	Segment C wyświetlacza (katoda)	1	OUT

eprasa.pl 11da584bde

(U3) została użyta do obsługi elementów dostępnych na płytce, zaś dodatkowo osiem najmłodszych linii portu A (o numerach PA0...PA7) wyprowadzono na złącze typu goldpin (PA). Całość układu jest zasilana napięciem 3,3 V, dostarczonym przez stabilizator LDO (U1) typu LD1117AS33 w obudowie SOT-223. Źródłem napięcia wejściowego regulatora może być złącze śrubowe VEXT (w tej roli popularny terminal typu ARK o rastrze 5 mm) albo port USB, w zależności od ustawienia zworki VSEL. Obecność napięcia zasilania sygnalizuje świecenie zielonej diody LED D3.

Sam port USB jest chroniony za pomocą scalonego układu zabezpieczającego przed wyładowaniami ESD (USBLC6-2SC6, U2), integrującego w sobie zestaw szybkich diod połączonych z liniami pary różnicowej (D+/D–) oraz dodatkową, piątą diodę Zenera, podłączoną do szyny VBUS. Wyprowadzenie VBUS gniazda mini USB (J1) połączone zostało z resztą układu przez dławik ferrytowy (FB1) oraz 100-miliamperowy bezpiecznik PTC (F1).

W układzie przewidziano możliwość zasilania domeny backup mikrokontrolera na jeden z dwóch sposobów. Podczas testowania projektów niekorzystających z funkcjonalności rejestrów podtrzymywanych bateryjnie ani z zegara czasu rzeczywistego RTC użytkownik może pominąć instalację baterii CR2032 w przeznaczonej dla niej podstawce (BT1) i doprowadzić zasilanie do linii VBAT mikrokontrolera bezpośrednio z głównej szyny 3,3 V. W przeciwnym razie należy przestawić zworkę VBATSEL na pozycję VBAT, co umożliwi testowanie ww. funkcjonalności w warunkach rzeczywistych (tj. po odcięciu głównego napięcia zasilającego).

Interfejs HMI tworzy zestaw dwóch przycisków podłączonych do linii GPIO mikrokontrolera, dwie diody LED (także współpracujące bezpośrednio z MCU) oraz siedmiosegmentowy, czteropozycyjny wyświetlacz LED ze wspólną anodą (DS1). Od dołu poszczególne segmenty (katody) są przełączane za pomocą drivera typu TBD62083 (IC1), złożonego z tranzystorów N-MOSFET (Q1...Q4), pracujących w układzie otwartego drenu i wyposażonych w zestaw kilku wbudowanych elementów pasywnych oraz diod zabezpieczających. Od strony wyższego potencjału, tj. w obwodach wspólnych anod, zastosowano natomiast proste klucze tranzystorowe na bazie popularnych MOSFET-ów małej mocy typu BSS84.

Aby umożliwić użytkownikom płytki ewaluacyjnej łatwe przetestowanie funkcjonalności interfejsów SPI oraz I²C, bez konieczności dołączania zewnętrznych modułów, na płytce zamontowano dwa popularne i niedrogie układy scalone. U5 to cyfrowy czujnik temperatury typu MCP9808T, wyposażony w interfejs I²C, natomiast U4 to pamięć EEPROM typu AT25128B, komunikująca się z procesorem za pośrednictwem klasycznego, czterolinio-wego łącza SPI, pracującego w trybie full duplex. Pracę przetwornika analogowo-cyfrowego można natomiast sprawdzić potencjometrem POT, połączonym z jedną z linii mikrokontrolera MG32F103RBT6 przeznaczonych do pracy w trybie analogowym.

Przypisanie funkcji do linii GPIO

Aby ułatwić Czytelnikom pisanie programów na prezentowaną w artykule płytkę ewaluacyjną, w **tabeli 2** zebrano komplet informacji niezbędnych do prawidłowego skonfigurowania linii GPIO. W przypadku interfejsów szeregowych (SPI, I²C, UART, USB) z oczywistych przyczyn nie podano domyślnych stanów logicznych – są one wszak narzucone przez odpowiednie bloki peryferyjne.

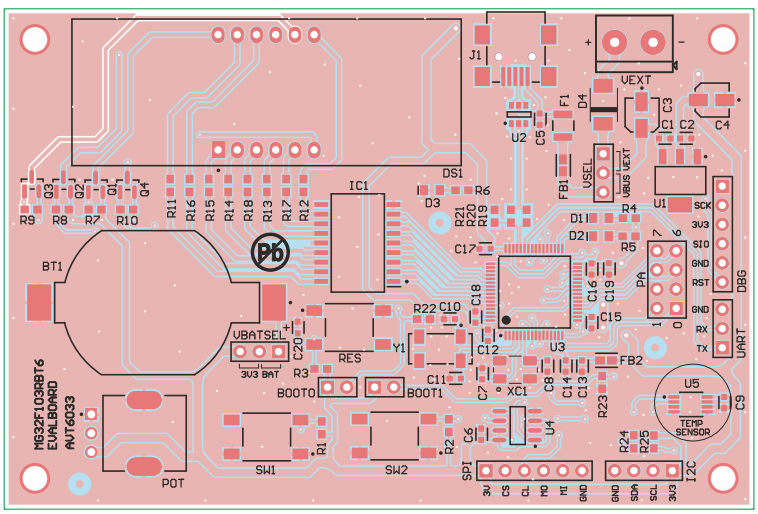
Uwagi dotyczące parametrów elektrycznych GPIO

Warto zwrócić uwagę na istotne różnice pomiędzy parametrami elektrycznymi linii portów GPIO mikrokontrolerów MG32F103 oraz ich „pierwowzoru", czyli układów z rodziny STM32F103. O ile te drugie oferują całkiem sporą liczbę wyprowadzeń tolerujących pracę przy napięciu 5 V, to układy marki Megawin takiej możliwości nie dają. Z tego też względu zdecydowano się na podłączenie źródeł kluczy tranzystorowych Q1...Q4 do wyjścia stabilizatora LDO, a nie bezpośrednio do głównego napięcia wejściowego 5 V. Choć taki zabieg może wydawać się mało atrakcyjny pod względem termicznym, to znakomicie upraszcza konstrukcję układu, redukuje bowiem konieczność stosowania dodatkowych przesuwników poziomu (bezpośrednie wysterowanie bramek tranzystorów podciągniętych do napięcia 5 V byłoby wszak niemożliwe). Z drugiej strony, przy zastosowanych komponentach teoretyczny wzrost temperatury struktury krzemowej LDO przy pełnym wysterowaniu wyświetlacza (8 segmentów jednocześnie na wszystkich czterech pozycjach) wynosi około 10°C, a zatem można go uznać za efekt pomijalny w praktycznych zastosowaniach.

Słowa komentarza wymaga także obecność drivera typu low-side (IC1). W klasycznych układach sterowania multipleksowanych wyświetlaczy LED segmenty często są sterowane bezpośrednio z linii mikrokontrolera, zaś klucze znajdują się jedynie po stronie wyprowadzeń wspólnych (w tym przypadku – anod). Istotnie, przy zastosowaniu mikrokontrolera STM32F103 byłoby to możliwe, gdyż całkowity prąd maksymalny na liniach zasilania może dochodzić nawet do 150 mA. W przypadku układu marki Megawin limit ten jest przeszło dwukrotnie niższy i wynosi 60 mA – wartość zbliża się zatem niebezpiecznie do sumarycznego prądu ośmiu włączonych jednocześnie segmentów. Stosując układy Megawin (podobnie zresztą, jak i inne zamienniki mikrokontrolerów), należy zatem przestudiować noty katalogowe oraz uwzględnić obecność ewentualnych różnic pomiędzy parametrami poszczególnych układów. Tak czy inaczej, jeżeli urządzenie zaprojektowane zostało prawidłowo (tj. z zachowaniem odpowiednich marginesów bezpieczeństwa), zamiana STM32 na MG32 powinna przebiegać bez większych problemów (rzecz jasna, mówimy tutaj wyłącznie o kwestiach sprzętowych, gdyż różnice w budowie bloków peryferyjnych oraz procedurach ich konfiguracji będziemy omawiać dokładniej na łamach naszego kursu).

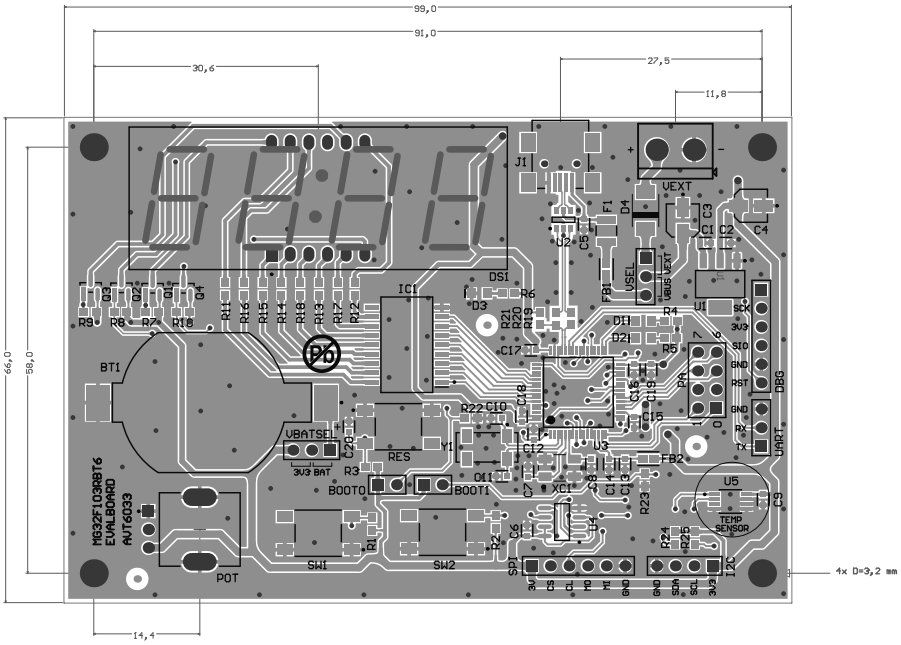
Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy płytki drukowanej zaprezentowano na **rysunku 2**, zaś **rysunek 3** pokazuje najważniejsze wymiary płytki. Z wyjątkiem wyświetlacza LED, potencjometru oraz zestawu złączy szpilkowych (goldpin) i gniazda śrubowego VEXT, wszystkie



Rysunek 2. Schemat montażowy płytki drukowanej

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 3. Najważniejsze wymiary PCB

Tabela 3. Ustawienia zworek konfigurujących zasilanie płytki

Nazwa zworki	Przeznaczenie	Pozycja	Wybór
VSEL	Wybór głównego źródła zasilania wejścia LDO	VBUS	Port USB
		VEXT	Gniazdo VEXT (4,8...5,3 V)
VBATSEL	Wybór źródła zasilania domeny backup/RTC (linia VBAT)	3V3	Wyjście LDO (główna szyna zasilania)
		BAT	Bateria CR2032 (BT1)

komponenty są montowane powierzchniowo. Prototyp płytki wyprodukowano w technologii lutowania rozpływowego, ale nic nie stoi na przeszkodzie, by całość zmontować ręcznie. Wszystkie komponenty z powodzeniem można bowiem przylutować dobrą lutownicą kolbową (najmniejsze elementy pasywne mają rozmiar 0603), wyjątkiem jest tutaj rezonator kwarcowy XC1, który należy ostrożnie zamontować za pomocą kolby hot-air.

Po zakończeniu montażu oraz dokonaniu niezbędnej inspekcji optycznej można przejść do etapu konfiguracji sprzętowej urządzenia.

Konfiguracja zworek i mostków lutowniczych

W domyślnej konfiguracji należy połączyć mostki lutownicze SB1...SB8, znajdujące się na spodzie płytki drukowanej (**rysunek 4**), poprzez zalutowanie ich nadmiarową ilością cyny. W ten sposób do mikrokontrolera dołączone zostaną układy przewidziane do testowania interfejsów I²C oraz SPI (czujnik temperatury oraz pamięć EEPROM), przy czym mostki SB7 oraz SB8 odpowiadają za podpięcie rezystorów podciągających na liniach SCL oraz SDA szyny I²C. Złącza I²C oraz SPI można zatem zastosować np. do podłączenia analizatora stanów logicznych, co niebywale ułatwi ewentualne debugowanie kodu i eksperymentowanie

REKLAMA



ZNAKOMITA JAKOŚĆ W DOBREJ CENIE!

Bezpieczniki polimerowe, zwane również termistorami ochronnymi PTC, to nowoczesne zabezpieczenia układów elektronicznych, które działają wielokrotnie i bezobsługowo, chroniąc układ przed uszkodzeniem w momencie zwarcia czy przepływu zbyt dużego prądu. Znajdują zastosowanie w przenośnych urządzeniach elektronicznych, w konstruowanych przez pasjonatów instalacjach, ale również w elektronice samochodowej czy produktach medycznych.

Produkowane są zarówno w wersji SMD, jak i przewlekanej dla szerokiego zakresu prądu znamionowego pracy (od 30mA do 15A) i napięcia pracy (od 6V do 60V). Miniaturyzacja elektroniki przyczynia się do coraz większego zainteresowania bezpiecznikami w wersji SMD, np. oferowany przez nas BpS06-100-60 używany jest w wielu układach naszych klientów.

Zachęcamy do zapoznania się z szeroką gamą oferowanych przez nas bezpieczników polimerowych.

μ's MICROS

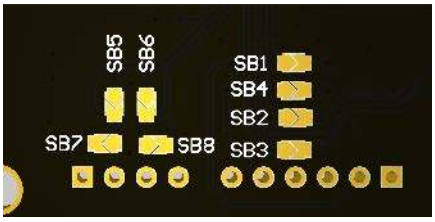
Micros sp.j. W.Kędra i J.Lic
ul. E.Godlewskiego 38,
30-198 Kraków

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

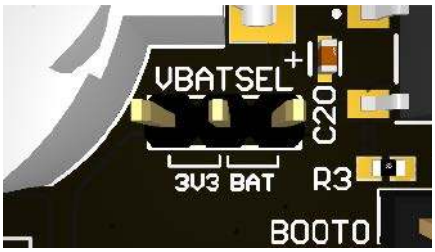
www.micros.com.pl

bezpieczniki polimerowe
na micros.com.pl

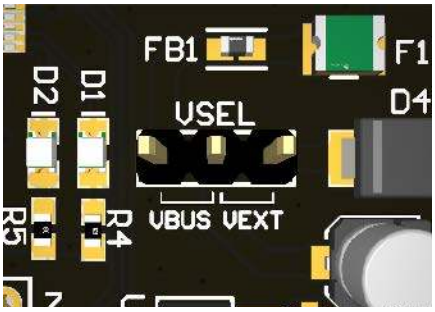
eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 4. Mostki lutownicze na spodniej warstwie płytki drukowanej



Rysunek 5. Złącze goldpin umożliwiające wybór napięcia linii VBAT



Rysunek 6. Złącze goldpin umożliwiające wybór głównego źródła napięcia zasilającego



Rysunek 7. Złącza goldpin przeznaczone do wyboru trybu bootowania

z różnymi ustawieniami rejestrów konfiguracyjnych mikrokontrolera.

Czytelnicy, którzy zdecydują się na podłączenie do mikrokontrolera zewnętrznych modułów (np. czujników czy wyświetlacza), mogą bez problemu odłączyć układy U4 i U5, uwalniając linie interfejsów na własne potrzeby poprzez usunięcie cyny z mostków SBx, najlepiej w obecności odpowiednio dużej ilości topnika. Rozłączenie mostków SB7 i SB8 będzie pomocne w przypadku współpracy z modułami wyposażonymi już w odpowiednie rezystory podciągające.

Tabela 4. Ustawienia zworek wybierających tryb bootowania mikrokontrolera: „0” brak danej zworki (stan niski), „1” zworka założona (stan wysoki), „x” bez znaczenia. Źródło: http://t.ly/NbrX7

Tryb bootowania	Zworka	
	BOOT1	BOOT0
Główna pamięć Flash	x	0
Bootloader	0	1
Pamięć SRAM	1	1

Tabela 5. Przeznaczenie poszczególnych mostków lutowniczych

Nazwa mostka	Połączenie	
SB1	CS (EEPROM)	NSS (MCU)
SB2	SCK (EEPROM)	SCLK (MCU)
SB3	SI (EEPROM)	MOSI (MCU)
SB4	SO (EEPROM)	MISO (MCU)
SB5	SCL (czujnik)	SCL (MCU)
SB6	SDA (czujnik)	SDA (MCU)
SB7	pullup SCL (R25)	SCL (MCU)
SB8	pullup SDA (R24)	SDA (MCU)



Fotografia 1. Programator MLink marki Megawin (http://t.ly/z8_9-)

Przed uruchomieniem płytki należy jeszcze odpowiednio ustawić zworki wyboru napięcia do zasilania linii VBAT (**rysunek 5**) oraz źródła głównego napięcia zasilania (zworka VSEL, **rysunek 6**). Dodatkowo, jeżeli zajdzie taka potrzeba, istnieje możliwość skorzystania ze zworek BOOT0 i BOOT1, umożliwiających wybór trybu uruchamiania mikrokontrolera. Wszystkie ustawienia opisanych powyżej mostków lutowniczych oraz zworek zebrano dla ułatwienia w **tabelach 3...5**.

Podłączenie programatora

Płytka prototypowa w wersji zaprezentowanej na fotografii tytułowej została wyposażona w 4-pinowe gniazdo programatora/debuggera. W ostatecznej wersji PCB zdecydowano się na zmianę złącza na wersję 6-pinową o układzie pinów kompatybilnym z oficjalnym programatorem marki Megawin o nazwie MLink (**fotografia 1**). Dzięki temu do podłączenia interfejsu wystarczy zestaw pięciu przewodów, zakończonych wtykami żeńskimi typu Dupont (w ofertach niektórych dystrybutorów można je spotkać pod nazwą BLS). Najlepszym rozwiązaniem będzie użycie 5-żyłowego przewodu płaskiego (taśmowego) oraz wymiana oryginalnych obudów pojedynczych styków na wersje 6-pozycyjne, co wydatnie zredukuje ryzyko nieprawidłowego podłączenia programatora do płytki ewaluacyjnej.

Podsumowanie

Podobnie jak w przypadku każdego mikroprocesorowego zestawu ewaluacyjnego, także tym razem pierwsze uruchomienie nie wiąże się ze szczególnie interesującymi efektami wizualnymi – jedyną oznaką „życia” płytki po podłączeniu zasilania do portu USB lub gniazda VEXT będzie zatem zaświecenie diody D3. Znacznie ważniejsze jest natomiast nawiązanie pierwszej komunikacji z procesorem przy użyciu programatora – tym zagadnieniem zajmiemy się w następnym numerze „Elektroniki Praktycznej”, a dokładniej w pierwszym odcinku kursu, w ramach którego omówimy proces instalacji i konfiguracji środowiska programistycznego, a także napiszemy i wgramy do pamięci procesora pierwszy program testowy.

inż. Przemysław Musz, EP

REKLAMA



eprasa.pl 11da584bde

W ofercie AVT*
AVT6034

Najważniejsze parametry:
- wyświetlacz: GME12864-xxx,
- rozdzielczość: 128×64 px,
- przekątna ekranu: 2,42",
- interfejs: SPI,
- kompatybilność z modułami głównymi zasilanymi napięciem 3,3 V i 5 V,
- wbudowana klawiatura 5-przyciskowa z wyjściem analogowym,
- wbudowany przycisk RESET i translator poziomów TXU0104,
- wbudowana przetwornica DC/DC typu step-up (Vout = 12 V).

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

AVT6028	Sterownik silników do AVTDuino UNO R4 (EP 3/2024)
AVT6023	Nakładka Ethernet PoE do AVTDuino (EP 2/2024)
AVT5850	Płytka bazowa do Arduino Nano Every (EP 3/2021)
AVT5819	Płytka bazowa do Arduino MKR (EP 11/2020)
AVT5777	Moduł interfejsu ethernet do Arduino MKR Zero (EP 6/2020)
AVT5738	Wyświetlacz 7-segmentowy do Arduino MKR Zero (EP 1/2020)
----	Sterownik silników prądu stałego do Arduino MKR (EP 3/2019)
AVT5636	Płytka edukacyjna do Arduino (EP 5/2018)
AVT1795	AVTduino Battery Shield (EP 3/2014)

* **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**.

Nakładka z wyświetlaczem OLED do AVTDuino UNO R4

Przedstawiona konstrukcja kontynuuje cykl „odświeżający" nakładki Arduino, umożliwiające wykorzystanie potencjału płytki UNO R4. Opisany moduł wyświetlacza OLED może zastąpić wyświetlacze 7-segmentowe, a także tekstowe i graficzne LCD, ponieważ oferuje kontrastowy i czytelny ekran dla aplikacji niewymagających koloru. Moduł uzupełnia pięcioprzyciskowa klawiatura analogowa, ułatwiająca kompleksową realizację interfejsów użytkownika.



Nakładka korzysta z wyświetlacza typu GME12864-xxx o przekątnej ekranu 2,42" i rozdzielczości 128×64 px. W zależności od modelu dostępne są cztery kolory świecenia matrycy OLED: biały, niebieski, zielony i żółty. Wyświetlacz ma wbudowany sterownik SSD1309, co zapewnia zgodność z popularnymi bibliotekami u2g.

Schemat nakładki zaprezentowano na **rysunku 1**. Wyświetlacz GME12864 podłączony jest – za pomocą wbudowanej taśmy elastycznej – do złącza LCD, FPC o rastrze 0,5 mm i 24 wyprowadzeniach. Sterownik SSD1309 skonfigurowany jest do wymiany danych poprzez interfejs szeregowy zbliżony do SPI (z dodatkową linią sterującą wyświetlaniem DC). W celu zapewnienia zgodności z wersjami Arduino zasilanymi napięciem 3,3 V i 5 V zastosowano translator poziomów U2 typu TXU0104 (dopasowujący poziomy napięciowe sygnałów SCK, SDI, CS, DC do standardu 3,3 V wymaganego przez ekran). Sygnał restartu RES

Wykaz elementów:

Rezystory: (SMD 0603, 1%)
R1, R2, R3: 4,7 kΩ
R4: 910 kΩ
R5: 620 kΩ
R6,R7: 10 kΩ
R8: 100 kΩ
R9: 100 Ω
R10: 2 kΩ
R11: 330 Ω
R12: 620 Ω
R13: 1 kΩ
R14: 3,3 kΩ

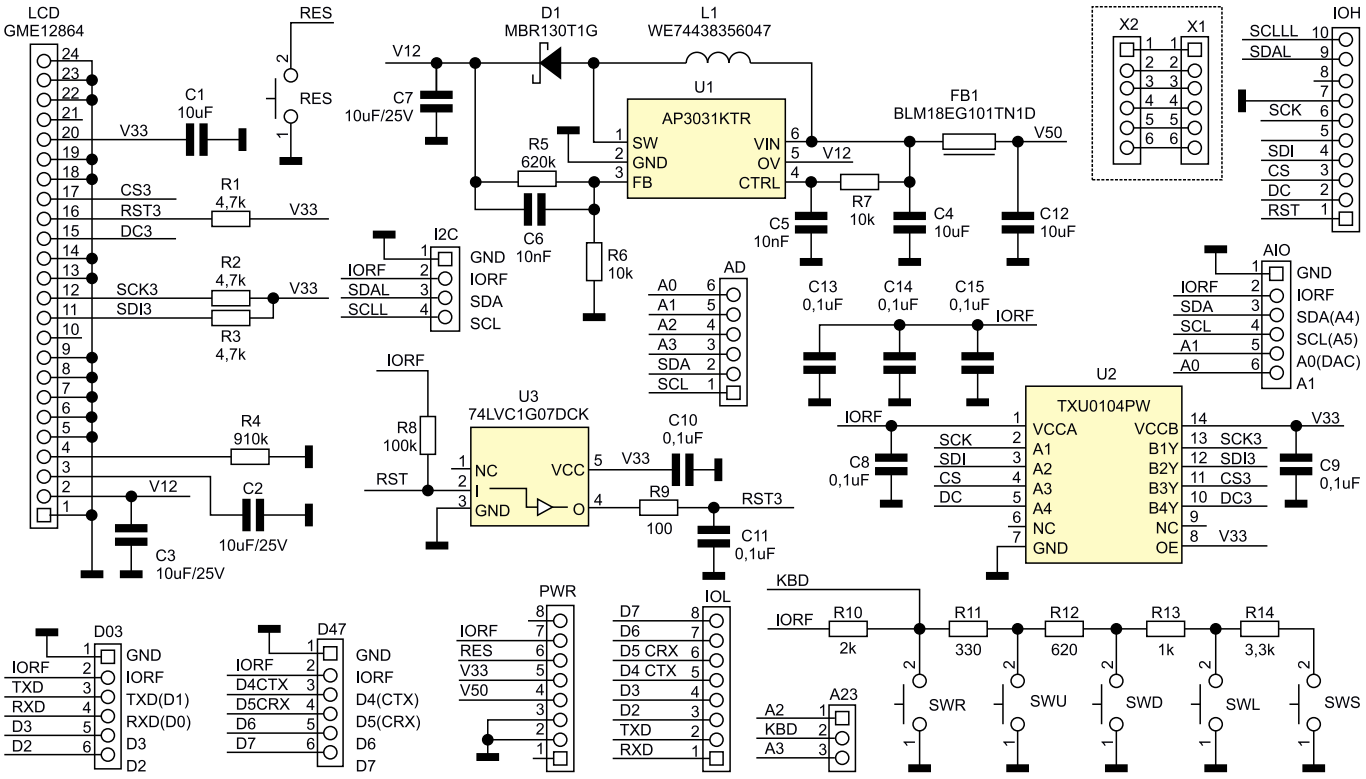
Kondensatory:
C1, C4, C12: 10 µF (SMD 0603, X7R, 10 V)
C2, C3, C7: 10 µF/25 V (SMD 0805, X7R, 25 V)
C5, C6: 10 nF (SMD 0603, X7R, 50 V)
C8...C11, C13...C15: 0,1 µF (SMD 0603, X7R, 50 V)

Elementy indukcyjne:
FB1: dławik ferrytowy BLM18EG101TN1D (SMD 0603)
L1: dławik mocy WE74438356047 (SMD)

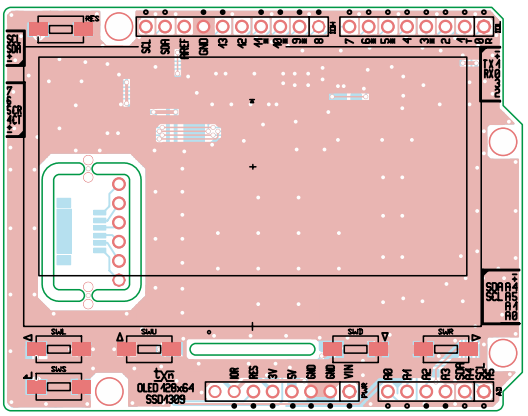
Półprzewodniki:
U1: AP3031KTR (SOT-23-6)
U2: TXU0104PW (TSSOP14-065)
U3: 74LVC1G07DCK (SC70-5)
D1: dioda Schottky MBR130T1G (SOD123)

Pozostałe:
AD: złącze szpilkowe 2,54 mm (13...15 mm)
AIO, D03, D47: złącze SM 6-pin. 1 mm, kątowe SMD
I²C: złącze SM 4-pin. 1 mm, kątowe SMD
IOH: złącze szpilkowe 2,54 mm (13...15 mm)
IOL, PWR: złącze szpilkowe 2,54 mm (13...15 mm)
LCD: złącze ZIF 0,5 mm 26-pin. styki górne
SWD, SWL, SWR, SWS, SWU, RES: przycisk TACT SMD 6×3

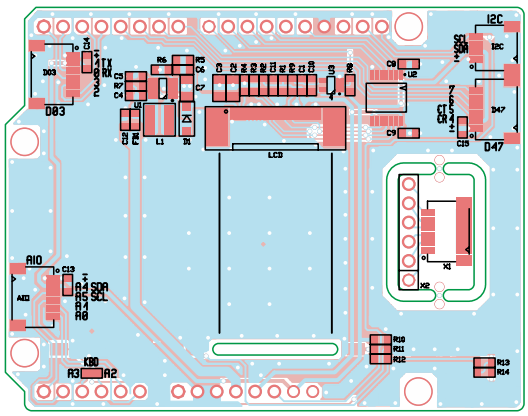
eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 1. Schemat nakładki AVTDuino UNO R4 OLED



Rysunek 2a. Schemat montażowy nakładki AVTDuino UNO R4 OLED (warstwa TOP)



Rysunek 2b. Schemat montażowy nakładki AVTDuino UNO R4 OLED (warstwa BOTTOM)

wyświetlacza buforowany jest bramką U3. Wyświetlacz OLED wymaga dostarczenia napięcia ok. 12 VDC do zasilania matrycy. Napięcie to wytwarzane jest przez przetwornicę U1 typu AP3031KTR, a jego dokładną wartość ustala dzielnik R5, R6. Rezystor R4 odpowiada za maksymalną jasność wyświetlacza. Pozostałe kondensatory odsprzęgają wewnętrzne zasilania ekranu. Przycisk RES umożliwia restart modułu i płytki bazowej.

Moduł uzupełnia klawiatura analogowa. W zależności od naciśniętego przycisku SWR, SWU, SWD, SWL, SWS, zmienia się proporcja podziału napięcia IORF przez dzielnik R10, R11...R14. Sygnał KBD zmienia swoją wartość, którą można zmierzyć na wejściu analogowym A2 lub A3 (wybieranym zworą A23 na PCB podczas montażu modułu). Jeżeli nie zalutujemy zwory A23, klawiatura pozostanie odłączona od Arduino.

Z myślą o ułatwieniu aplikacji modułu, na złącza I²C, D03, D47, AIO wyprowadzone zostały niewykorzystane przez wyświetlacz sygnały. Ze względu na niezbyt dużą ilość miejsca na krawędziach płytki zastosowano złącza JST-SH o rozstawie pinów 1 mm, do których dostępne są adaptery i fabryczne przewody z zaciśniętymi wtyczkami (np. QWIIC, Pololu). Dodatkowo na płytce OLED pozostawiono miejsce na wyłamywany adapter JST/SIL 2.54, ułatwiający wyprowadzenie sygnału do płytki stykowej lub prototypowej.

Układ zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej zgodnej z Arduino Shield Rev3. Rozmieszczenie elementów zaprezentowano na **rysunkach 2a**, **2b.** Sposób montażu nie wymaga opisu, w zależności od potrzeb należy przed montażem wyświetlacza wyłamać adapter JST oraz ustalić położenie zwory A23 kroplą cyny. Wyświetlacz mocowany jest do płytki za pomocą dwustronnie klejącej taśmy piankowej, taśma sygnałowa przeprowadzona jest natomiast przez wyfrezowany w PCB otwór i zatrzaśnięta w złączu LCD. Moduł nie wymaga uruchamiania, warto jednak sprawdzić poprawność wartości napięcia +12 V zasilającego matrycę OLED.

Moduł zgodny jest z biblioteką https://github.com/olikraus/u8g2/ skonfigurowaną do programowej obsługi interfejsu szeregowego SPI kontrolera SSD1309:

```
U8X8_SSD1309_128X64_
NONAME0_4W_SW_SPI
u8x8(/* clock=*/13, /* data=*/11,
/* cs=*/10, /* dc=*/9, /*
reset=*/8);
```

Szkice testowe zamieszczono w materiałach dodatkowych. Jeżeli wszystko działa poprawnie, modułu można użyć we własnej aplikacji.

Adam Tatuś

eprasa.pl 11da584bde

W ofercie AVT*
AVT6035

Najważniejsze parametry:
- napięcie zasilania: 4...5 V,
- prąd obciążenia (średni/maksymalny): 30 mA/110 mA (emisja dźwięku),
- dopuszczalny prąd styków przekaźnika: 10 A @ 30 VDC, 0,3 A @ 125 VAC.

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

AVT6009	multiLock (EP 11/2023)
----	Simple Access System 2, część 2 (EP 6/2022)
----	Simple Access System 2, część 1 (EP 5/2022)
----	NFC Lock (EP 4/2022)
AVT5186	Bezstykowy zamek RFID (-)
AVT969	Bezstykowy zamek RFID (-)
AVT3129	Zamek elektroniczny/immobilizer (-)
AVT886	System bezstykowej kontroli dostępu (EP 10/2000)

* **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.

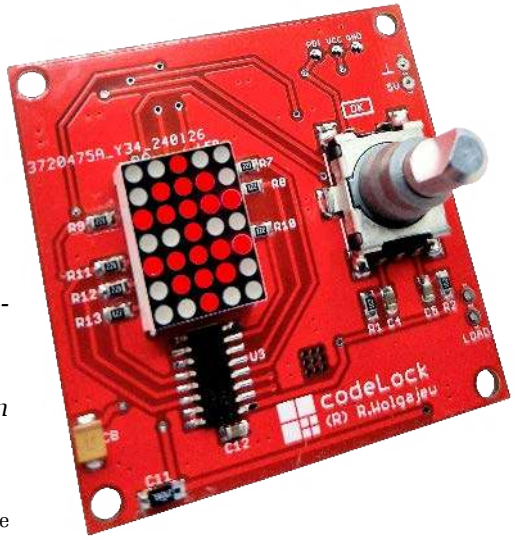
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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**.

codeLock – efektowny zamek kodowy

Zamki kodowe, podobnie jak termometry, termostaty czy miniaturowe radyjka, to elementarz każdego elektronika amatora. Któż z nas nie ma w swoim portfolio tego typu urządzeń, które – mimo oczywistej prostoty – dają dużo radości z własnoręcznego konstruowania nowych rozwiązań. Również i ja na liście skonstruowanych oraz zaprojektowanych przez siebie urządzeń mam kilka takich systemów, cechujących się różnym stopniem skomplikowania. Niemniej jednak postanowiłem, iż tym razem zaprojektuję urządzenie, które pogodzi pozornie sprzeczne założenia. Z jednej strony chciałem, by odznaczało się ono dużą prostotą implementacji oraz nieskomplikowaną obsługą, a z drugiej strony – efektownym i nowoczesnym interfejsem użytkownika.



Postanowiłem zbudować prosty zamek kodowy, do którego kod użytkownika wprowadzać będziemy za pomocą elektronicznego pokrętła wydającego dźwięk „tykania", charakterystyczny dla pokręteł kodowych wielkich sejfów bankowych, znanych chociażby z filmowych produkcji. Ponadto założyłem, że wyświetlane przez zamek kodowy cyfry przesuwać się będą w rytm obracania wspomnianego pokrętła, tak jakbyśmy używali cylindrycznego bębna z nadrukowanymi nań znakami (coś w rodzaju starych liczników w magnetofonach z lat 80.). Jak łatwo się domyślić, w roli wspomnianego wcześniej pokrętła zastosowałem prosty enkoder inkrementalny, zaś funkcję wyświetlacza, za pomocą którego udało się osiągnąć efekt animacji zmiany cyfr, pełni prosta matryca diod LED o organizacji 5×7 punktów. I właśnie na bazie powyższych założeń powstał projekt urządzenia codeLock, którego schemat pokazano na **rysunku 1.**

Jak widać, zaprojektowany system mikroprocesorowy jest bardzo prosty, a jego serce stanowi niewielki, ale bardzo nowoczesny mikrokontroler ATtiny1604 firmy Microchip (dawniej Atmel), taktowany wewnętrznym oscylatorem RC o częstotliwości 10 MHz i realizujący całą założoną funkcjonalność urządzenia. Mikrokontroler nasz steruje pracą szeregowego rejestru przesuwnego 74HC4094 (wyprowadzenia PA3/SCK→Clock, PA0/MOSI→Data), dzięki któremu realizuje obsługę matrycowego wyświetlacza LED w konfiguracji wspólnej anody (wyprowadzenia PA7...PA4, PA2 mikrokontrolera), obsługuje enkoder inkrementalny z wbudowanym przyciskiem (dzięki zastosowaniu przerwania od zmiany stanu pinów portu PORTB mikrokontrolera – w naszym przypadku pinu PB1), steruje pracą przekaźnika LOAD (poprzez prosty klucz tranzystorowy NPN) oraz odpowiedzialny jest za generowanie dźwięku poprzez wbudowany głośniczek SMD, co realizuje za pomocą wbudowanych w swoją strukturę układów czasowo-licznikowych: TCA0 (pracującego w trybie PWM) oraz TCB0 (pracującego w trybie Periodic Interrupt). Wybór mikrokontrolera ATtiny1604 oraz podłączonego do jego wyprowadzeń rejestru szeregowego 74HC4094 mógłby się wydawać dość wątpliwy, jeśli wziąć pod uwagę, że bez

Wykaz elementów:

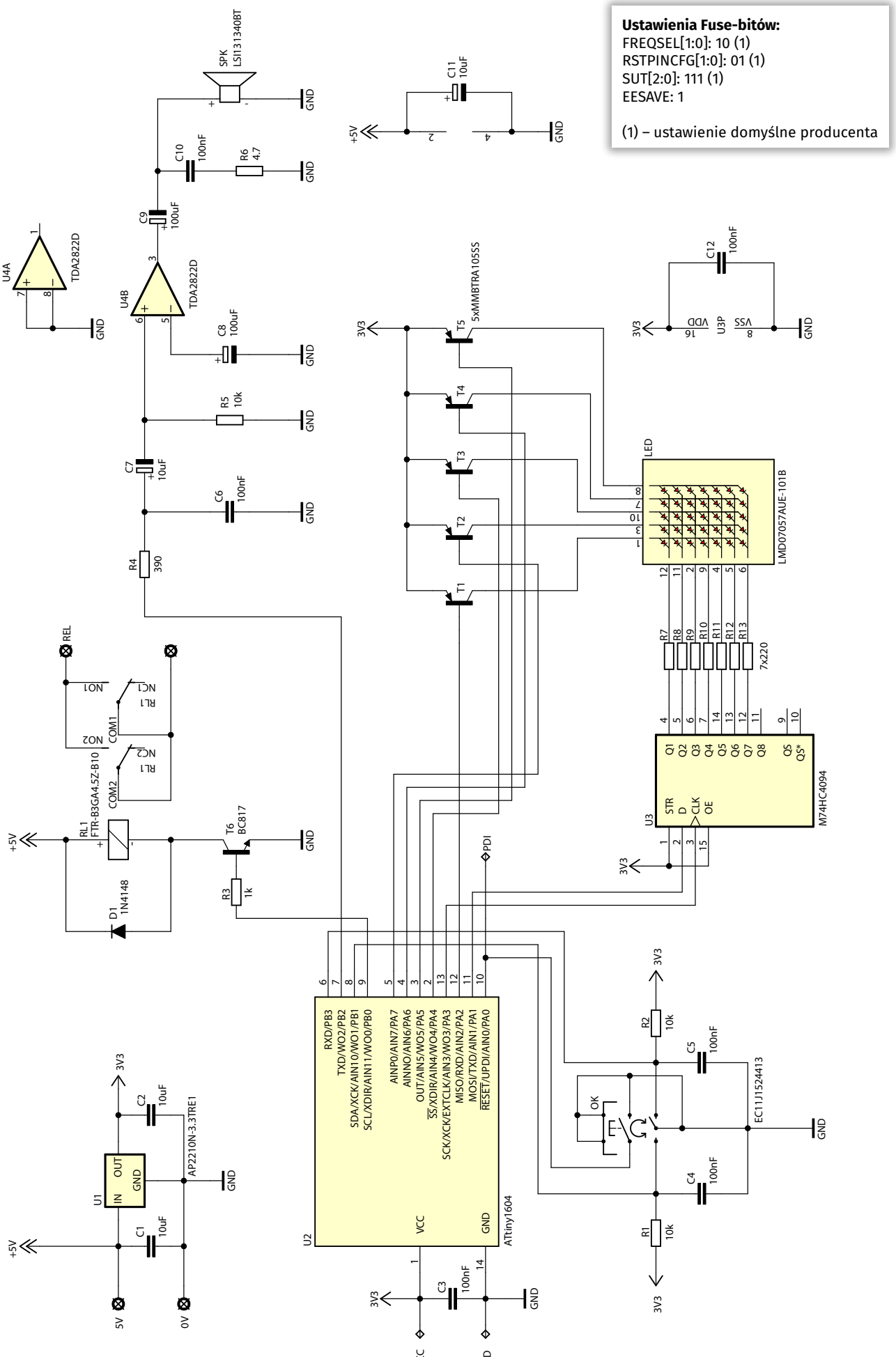
Rezystory: (SMD 0805)
R1, R2, R5: 10 kΩ
R3: 1 kΩ
R4: 390 Ω
R6: 4,7 Ω
R7...R13: 220 Ω

Kondensatory:
C1, C2: ceramiczny X7R 10 µF (SMD 0805)
C3...C6, C10, C12: ceramiczny X7R 100 nF (SMD 0805)
C7, C11: tantalowy 10 µF/6,3 V (A/3216-18W)
C8, C9: tantalowy 100 µF/6,3 V (B/3528-21W)

Półprzewodniki:
U1: AP2210N-3.3TRE1 (SOT-23)
U2: ATtiny1604 (SO-14)
U3: M74HC4094 (SO16)
U4: TDA2822D (SO-8)
LED: wyświetlacz matrycowy 5×7 LED typu LMD07057AUE-101B lub w wybranym kolorze
T1...T5: MMBTRA105SS (SOT-23)
T6: BC817 (SOT-23)
D1: 1N4148 (miniMELF)

Inne:
OK: enkoder SMD z przyciskiem typu EC11J1524413
RL1: przekaźnik SMD typu FTR-B3GA4.5Z-B10
SPK: głośniczek SMD typu LSI131340BT-08-105

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 1. Schemat ideowy urządzenia codeLock

eprasa.pl 11da584bde

problemu dałoby się tu wybrać mikrokontroler o odpowiedniej liczbie portów wyjściowych, zamiast stosować procesor i rejestr przesuwny. To tylko pozory! Po pierwsze, nie chciałem stosować mikrokontrolera o większej liczbie (niepotrzebnych) wyprowadzeń, a co za tym idzie – o niewygodnej do lutowania dla amatora obudowie (TQFP32). Jeszcze istotniejszy jest jednak fakt, że zastosowanie rejestru przesuwnego 74HC4094 zdecydowanie upraszczało projekt obwodu drukowanego (tak, tak!); nie wspominając już o cenie układu tego rodzaju, wynoszącej około 1 zł. Co warto również zaznaczyć, do sterowania rejestru przesuwnego używany jest wbudowany w strukturę mikrokontrolera interfejs SPI, przez co jego obsługa stała się niezmiernie prosta i szybka (zegar SPI_{SCK}=5 MHz).

Wspomniane wcześniej wspólne anody wyświetlacza LED sterowane są poprzez proste klucze tranzystorowe T1…T5 (ze zintegrowanymi w ich strukturze rezystorami: bazowym i podciągającym), z uwagi na dość duże prądy o wartościach rzędu 35 mA (7×5 mA). Z kolei wspólne katody naszych elementów LED obsługiwane są przez wyprowadzenia rejestru przesuwnego i, jak już można się domyślić, do ich obsługi (i obsługi wspólnych anod) zastosowany został doskonale znany mechanizm multipleksowania. Jest to standardowe rozwiązanie problemu tego typu, a polega na sekwencyjnym sterowaniu kolejnych kolumn wyświetlacza LED, w którym przeprowadzane są kolejne i następujące po sobie poniższe operacje:

- wyłączamy wszystkie wspólne anody (a tym samym wszystkie elementy LED),
- na port wspólnych katod wystawiamy (poprzez rejestr przesuwny) „wzór” do wyświetlenia (aktywny stan „0”),
- załączamy wybraną wspólną anodę (aktywny stan „0”), wyświetlając tym samym wcześniejszy „wzór” na wybranej kolumnie diod LED,
- powtarzamy powyższy proces dla kolejnych wspólnych anod.

Opisany proces, wykonywany dostatecznie szybko (w naszym wypadku 60 razy na sekundę dla każdej wspólnej anody), pozwala na obsłużenie 35 elementów LED (diod reprezentujących wyświetlaną treść), przy udziale wyłącznie 7 wyprowadzeń mikrokontrolera. Prawda, że proste? A jakie efektywne! Już teraz uprzedzę Czytelników, że użyty w tym celu zostanie układ czasowo-licznikowy RTC wbudowany w strukturę mikrokontrolera, który pracował będzie w trybie Periodic Interrupt i wywoływał stosowne przerwanie systemowe (od przepełnienia) 300 razy na sekundę (czyli 60 razy dla każdej wspólnej anody), obsługując właściwy mechanizm multipleksowania. Ale wróćmy do schematu ideowego naszego urządzenia, gdyż kilka niezbędnych słów komentarza wymaga blok generujący dźwięk. Jak działa ten mechanizm? Jak już wspomniałem wcześniej, do generowania dźwięku zaprzęgnięto dwa układy czasowo licznikowe: TCA0 pracujący w trybie PWM oraz TCB0 pracujący w trybie Periodic Interrupt. Timer TCA0 generuje na wyprowadzeniu PB2 (WO2) mikrokontrolera 8-bitowy przebieg PWM, którego wypełnienie zależne jest od wartości jego rejestru porównania CMP2.

Przebieg ten przechodzi następnie przez prosty filtr dolnoprzepustowy R4/C6 o częstotliwości odcięcia około 4 kHz, na którego wyjściu otrzymujemy sygnał DC proporcjonalny do wypełnienia zasilającego filtr przebiegu PWM. W ten prosty sposób realizujemy książkowy przykład najprostszego przetwornika DAC. Nie ma on, co prawda, zbyt wyszukanych parametrów, gdyż nie mamy możliwości większego odstrojenia się pasmem częstotliwości przebiegu PWM od pasma użytecznego sygnału (bez utraty jego rozdzielczości), ale do naszych zastosowań w zupełności wystarczy. Tak przetworzony sygnał PWM wchodzi na wejście prostej końcówki mocy, zbudowanej na bazie popularnego układu wzmacniacza audio małej mocy (pod postacią TDA2822D produkcji firmy STMicroelectronics w jego typowej aplikacji), przy czym, co łatwo zauważyć, użyty został jedynie jeden ze wzmacniaczy wbudowanych w strukturę tego stereofonicznego układu, gdyż nie zależy nam na zwiększaniu mocy sygnału audio (np. z zastosowaniem układu mostkowego wzmacniaczy). Sygnał wyjściowy układu TDA2822D trafia, po odcięciu składowej stałej (kondensator C9), na miniaturowy głośniczek SMD. Ale jak generowany jest sam dźwięk? Za ten etap odpowiada drugi układ czasowo-licznikowy, mianowicie TCB0. Układ ten, pracujący w trybie Periodic Interrupt, wywołuje stosowne przerwanie sprzętowe (8000 razy na sekundę), które ładuje z pamięci flash mikrokontrolera kolejne wartości spróbkowanego wcześniej sygnału dźwiękowego do rejestru porównania licznika TCA0 (CMP2BUF), powodując stosowne zmiany napięcia na wyjściu filtra R4/C6. Wspominane powyżej próbki dźwiękowe zostały wcześniej zdigitalizowane (a następnie zapisane w pamięci Flash) z częstotliwością próbkowania 8 kHz i rozdzielczością 8-bitów, co zapewne wyjaśni Czytelnikom konfigurację obu timerów.

Tyle kwestii funkcjonalnych – przejdźmy zatem do zagadnień implementacyjnych. Mam świadomość, że nie jest to *rocket science* ani rozwiązanie na wskroś uniwersalne, ale chciałem pokazać Czytelnikom, jak w efektywny i efektowny sposób ogarnąć tego rodzaju zagadnienie programistyczne, czyniąc sam proces programowania niezmiernie przyjemnym. Nieskromnie powiem, że w moim przekonaniu właśnie w ten przejrzysty sposób powinno się konstruować moduły obsługi danych peryferiów, gdyż jakakolwiek modyfikacja sprowadza się wtedy do kosmetycznych i prostych do wykonania zmian.

Na początek plik nagłówkowy mechanizmu multipleksowania, który pokazano na **listingu 1**, a dzięki któremu porządkujemy późniejszy kod źródłowy, czyniąc go bardzo czytelnym – i jednocześnie upraszczając proces wprowadzania potencjalnych zmian. Plik ten definiuje główne ustawienia sprzętowe oraz wprowadza niezbędne zmienne.

Jak widać, w ramach pliku nagłówkowego zadeklarowano szereg zmiennych globalnych (typu volatile – z uwagi na ich wykorzystanie zarówno w programie głównym, jak i funkcji ISR). Przechowują one treść wyświetlaną

```
//Definicje portów rejestru przesuwnego
#define SERIAL_PORT_NAME PORTA
#define SERIAL_DAT_MASK PIN1_bm
#define SERIAL_CLK_MASK PIN3_bm

//Porty rejestru przesuwnego (DAT, CLK), jako wyjściowe ze stanem 0
#define SERIAL_PORT_AS_OUTPUT SERIAL_PORT_NAME.DIRSET = SERIAL_DAT_MASK|SERIAL_CLK_MASK

//Definicje portu wspólnych anod – tranzystory sterujące
#define ANODE_PORT_NAME PORTA

//Definicje konfiguracji poszczególnych wspólnych anod
#define ANODE1_MASK PIN2_bm
#define ANODE2_MASK PIN7_bm
#define ANODE3_MASK PIN4_bm
#define ANODE4_MASK PIN6_bm
#define ANODE5_MASK PIN5_bm

//Port wspólnych anod, jako port wyjściowy
#define ANODE_AS_OUTPUT ANODE_PORT_NAME.DIRSET = ANODE1_MASK|ANODE2_MASK|ANODE3_MASK|ANODE4_MASK|ANODE5_MASK
//Wszystkie wspólne anody wyłączone ("1", gdyż sterujemy bazami tranzystorów PNP)
#define ANODE_BLANK ANODE_PORT_NAME.OUTSET = ANODE1_MASK|ANODE2_MASK|ANODE3_MASK|ANODE4_MASK|ANODE5_MASK


//Deklaracje zmiennych globalnych
extern volatile uint8_t Column[5];              //Zmienna przechowująca treść wyświetlaną na wyświetlaczu LED
extern volatile uint8_t readyForUpdate;         //Zezwolenie na atomową zmianę zmiennych


void initMultiplex(void);
void showDigit(uint8_t Digit, uint8_t Offset);
```

Listing 1. Plik nagłówkowy mechanizmu multipleksowania

eprasa.pl 11da584bde

```
//Definicje wzorców cyfr
const uint8_t Font5x8[] =
{
    ~0x3E, ~0x51, ~0x49, ~0x45, ~0x3E,          // 0
    ~0x00, ~0x42, ~0x7F, ~0x40, ~0x00,          // 1
    ~0x42, ~0x61, ~0x51, ~0x49, ~0x46,          // 2
    ~0x21, ~0x41, ~0x45, ~0x4B, ~0x31,          // 3
    ~0x18, ~0x14, ~0x12, ~0x7F, ~0x10,          // 4
    ~0x27, ~0x45, ~0x45, ~0x45, ~0x39,          // 5
    ~0x3C, ~0x4A, ~0x49, ~0x49, ~0x30,          // 6
    ~0x01, ~0x71, ~0x09, ~0x05, ~0x03,          // 7
    ~0x36, ~0x49, ~0x49, ~0x49, ~0x36,          // 8
    ~0x06, ~0x49, ~0x49, ~0x29, ~0x1E,          // 9
    ~0x3E, ~0x51, ~0x49, ~0x45, ~0x3E,          // 0 – ponownie, dla mechanizmu animacji
    ~0x14, ~0x36, ~0x7F, ~0x36, ~0x14,          // Strzałka
    ~0x08, ~0x08, ~0x3E, ~0x08, ~0x08,          // Plus
    ~0x08, ~0x08, ~0x08, ~0x08, ~0x08           // Minus
};
//Definicje dla portu sterującego wspólnymi anodami wyświetlaczy LED (aktywny stan "0", gdyż sterujemy bazami tranzystorów PNP)
const uint8_t colPattern[] =
{
    ANODE1_MASK,                                // Wspólna anoda kolumny 1 (pierwsza z lewej)
    ANODE2_MASK,                                // Wspólna anoda kolumny 2
    ANODE3_MASK,                                // Wspólna anoda kolumny 3
    ANODE4_MASK,                                // Wspólna anoda kolumny 4
    ANODE5_MASK,                                // Wspólna anoda kolumny 5 (pierwsza z prawej)
};
```

Listing 2. Definicje niezbędnych stałych mechanizmu multipleksowania

```
void initMultiplex(void)
{
    //Inicjalizacja interfejsu SPI sterującego rejestrem przesuwnym
    initSerial();

    //Porty wspólnych anod i interfejsu szeregowego, jako wyjściowe ze stanami nieaktywnymi na wyjściach
    SERIAL_PORT_AS_OUTPUT;
    ANODE_BLANK;
    ANODE_AS_OUTPUT;

    //Konfiguracja zegara RTC w celu generowania przerwania do obsługi multipleksowania wyświetlacza LED (300 Hz)
    while(RTC.STATUS & (RTC_CTRLABUSY_bm|RTC_CNTBUSY_bm|RTC_PERBUSY_bm|RTC_CMPBUSY_bm));
                                                //Czekamy na zakończenie synchronizacji RTC (4 flagi)
    RTC.PER = 108;                              //300 Hz @ fRTC = 32768 Hz (ISR OVF co 3.33 ms)
    RTC.CTRLA = RTC_PRESCALER_DIV1_gc|RTC_RTCEN_bm;  //Preskaler = 1, uruchomienie zegara RTC @ fRTC = 32768 Hz
    RTC.INTCTRL = RTC_OVF_bm;                   //Uruchomienie przerwania od przepełnienia zegara RTC
}
```

Listing 3. Funkcja konfigurująca mechanizm multipleksowania

na wyświetlaczu LED, a także upraszczają proces jej aktualizacji. Niemniej jednak już na tym etapie musimy zdefiniować kilka stałych opisujących wzorce znaków oraz upraszczające dostęp do portów sterujących, gdyż zależy nam na tym, by nasza procedura obsługi przerwania – multipleksująca wyświetlacz – była jak najkrótsza. Definicje, o których mowa, pokazano na **listingu 2**.

Jak widać, wszystkie spośród definicji omówionych powyżej zostały umieszczone w pamięci RAM mikrokontrolera. Jest to pewnego rodzaju „marnotrawstwo”, gdyż stałe te z powodzeniem można (a może nawet wypada?) umieścić w pamięci Flash mikrokontrolera, aby nie marnować cennej pamięci RAM, zwłaszcza że wartości tych stałych nasz kompilator i tak musi umieścić, a następnie odczytać z tejże pamięci Flash na starcie programu obsługi aplikacji (bo niby skąd miałby wziąć te wartości, by podstawić pod odpowiednie tablice?). Dokładnie tak postępowałem dotychczas, pisząc oprogramowanie embedded, jednak dostęp do pamięci Flash jest nieco wolniejszy niż odczyt stałych z pamięci RAM (dokładnie 5 taktów zegara zamiast 2). W związku z tym zdecydowałem się na powyższe rozwiązanie, zwłaszcza że wykorzystanie pamięci RAM w naszej aplikacji utrzymuje się na poziomie 20%. Niby niewielki przyrost szybkości, ale jednak mierzalny. Skądinąd jest to zgodne z podejściem twórców Androida, scharakteryzowane w zdaniu: „dlaczego nieużywana pamięć RAM ma leżeć odłogiem”? Abstrahując już od celowości i sensowności takiego postępowania, brnijmy dalej. Pora na przedstawienie funkcji konfigurującej zarówno mechanizm multipleksowania, jak i niezbędne ustawienia sprzętowe, której ciało pokazano na **listingu 3**.

Dalej, na **listingu 4** przedstawiono z kolei funkcję obsługi przerwania od przepełnienia licznika RTC, odpowiedzialną za realizację mechanizmu multipleksowania wyświetlacza LED.

I na sam koniec, na **listingach 5** i **6** przedstawiono dwie proste funkcje narzędziowe odpowiedzialne za konfigurację interfejsu SPI mikrokontrolera oraz za przesłanie bajtu danych do rejestru przesuwnego.

Prawda, że proste? Niemniej jednak warto choćby na chwilę zastanowić się nad znaczeniem nieopisanej wcześniej zmiennej readyForUpdate. Jest to zmienna, która funkcji

```
//Przerwanie obsługi wyświetlacza LED wywoływane co 3.33 ms
//(60 razy na sekundę dla każdej kolumny LED)

ISR(RTC_CNT_vect)
{
    static uint8_t Nr;  //Numer kolejnej kolumny przeznaczonej do wyświetlenia

    //Skasowanie flagi OVF, gdyż nie jest kasowana sprzętowo
    RTC.INTFLAGS = RTC_OVF_bm;
    //Wyłączenie wszystkich wspólnych anod wyświetlacza LED
    ANODE_BLANK;
    //Wystawienie wzoru na port katod wyświetlacza LED (rejestr przesuwny)
    serialTransfer(Column[Nr]);
    //Włączenie odpowiedniej wspólnej anody wyświetlacza LED (aktywny stan "0")
    ANODE_PORT_NAME.OUTCLR = colPattern[Nr];
    //Wybranie kolejnej wspólnej anody wyświetlacza LED
    if(++Nr > 4) Nr = 0;
    //Zezwolenie na atomową zmianę zmienej Column[] w funkcji Main
    if(Nr == 0) readyForUpdate = 1; else readyForUpdate = 0;
}
```

Listing 4. Funkcja obsługi przerwania realizująca mechanizm multipleksowania

```
void initSerial(void)
{
    //MSB, jako pierwsze, tryb Master, zegar = 5 MHz @ fCLK = 10 MHz, włączenie SPI
    SPI0.CTRLA = SPI_MASTER_bm|SPI_CLK2X_bm|SPI_PRESC_DIV4_gc|SPI_ENABLE_bm;
    //Wyłączenie funkcjonalności pinu SS dla trybu Host
    SPI0.CTRLB = SPI_SSD_bm;
}
```

Listing 5. Funkcja odpowiedzialna za konfigurację interfejsu SPI mikrokontrolera

eprasa.pl 11da584bde

głównej aplikacji użytkownika wskazuje moment atomowej aktualizacji zmiennych volatile procedury obsługi przerwania mechanizmu multipleksowania. Potrzeba wprowadzenia takiej zmiennej wynikała z konieczności synchronizacji chwili aktualizacji zmiennych, dokonywanej w aplikacji głównej, z pracą funkcji multipleksującej wyświetlacz LED – tak by nie występowało zjawisko „mieszania" zawartości zmiennych z kolejnych przebiegów funkcji multipleksującej. Aktualizacja, o której mowa powyżej, następuje po pełnym cyklu multipleksu dla całego wyświetlacza LED. I tutaj brakuje nam jeszcze jednej funkcji, mianowicie wyświetlającej stosowny wzorzec znaku na elemencie LED, której ciało pokazano na **listingu 7**.

Jak widać, funkcja przyjmuje argument przesunięcia w pionie wzorca znaku o liczbę zdefiniowanych pikseli obrazu (w zakresie 0…8), co zostanie użyte w mechanizmie animacji zmian wyświetlanych cyfr, o czym pisałem na wstępie. Tyle, jeśli chodzi o funkcje obsługi wyświetlacza LED. Przejdźmy teraz do grupy funkcji odpowiedzialnych za generowanie dźwięku. Zacznijmy jak zwykle od pliku nagłówkowego, pokazanego na **listingu 8**, dzięki któremu porządkujemy późniejszy kod źródłowy (czyniąc go bardzo czytelnym, a jednocześnie upraszczając proces wprowadzania zmian). Plik ten zarówno definiuje główne ustawienia sprzętowe, jak i wprowadza niezbędne zmienne.

Dalej, na **listingu 9** zaprezentowano funkcję konfigurującą timer TCA0 jako generator przebiegu PWM, zaś na **listingu 10** – funkcję konfigurującą timer TCB0, będący podstawą czasu mechanizmu generowania dźwięku.

Następnie, na **listingu 11**, uwidoczniono ciało funkcji obsługi przerwania timera TCB0 pracującego w trybie Periodic Interrupt, odpowiedzialną za wysyłanie próbek dźwięku na port mikrokontrolera obsługujący głośnik SMD.

Jak widać, funkcja pobiera kolejne próbki sygnału z tablicy (Tada[], Tick[] lub Error[]) zapisanej w pamięci Flash mikrokontrolera (z uwagi na jej rozmiar). Z myślą o bardziej dociekliwych Czytelnikach dodam, że 3 zdigitalizowane i bardzo krótkie próbki dźwięku zajmują prawie 10 kB wspomnianej pamięci Flash – i to mimo faktu, że są 8-bitowe oraz, oględnie mówiąc, nie grzeszą jakością. Na szczęście w naszym zastosowaniu niedogodność ta pozostaje właściwie bez większego znaczenia. I na koniec, na **listingu 12** przedstawiono funkcję inicjującą proces odtwarzania dźwięku.

Tyle w kwestiach implementacyjnych. Przejdźmy zatem do schematu montażowego naszego urządzenia, pokazanego na **rysunku 2**.

Jak widać, zaprojektowano bardzo zgrabną, dwustronną, niewielką płytkę drukowaną ze zdecydowaną przewagą elementów SMD umieszczonych po obu stronach laminatu. Montaż urządzenia rozpoczynamy od warstwy TOP, na której w pierwszej kolejności przylutowujemy wszystkie półprzewodniki, w tym wyświetlacz LED. Proces ten najłatwiej wykonać przy użyciu stacji lutowniczej na gorące powietrze (tzw. Hot-Air) i odpowiednich stopów lutowniczych. Jeśli jednak nie dysponujemy tego rodzaju sprzętem, można również

```
uint8_t serialTransfer(uint8_t Byte)
{
    //Inicjujemy transmisję bajtu do rejestru przesuwnego (począwszy od bitu MSB)
    SPI0.DATA = Byte;
    //Czekamy na jego przesłanie
    while(!(SPI0.INTFLAGS & SPI_IF_bm));
    //Zwracamy przesłany przez układ Slave bajt
    return SPI0.DATA;
}
```

Listing 6. Funkcja odpowiedzialna za przesłanie bajtu danych do rejestru przesuwnego

```
void showDigit(uint8_t Digit, uint8_t Offset)
{
    uint8_t Index, prevByte, nextByte;

    //Ustalamy index początku wzorca cyfry, którą to zamierzamy wyświetlić
    Index = Digit*5;

    //Czekamy na zezwolenie na aktualizację zawartości wyświetlacza LED
    while(readyForUpdate == 0);

    //Aktualizujemy zawartość wyświetlacza uwzględniając przesunięcie wzorca cyfry
    for(uint8_t i=0; i<5; ++i)
    {
        prevByte = Font5x8[Index] >> Offset;
        nextByte = Font5x8[Index+5] << (8-Offset);

        Column[i] = prevByte|nextByte;
        Index++;
    }

    //Kasujemy zezwolenie na aktualizację zawartości wyświetlacza LED
    readyForUpdate = 0;
}
```

Listing 7. Funkcja odpowiedzialna za wyświetlenie wzorca znaku na wyświetlaczu LED

```
//Definicje portu PWM
#define PWM_PORT_NAME PORTB
#define PWM_PORT_MASK PIN2_bm                                   //PB2 -> WO2

//Definicje dla mechanizmu odtwarzania próbek dźwięku PWM
#define START_PLAYING TCB0.CTRLA |= TCB_ENABLE_bm               //Uruchomienie timera TCB0
#define STOP_PLAYING TCB0.CTRLA &= ~TCB_ENABLE_bm               //Zatrzymanie timera TCB0

//Definicje typów odtwarzanych dźwięków
#define SOUND_TADA 0
#define SOUND_TICK 1
#define SOUND_ERROR 2

//Prototypy funkcji
void initPWM(void);
void initSound(void);
void playSound(uint8_t Type);
```

Listing 8. Plik nagłówkowy mechanizmu generowania dźwięku

```
//Konfiguracja timera TCA0 generującego przebieg PWM na wyprowadzeniu PB2 (WO2) mikrokontrolera

void initPWM(void)
{
    //Port PWM-a, jako wyjściowy
    PWM_PORT_NAME.DIRSET = PWM_PORT_MASK;  //PB2 -> WO2
    //Rozdzielczość PWM = 8 bitów, częstotliwość PWM = 39 kHz @ fCLK = 10 MHz (fCLK/Preskaler*(PER+1))
    TCA0.SINGLE.PER = 255;
    //Tryb Single-slope PWM, włączenie porównania na kanale 2 (WO2)
    TCA0.SINGLE.CTRLB = TCA_SINGLE_WGMODE_SINGLESLOPE_gc|TCA_SINGLE_CMP2EN_bm;
    //Włączenie timera TCA0, Preskaler = 1
    TCA0.SINGLE.CTRLA = TCA_SINGLE_CLKSEL_DIV1_gc|TCA_SINGLE_ENABLE_bm;
}
```

Listing 9. Funkcja konfigurującą timer TCA0, jako generator przebiegu PWM

```
//Konfiguracja timera TCB0 odpowiedzialnego za wysyłanie próbek dźwięku na port PWM-a mikrokontrolera

void initSound(void)
{
    //Tryb Periodic Interrupt
    TCB0.CTRLB = TCB_CNTMODE_INT_gc;
    //Preskaler = 1 (tymczasem BEZ uruchamiania timera)
    TCB0.CTRLA = TCB_CLKSEL_CLKDIV1_gc;
    //Przerwanie Capture 8000 razy na sekundę @ fCLK = 10 MHz
    TCB0.CCMP = 1249;
    //Włączenie przerwania Capture (jedyne dla wszystkich trybów pracy timera)
    TCB0.INTCTRL = TCB_CAPT_bm;
}
```

Listing 10. Funkcja konfigurującą timer TCB0 będący podstawą czasu mechanizmu generowania dźwięku

eprasa.pl 11da584bde

```
//Przerwanie wywoływane 8000 razy na sekundę odpowiedzialne za wysyłanie próbek dźwięku
//na port PWM-a mikrokontrolera

ISR(TCB0_INT_vect)
{
    static uint16_t pcmNr;              //Numer próbki PCM z tablicy próbek

    //Kasujemy flagę Capture, gdyż nie jest kasowana sprzętowo
    TCB0.INTFLAGS = TCB_CAPT_bm;

    //Wysyłamy kolejną próbke PCM na wyjście PWM lub zatrzymujemy proces,
    //gdy wszystkie próbki zostały już wysłane
    switch(soundType)
    {
        case SOUND_TADA: TCA0.SINGLE.CMP2BUF = pgm_read_byte(&Tada[pcmNr]); break;
        case SOUND_TICK: TCA0.SINGLE.CMP2BUF = pgm_read_byte(&Tick[pcmNr]); break;
        case SOUND_ERROR: TCA0.SINGLE.CMP2BUF = pgm_read_byte(&Error[pcmNr]); break;
    }

    if(++pcmNr > soundLenght-1)
    {
        pcmNr = 0;
        STOP_PLAYING;
    }
}
```

Listing 11. Funkcja obsługi przerwania timera TCB0 odpowiedzialna za wysyłanie próbek dźwięku

```
void playSound(uint8_t Type)
{
    soundType = Type;

    switch(Type)
    {
        case SOUND_TADA: soundLenght = TADA_ELEMENTS; break;
        case SOUND_TICK: soundLenght = TICK_ELEMENTS; break;
        case SOUND_ERROR: soundLenght = ERROR_ELEMENTS; break;
    }

    START_PLAYING;
}
```

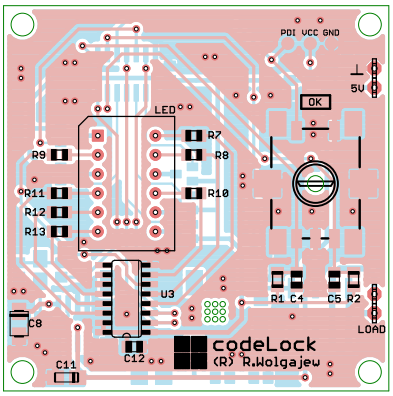
Listing 12. Funkcja inicjująca proces odtwarzania dźwięku

zastosować metodę z wykorzystaniem typowej stacji lutowniczej. Najprostszym sposobem montażu elementów o tak dużym zagęszczeniu wyprowadzeń, niewymagającym jednocześnie posiadania specjalistycznego sprzętu, jest użycie zwykłej stacji lutowniczej, dobrej jakości cyny z odpowiednią ilością topnika oraz dość cienkiej plecionki rozlutowniczej, która umożliwi usunięcie nadmiaru cyny spomiędzy wyprowadzeń układów. Należy przy tym uważać, by nie uszkodzić termicznie tego rodzaju elementów. Następnie lutujemy elementy bierne, po czym przechodzimy na warstwę BOTTOM. Tutaj, podobnie jak poprzednio, montaż rozpoczynamy od przylutowania wszystkich półprzewodników (w tym układów scalonych), po czym montujemy pozostałe elementy bierne, następnie głośniczek SMD oraz przekaźnik. W tym momencie wracamy na warstwę TOP, gdzie przylutowujemy enkoder SMD. To etap, na którym urządzenie gotowe jest do uruchomienia. Na **rysunku 3** pokazano zmontowane urządzenie codeLock od strony warstwy TOP, zaś na **rysunku 4** – od strony warstwy BOTTOM.

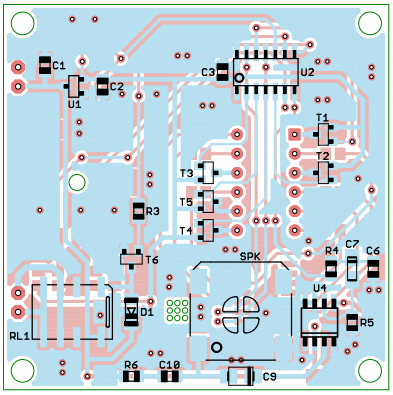
Omówmy jeszcze kwestię obsługi naszego urządzenia. Tu sprawa jest niezmiernie prosta. W chwili bezczynności i oczekiwania na rozpoczęcie wprowadzania kodu urządzenie wyświetla znak „↕”. Pokręcanie osią enkodera powoduje stosowną zmianę cyfr na wyświetlaczu LED, okraszoną bardzo efektowną animacją (przekręcania się „bębna” z cyframi), z towarzyszącym jej dźwiękiem tykania. Wciśnięcie oski enkodera powoduje z kolei zatwierdzenie bieżącej cyfry i przejście do kolejnego kroku, który wygląda dokładnie tak samo. Wprowadzenie 4 cyfr kodu inicjuje jego sprawdzenie i – w przypadku zgodności z zapamiętanym – powoduje chwilowe pokazanie znaku „+” (okraszone specjalnym efektem dźwiękowym „ding”) oraz załączenie przekaźnika LOAD, po czym urządzenie przechodzi do stanu wyjściowego, czyli do początku wprowadzania kodu użytkownika (wyświetlając znak „↕”). Z kolei, jeśli wprowadzony kod nie zgadza się z kodem użytkownika, urządzenie pokaże znak „–”, po czym odtworzy dźwięk błędu i przejdzie, jak poprzednio, do początku wprowadzania tegoż kodu (wyświetlając znak „↕”). Tutaj nasuwa się pytanie: w jaki sposób wprowadzamy kod użytkownika, który ma zostać zapamiętany przez urządzenie (a następnie sprawdzany)? Również bardzo prosto. Jest to możliwe wyłącznie podczas włączania urządzenia. Jeśli podczas rozruchu wciśnięty będzie przycisk enkodera, układ przejdzie do trybu wprowadzania kodu użytkownika. Sam proces wprowadzania tego kodu wygląda dokładnie tak samo, jak normalna obsługa urządzenia, podczas której oczekuje ono na wpisanie kolejnych 4 cyfr kodu, ale z małym wyjątkiem. Otóż, podczas normalnego użytkowania urządzenia, czyli podczas wpisywania kodu do sprawdzenia, mikrokontroler odlicza czas bezczynności użytkownika (10 s), po upływie którego kasowane są wszystkie podane dotąd cyfry i proces wprowadzania startuje od nowa. W przypadku trybu wprowadzania kodu użytkownika wspomniany czas bezczynności nie ma zastosowania, w związku z czym urządzenie nie przejdzie do normalnego trybu pracy, dopóki nie zostanie wpisany cały kod użytkownika (4 cyfry). Po zakończeniu tej czynności nowy kod zapamiętany zostanie w pamięci EEPROM mikrokontrolera, zaś urządzenie przejdzie do trybu normalnego.

Robert Wołgajew, EP

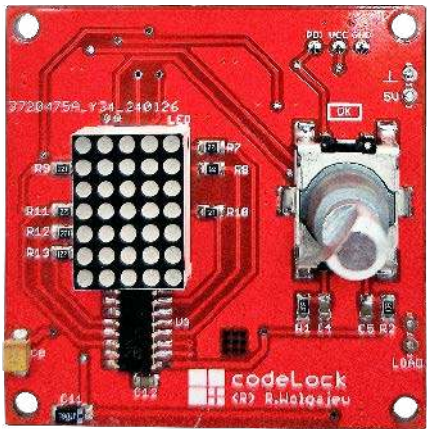
a)



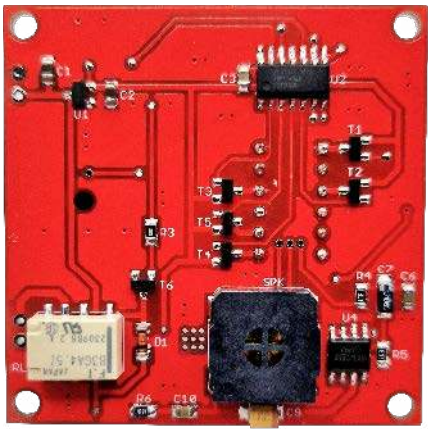
b)



Rysunek 2. Schemat montażowy urządzenia codeLock (a – strona TOP, b – strona BOTTOM)



Fotografia 1. Zmontowane urządzenie codeLock od strony warstwy TOP



Fotografia 2. Zmontowane urządzenie codeLock od strony warstwy BOTTOM

eprasa.pl 11da584bde

Podstawowe parametry:
- tor odbiorczy z bezpośrednią przemianą częstotliwości,
- odbiór transmisji DSB lub SSB (w sprzyjających warunkach),
- załączany za pomocą przełącznika filtr wąskopasmowy do odbioru sygnałów CW, FSK, PSK, itp.,
- pokrętła zgrubnego i precyzyjnego przestrajania,
- wyjście kontrolne częstotliwości VFO do podłączenia częstościomierza,
- zintegrowany wzmacniacz słuchawkowy 2×1 W/8 Ω.

W ofercie AVT*
AVT5990

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

AVT6017	RX Ewa 40 m – odbiornik początkującego radioamatora (EP 12/2023)
AVT5900	Dwupasmowy odbiornik nasłuchowy KF RX Wiesia 80/40 m (EP 11/2021)
AVT3198	Modułowy odbiornik nasłuchowy na pasma 80 m i 40 m „Dosia” – mikroprocesorowy moduł kontrolno-sterujący (EP 2–3/2020)
AVT3230	Czteropasmowy odbiornik „Staś” – odbiornik CW/SSB początkującego nasłuchowca (80/40/30/20 m) (EdW 8/2018)
–––––	Odbiornik nasłuchowy na pasmo 80 m (EP 6/2015)
AVT2970	Odbiornik SDR na pasmo 2 m (EdW 2/2011)

* **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**.

Odbiornik nasłuchowy na pasmo KF 80 m „Kubuś” (3)

Odbiorniki nasłuchowe stanowią pierwszy znaczący krok ku magicznemu światu konstrukcji i łączności radiowych. W podanych dziedzinach pomagają one rozwijać pasje, które z czasem mogą przerodzić się w profesjonalne umiejętności techniczne i komunikacyjne (także interpersonalne). Prezentowane urządzenie powstało w odpowiedzi na spore zainteresowanie Czytelników – jako nieco okrojona i zintegrowana na pojedynczej PCB wersja projektów z serii „AVT319x – Modułowy odbiornik nasłuchowy Dosia”. W trzecim i ostatnim już odcinku z cyklu artykułów o „Kubusiu” zostały poruszone przede wszystkim aspekty pomiarów kontrolnych odbiornika. Nakreślono też koncepcję jego rozbudowy o specjalną przystawkę nadawczą. Projekt ten dedykuję mojemu synowi – Jakubowi.

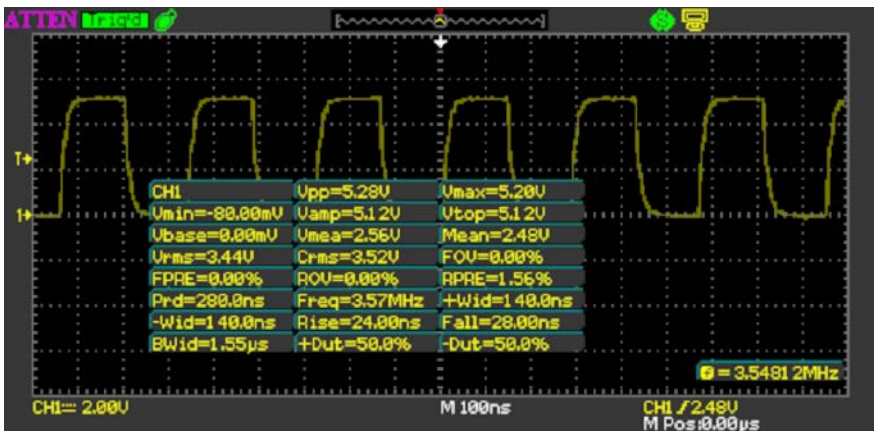
Poprzednie części projektu znajdują się pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**

Pomiary kontrolne odbiornika

Opisane w dalszej części artykułu pomiary kontrolne odbiornika nasłuchowego „Kubuś” w zasadzie nie są niezbędne do jego prawidłowego uruchomienia i eksploatacji, jednak bardziej wnikliwym i ambitnym konstruktorom niewątpliwie dostarczą wiedzę, którą będą oni mogli wykorzystać m.in. przy konstruowaniu znacznie bardziej rozbudowanych urządzeń. Należy tutaj zastrzec, że do realizacji przedmiotowych pomiarów optymalne będzie następujące wyposażenie: zasilanie akumulatorowe lub bateryjne (gwarantujące brak zakłóceń w torach zasilania odbiornika, przenikających do jego obwodów sygnałowych), miernik częstotliwości, oscyloskop (najlepiej cyfrowy, z funkcją pomiaru częstotliwości i choćby najprostszym analizatorem widma), szerokopasmowy generator sygnałowy lub (lepiej) wobulator, tłumik ekranowany, pomiarowa sonda logarytmiczna oraz oczywiście multimetr cyfrowy dobrej klasy. Mimo to w dalszej części publikacji przedstawiono pomiary zrealizowane możliwie najtańszymi i najprostszymi metodami.

Pierwszy, stosunkowo prosty pomiar kontrolny miał na celu obserwację oscylogramu wyjścia cyfrowego sygnału z generatora VFO, dostępnego na porcie J6, przy potencjometrach regulacji Fvfo (P3 i P4) ustawionych w środkowych położeniach. Dodatkowym elementem takiego pomiaru powinna być analiza podstawowych parametrów obserwowanego sygnału: częstotliwości Fvfo, skrajnych napięć Vmin i Vmax oraz współczynnika wypełnienia D. Na **fotografii 11** pokazano stosowny oscylogram wraz z wynikami pomiarów, wykonanych automatycznie za pomocą oscyloskopu cyfrowego. Do jednego z jego wejść Y podłączono sygnał z wyjścia J6 odbiornika krótkim kablem koncentrycznym o impedancji 50 Ω, zakończonego łączówkami BNC. Rezultaty automatycznych pomiarów okazały się następujące: Fvfo=3,57 MHz, Vmin=–80 mV, Vmax=5,20 V, D=50%. Są one w pełni zgodne z oczekiwaniami autora projektu, jakkolwiek dwa aspekty wymagają w tym miejscu wyjaśnienia. Po pierwsze, niewielkie różnice w wartościach pomierzonych napięć Vmin i Vmax oraz występujących w odbiorniku poziomów logicznych 0 V i +5 V nie zaskakują i stanowią zapewne rezultat niedokładności stosunkowo szybkich (250 MS/s) pomiarów przetwornikiem analogowo-cyfrowym ADC (o rozdzielczości zaledwie ośmiu bitów) w oscyloskopie cyfrowym średniej klasy. Po drugie, wyświetlone częstotliwości Fvfo: chwilowa (3,54812 MHz) oraz średnia (3,57 MHz), różnią się dość wyraźnie i wynika to zapewne z zastosowanych przy nich różnych metod pomiarów i wyliczeń.

Kolejny pomiar miał za zadanie określić stabilność częstotliwości generatora VFO oraz wyznaczyć czas sukcesywnego dochodzenia



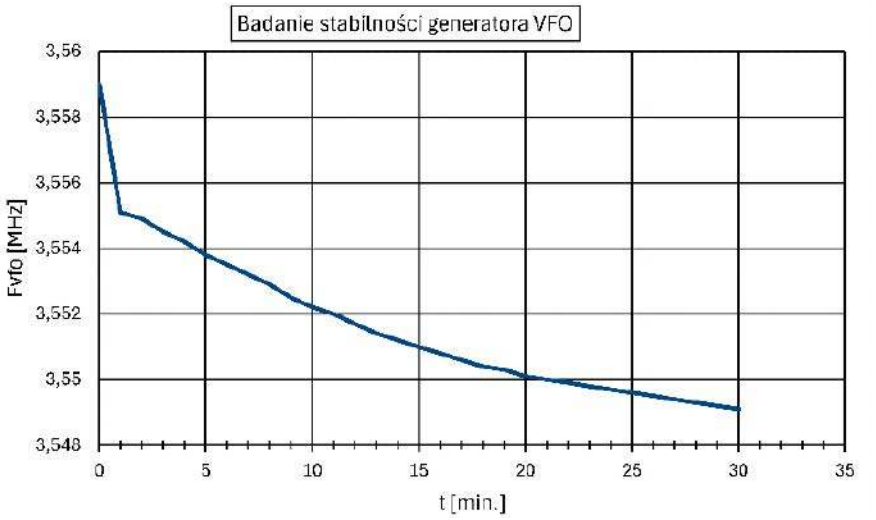
Fotografia 11. Oscylogram i pomiary sygnału z generatora VFO

eprasa.pl 11da584bde

Tabela 2. Badanie stabilności generatora VFO

t [min.]	Fvfo [MHz]
0	3,559
1	3,5551
2	3,5549
3	3,5545
4	3,5542
5	3,5538
6	3,5535
7	3,5532
8	3,5529
9	3,5525
10	3,5522
11	3,552
12	3,5517
13	3,5514
14	3,5512
15	3,551
16	3,5508
17	3,5506
18	3,5504
19	3,5503
20	3,5501
21	3,55
22	3,5499
23	3,5498
24	3,5497
25	3,5496
26	3,5495
27	3,5494
28	3,5493
29	3,5492
30	3,5491

do tego stanu. Badanie wykonano w temperaturze pokojowej, która – przez cały czas trwania pomiaru – w najbliższym otoczeniu odbiornika wzrastała powoli od około 16 do około 18°C. Odbiornik był wyłączony przez co najmniej godzinę przed rozpoczęciem pomiaru, dzięki czemu można było wyraźnie zaobserwować efekt nagrzewania się elementów w jego wnętrzu zaraz po włączeniu urządzenia. Do pomiaru wykorzystano dedykowany cyfrowy miernik częstotliwości, wykonany wg projektu AVT5398, opublikowanego w „Elektronice Praktycznej" 5/2013. Pomiary realizowano przez 30 minut co 1 minutę – począwszy od momentu włączenia odbiornika. Rezultaty pomiarów zestawiono w **tabeli 2,** a także zwizualizowano na odpowiadającym tym danym wykresie na **rysunku 6**. Jak wynika z rezultatów pomiarów, częstotliwość Fvfo zmieniała się (malała) zgodnie z trendem już na oko zbliżonym do wykładniczego. Jest to dość charakterystyczne w przypadku wszystkich układów fizycznych osiągających stan równowagi termodynamicznej, polegający na wyrównywaniu się



Rysunek 6. Badanie stabilności generatora VFO – graficzna interpretacja pomiarów

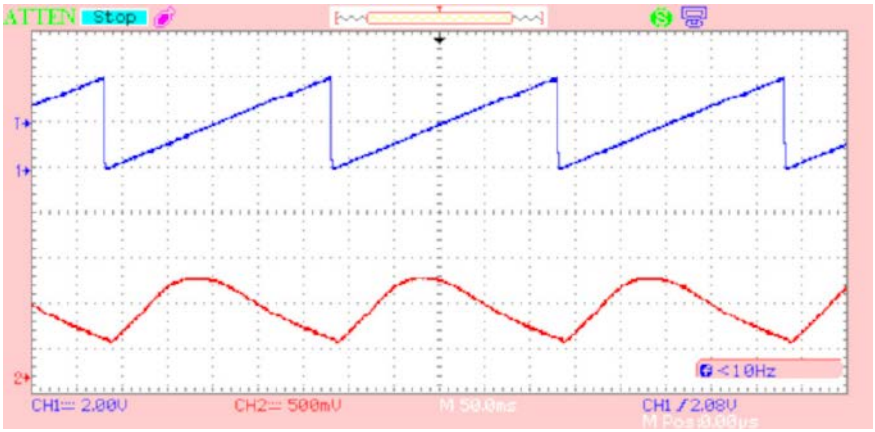
temperatur obiektów danego układu fizycznego w tempie proporcjonalnym do aktualnej różnicy temperatur tychże obiektów. I tak, najdynamiczniejsze zmiany Fvfo można było zaobserwować w ciągu dosłownie pojedynczych pierwszych minut od włączenia zasilania odbiornika. Natomiast w dalszym okresie trend był zdecydowanie mniej dynamiczny i przypominał łagodne zmiany liniowe, które zapewne w znacznym stopniu wynikały także ze zmian temperatury otoczenia o +2°C w trakcie trwania pomiaru. Panaceum na tego typu niedogodności, stosowanym w analogowych generatorach VFO, może być użycie elementów LC wzajemnie skompensowanych termicznie lub o zerowych współczynnikach temperaturowych. Innym rozwiązaniem, implementowanym współcześnie także w generatorach kwarcowych o podwyższonej dokładności OCXO (Oven Controlled Crystal Oscillator), jest podgrzewanie całego układu generacyjnego do stałej, wysoce stabilnej temperatury. Oczywiście w tak prostych urządzeniach, jak odbiornik „Kubuś", wystarczy mieć świadomość opisanej niedogodności i, w celu poprawy komfortu pracy z urządzeniem, po prostu eksploatować je we w miarę stabilnych warunkach temperatury otoczenia oraz włączać zasilanie na kilka do kilkunastu minut przed rozpoczęciem zaplanowanych nasłuchów. W szczególności, jak wynika z rezultatów pomiarów, częstotliwość Fvfo w trakcie trwania całego pomiaru (30 minut) zmieniła się aż o około 10 kHz, ale w ciągu jego ostatnich 10 minut – już tylko o mniej niż 1 kHz. Oczywiście podobnych cech niestabilności częstotliwości generatora przestrajanego nie miałyby rozwiązania oparte o syntezy z zastosowaniem generatorów pracujących w technikach DDS lub PLL.

Na następnym etapie prac dokonano pomiaru częstotliwościowej charakterystyki przenoszenia wejściowego filtru pasmowego w.cz. W tym celu skorzystano z logarytmicznej sondy pomiarowej (wg projektu AVT1962, opublikowanego w „Elektronice Praktycznej" 5/2013), generatora-wobulatora (wg projektu AVT5980, opublikowanego w „Elektronice Praktycznej" 4…6/2023) oraz oscyloskopu cyfrowego. Celem ograniczenia wpływu sąsiadujących z filtrem w.cz. bloków (wzmacniacz dopasowania impedancji oraz mieszacz odbiorczy) na rezultaty pomiarów zastosowano **tymczasowe (wyłącznie na czas pomiarów) elektryczne wyizolowanie** badanego filtru z reszty układu. W tym celu:

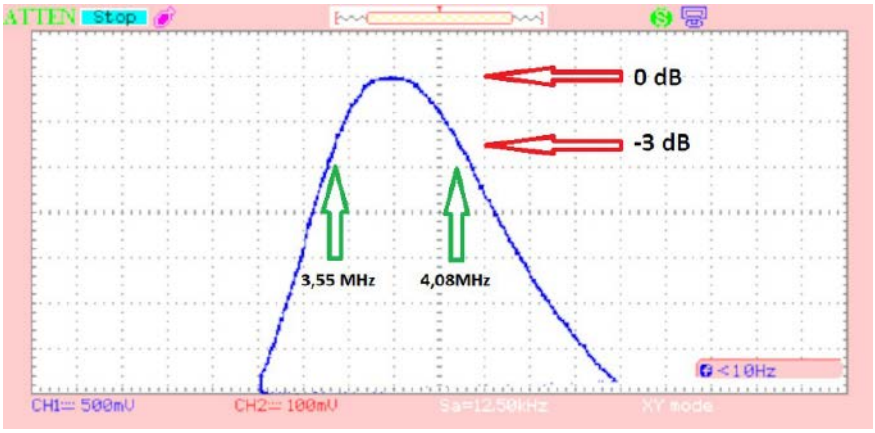
a. przecięto ścieżki łączące węzeł kolektora tranzystora Q1 z wejściem filtru, czyli węzłem łączącym pojemności C121, C122 i C13,
b. usunięto z podstawek układy scalone U3, U4 i U5,
c. węzeł łączący rezystor R8 z kluczami U3C i U3D zaterminowano do masy odbiornika rezystorem 47 Ω – celem zapewnienia zgodnego z założeniami projektu filtru w.cz. obciążenia jego wyjścia (zbliżonego do 100 Ω).

Oczywiście, po zakończeniu pomiarów filtru w.cz. wszystkie opisane powyżej zmiany zostały cofnięte. Użyty w tym zadaniu generator-wobulator (AVT5980) ustawiono rzecz jasna do pracy w trybie wobulatora z następującymi ustawieniami: częstotliwość wobulacji Fvob=4 Hz, zakres przemiatania Fl…Fh=3,2...4,8 MHz (pasmo częstotliwości o szerokości 1,6 MHz), napięcie wyjściowe Uwy=2 Vp-p. Wyjście analogowe (z sygnałem sinusoidalnym) wobulatora podłączono do wejścia filtru, natomiast wyjście filtru podłączono do wejścia pomiarowej sondy logarytmicznej (AVT1962), ustawionej w trybie pracy w.cz. (bez załączonych dodatkowych filtrów dolnoprzepustowych) i z bezpośrednim przetwarzaniem, tzn. bez użycia tłumika –20 dB i bez użycia wzmacniacza +20 dB. Do wejść oscyloskopu cyfrowego podłączono: do kanału X – wyjście piłokształtnego sygnału podstawy czasu „SYNCHRO", zmieniającego się w zakresie 0…4 V, natomiast do kanału Y – wyjście

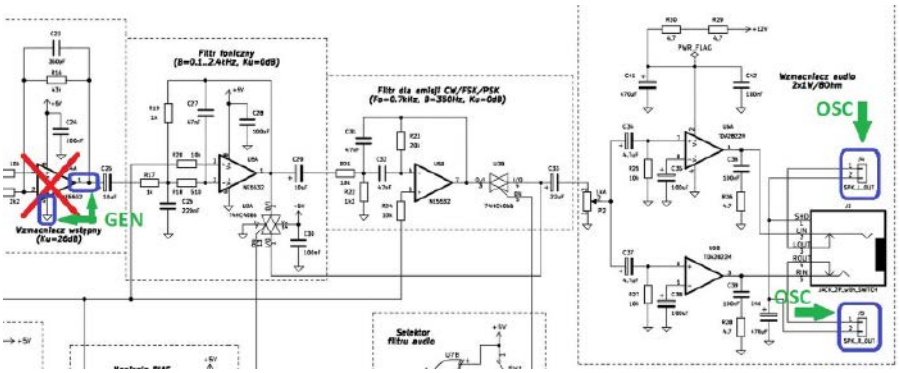
eprasa.pl 11da584bde



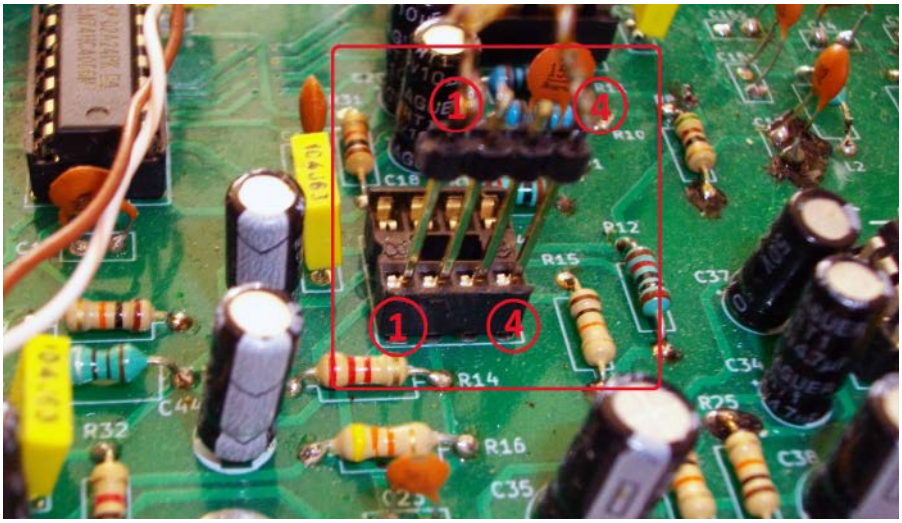
Fotografia 12. Pomiar filtru w.cz. odbiornika – sygnały z kanałów X i Y oscyloskopu w trybie YT



Fotografia 13. Pomiar filtru w.cz. odbiornika – obserwacja w trybie XY



Rysunek 7. Koncepcja układu do pomiarów charakterystyk filtrów audio



Fotografia 14 Sposób włączenia generatora sygnałowego do pomiarów charakterystyk filtrów audio

sondy logarytmicznej. Badany odbiornik nasłuchowy w tym pomiarze nie wymagał zasilania, ponieważ mierzony filtr w.cz. jest obwodem czysto biernym. Na **fotografii 12** pokazano uzyskane na oscyloskopie sygnały obu kanałów X i Y w tzw. trybie YT, czyli z osią czasu na poziomej osi ekranu i współbieżnym wyświetlaniem obu kanałów (pozostałe ustawienia wykonano w trybie AUTO oscyloskopu). W zasadzie i w tym trybie pracy oscyloskopu można przeanalizować charakterystyki częstotliwościowe filtru w.cz., jednak jest to cokolwiek mało wygodne. Dlatego – mając do dyspozycji oscyloskop z dostępnym trybem pracy XY – warto użyć go w tym zastosowaniu. Na **fotografii 13** pokazano właśnie efekty takiej analizy. Po ustawieniu optymalnych nastaw wyświetlania (wzmocnienie i offset – osobno dla obu kanałów X oraz Y) uzyskano następujące parametry odczytu wykresu: oś częstotliwości (pozioma): 200 kHz na działkę, logarytmiczna oś poziomu sygnału (pionowa): 2 dB na działkę. Przy tej wiedzy, z wykresu analizowanej charakterystyki częstotliwościowej można odczytać, że uzyskane 3-decybelowe pasmo przepustowe badanego filtru w.cz. leży w przybliżonym zakresie od 3,55 MHz do 4,08 MHz. Zatem odbiega ono nieco od pierwotnych założeń projektowych, przyjętych dla dozwolonego w naszym regionie organizacji IARU zakresu częstotliwości emisji (3,5...3,8 MHz). Jakkolwiek, z punktu widzenia potrzeb autora tego projektu, przesunięcie maksimum pasma przepustowego filtru w.cz. w kierunku podpasma przeznaczonego do emisji fonicznych (patrz: tabela 1), a nawet rozszerzenie go „od góry” na zakres emisji dozwolonych w innych regionach organizacji IARU nie jest wadą. Dlatego w tym konkretnym przypadku żadne działania optymalizacyjne, opisane we wcześniejszej części publikacji, nie zostały podjęte.

Po przywróceniu funkcjonalności odbiornika, zaburzonych na czas pomiaru filtru w.cz. (tzn. jego połączenia z sąsiednimi blokami urządzenia), przystąpiono do badania

REKLAMA

LASEROWE
SZABLONY
DO MONTAŻU SMT

Materiał: stal nierdzewna CrNi
Zakres grubości blach: 0,020–1,000 mm
Wycinamy również detale
o dowolnych kształtach

LASTENIC
LASER STENCILS

LASTENIC LASER & ELECTRONICS sp. z o.o.
58-100 Świdnica, ul. Husarska 5
tel. 74 851 48 77, 697 977 732
www.lastenic.com info@lastenic.com

eprasa.pl 11da584bde

charakterystyk częstotliwościowych filtrów audio: fonicznego (tzn. przeznaczonego dla SSB) oraz wąskopasmowego (tzn. przeznaczonego dla emisji CW/FSK/PSK). W celu uniknięcia interakcji z torami: w.cz., przemiany częstotliwości oraz wzmacniaczy wstępnych m.cz. odbiornika, na czas omawianych tutaj pomiarów wyjęto z urządzenia układ scalony U4 (podwójny wzmacniacz operacyjny NE5532, zawierający układy U4A i U4B). Do pomiarów zastosowano ponownie generator-wobulator AVT5980, który był przestrajany ręcznie w zakresie od 50 Hz do 10 kHz, z minimalnym krokiem 50 Hz. Krok pomiarów był miejscowo odpowiednio zwiększany celem redukcji ilości danych pomiarowych, przeznaczonych do dalszej obróbki – w tych przedziałach częstotliwości, w których zmiany badanych charakterystyk wykazywały względną liniowość. **Rysunek 7** przybliża sposób włączenia bloków filtrów audio do prostego układu pomiarowego. Do gniazd 1 (żyła „gorąca") i 4 (masa) podstawki pod (czasowo usunięty) układ scalony U4 dołączono wyjście generatora sygnałowego, natomiast mierzony sygnał pobierano – za pomocą sondy oscyloskopu – z wyjścia J4 lub J5 wzmacniacza audio z układem U6. **Fotografia 14** pokazuje sposób fizycznego włączenia generatora do układu odbiornika, które wykonano za pomocą prowizorycznej wtyczki, wykonanej z rzędu czterech długich męskich styków typu goldpin, wciśniętej w podstawkę pod układ scalony U4. Zakończenia cienkiego przewodu koncentrycznego o impedancji charakterystycznej równej 50 Ω, doprowadzającego przebieg z generatora sygnałowego, dolutowano do dwóch skrajnych pinów w prowizorycznej wtyczce goldpin. W trakcie wykonywania pomiarów sygnał sinusoidalny na wyjściu zastosowanego generatora laboratoryjnego był utrzymywany na stałym poziomie, nieprzekraczającym 0,5 Vp-p – tak aby mierzony oscyloskopem sygnał na wyjściu jednego ze wzmacniaczy mocy m.cz. (złącze J4 lub J5) nie nosił wyraźnych znamion przesterowania. Podany

Tabela 3. Wyniki pomiarów charakterystyki filtru fonicznego (SSB)

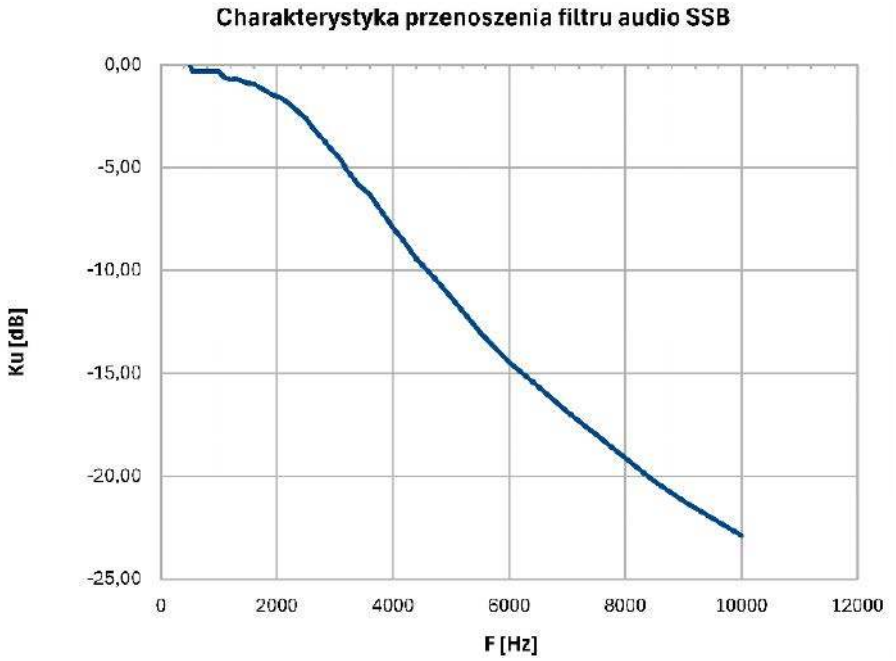
F [Hz]	Ku [dB]
500	0,00
550	–0,34
600	–0,34
650	–0,34
700	–0,34
1000	–0,34
1100	–0,64
1200	–0,74
1300	–0,69
1400	–0,79
1500	–0,89
1600	–0,95
1700	–1,11
1800	–1,27
1900	–1,43
2000	–1,55
2100	–1,66
2200	–1,89
2300	–2,13
2400	–2,37
2500	–2,63
2600	–3,02
2700	–3,36
2800	–3,64
2900	–4,01
3000	–4,31
3100	–4,63
3200	–5,12
3400	–5,83
3600	–6,31
3800	–7,13
4000	–7,91
4200	–8,65
4400	–9,45
4600	–10,03
4800	–10,65
5000	–11,32
5500	–13,00
6000	–14,46
6500	–15,64
7000	–16,86
7500	–17,99
8000	–19,10
8500	–20,24
9000	–21,21
9500	–22,07
10000	–22,88

Tabela 4. Wyniki pomiarów charakterystyki filtru wąskopasmowego (CWFSKPSK)

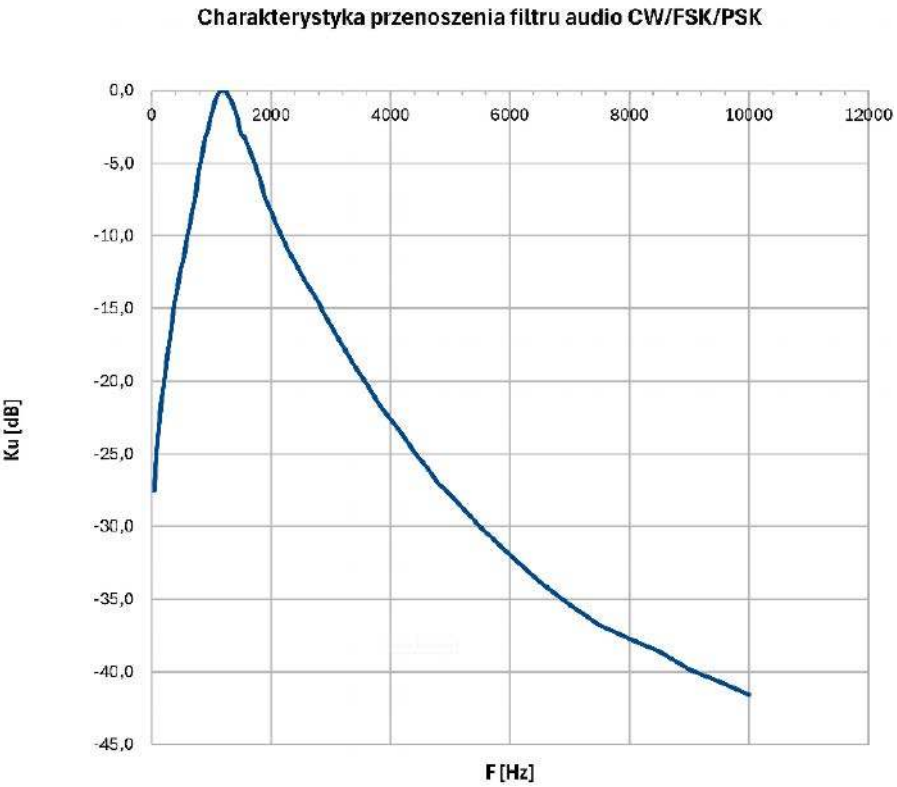
F [Hz]	Ku [dB]	F [Hz]	Ku [dB]
50	–27,5	1750	–5,3
100	–24,0	1800	–5,9
150	–22,0	1900	–7,5
200	–20,3	2000	–8,3
250	–18,7	2100	–9,3
300	–17,2	2200	–10,2
350	–15,6	2300	–11,1
400	–14,4	2400	–11,8
450	–13,2	2500	–12,6
500	–12,2	2600	–13,4
550	–11,2	2700	–14,0
600	–10,0	2800	–14,6
650	–8,9	2900	–15,5
700	–8,0	3000	–16,2
750	–6,9	3200	–17,6
800	–5,3	3400	–19,0
850	–4,4	3600	–20,2
900	–3,2	3800	–21,5
950	–2,6	4000	–22,6
1000	–1,6	4200	–23,7
1050	–0,9	4400	–24,9
1100	–0,3	4600	–25,9
1150	0,0	4800	–27,0
1200	0,0	5000	–27,8
1250	–0,1	5500	–30,0
1300	–0,4	6000	–31,9
1350	–0,9	6500	–33,8
1400	–1,4	7000	–35,4
1450	–2,2	7500	–36,8
1500	–3,1	8000	–37,7
1550	–3,2	8500	–38,6
1600	–3,7	9000	–39,8
1650	–4,2	9500	–40,7
1700	–4,7	10000	–41,6

eprasa.pl 11da584bde

warunek udawało się z powodzeniem spełnić przy nastawieniu potencjometru regulacji głośności odbioru na około 20% pełnej skali logarytmicznej. Uzyskane rezultaty pomiarów charakterystyk częstotliwościowych filtrów audio, wykonanych osobno dla filtru fonicznego (dedykowanego dla emisji SSB) oraz wąskopasmowego (przeznaczonego dla emisji CW/FSK/PSK), podano w **tabelach 3** i **4**, a także zilustrowano na **rysunkach 8** i **9**. Pomiary dla filtru fonicznego były gromadzone od częstotliwości 500 Hz, ponieważ zasadniczo filtr ten jest po prostu filtrem dolnoprzepustowym, a pożądane odcięcie pasma przepustowego od dołu (na częstotliwości około 100 Hz) uzyskuje się dzięki wielokrotnym szeregowym sprzężeniom pojemnościowym w poprzednich stopniach przetwarzania sygnału. Jak wynika z przedstawionych danych tabelarycznych oraz wykresu, górna częstotliwość graniczna tego filtru jest zbliżona do około 2,6 kHz (200 Hz więcej od zakładanej Fg=2400 Hz), jednak w połączeniu z dolnoprzepustowymi własnościami wcześniejszych stopni przetwarzania sygnału będzie ona odpowiednio niższa. Podobny efekt niedokładności odwzorowania pierwotnego projektu można zaobserwować w przypadku filtru wąskopasmowego, którego częstotliwość środkowa leży około 1200 Hz (aż 500 Hz więcej od zakładanej Fo=700 Hz), a pasmo przenoszenia jest rzędu 600 Hz, czyli aż 250 Hz więcej od zakładanego w prototypie filtru pasma B=350 Hz. Co prawda uzyskane w obu przypadkach rezultaty w żadnym stopniu nie uniemożliwiają skutecznego odbioru, to jednak w tym miejscu należy wyraźnie podkreślić fakt, że zastosowane w projekcie tzw. filtry kratowe (Sallena-Keya) są bardzo wrażliwe na wszelkie odstępstwa wartości zastosowanych elementów RC od parametrów wyliczonych dla ich teoretycznych wzorców. Oczywiście, odstępstwa te mogą wiązać się zarówno z zaokrągleniami projektowymi, wynikającymi z dostępności elementów RC o konkretnych wartościach, jak i z tolerancją wartości użytych podzespołów.



Rysunek 8. Charakterystyka częstotliwościowa filtru fonicznego (SSB)



Rysunek 9. Charakterystyka częstotliwościowa filtru wąskopasmowego (CWFSKPSK)

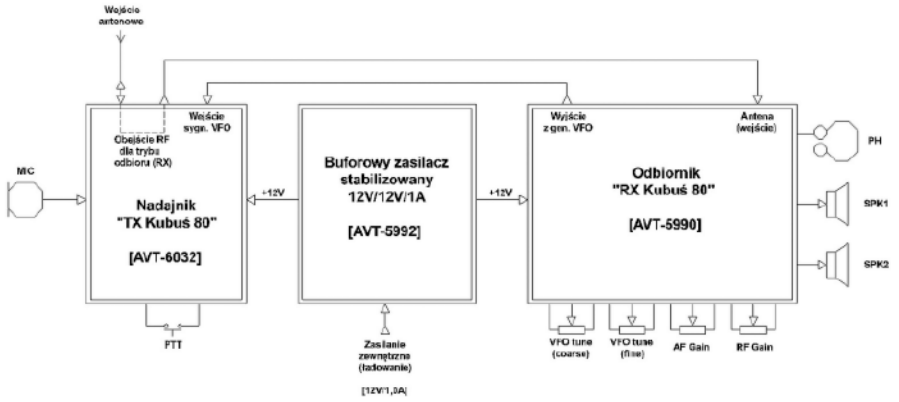
Możliwości rozbudowy odbiornika

Konstrukcja opisanego w artykule urządzenia radiowego zasadniczo może wydawać się znacznie bardziej skomplikowana, niż jest to konieczne do uzyskania poprawnego odbioru sygnałów w pasmie amatorskim 80 m w najprostszy możliwy sposób. W szczególności, poza zastosowanymi rozwiązaniami układowymi w kluczowym tutaj torze przetwarzania sygnału radiowego na sygnał audio (wzmacniacze, mieszacz i filtry), odmiennymi od dość popularnych aplikacji jednoukładowych (tzn. z zastosowaniem pojedynczego, specjalizowanego układu scalonego), zainteresowanie mogą budzić dwie opisane dalej cechy konstrukcji.

Pierwsza z nich to użycie podwójnego (z założenia: stereofonicznego) układu scalonego wzmacniacza końcowego audio oraz brak wbudowanych głośników. Takie rozwiązanie pozwala na eksploatację prezentowanego odbiornika nasłuchowego wyłącznie z użyciem zewnętrznych słuchawek – a tym samym uniknąć wszelkich problemów związanych z montażem niemałych głośników wewnątrz obudowy urządzenia (potencjalne konsekwencje takiego rozwiązania to znaczny wzrost rozmiaru obudowy oraz konieczność zmierzenia się z problemem pasożytniczych sprzężeń elektromagnetycznych, pochodzących od toru sygnałowego: wzmacniacz audio – wbudowane głośniki). Jakkolwiek możliwe jest wciąż komfortowe dołączenie dwóch głośników zewnętrznych o odpowiednich parametrach i praktycznie dowolnych rozmiarach, przy zachowaniu kompaktowej (zwartej) konstrukcji radioodbiornika.

Drugą, mogącą budzić zaintrygowanie Czytelników cechą jest buforowanie i wyprowadzenie na zewnątrz urządzenia (poprzez

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 10. Koncepcja rozbudowy odbiornika o przystawkę nadawczą

gniazdo BNC – port J6) wewnętrznego sygnału cyfrowego, pochodzącego z generatora VFO. Jak wspomniano we wcześniejszej części artykułu, takie rozwiązanie ma na celu przede wszystkim udostępnienie tego sygnału do ciągłego pomiaru częstotliwości Fvfo – bez szkodliwego wpływu na jej wartość (praktyczny brak ingerencji w pracę generatora). Innym przeznaczeniem tego rozwiązania konstrukcyjnego może być jednak bezinwazyjne dla odbiornika „zasilenie" sygnałem z oscylatora VFO zewnętrznego układu nadawczego (przystawki nadawczej). Co prawda taka przystawka nadawcza mogłaby zostać wyposażona we własny (osobny) generator VFO, jednak w przypadku zastosowania takiego rozwiązania niewątpliwie wystąpiłyby poważne trudności z synchronizacją obu generatorów VFO w odbiorniku RX (*Receiver*) oraz w nadajniku TX (*Transmitter*) na dokładnie tę samą częstotliwość roboczą Fvfo=Frx=Ftx.

Rysunek 10 ukazuje schemat blokowy koncepcji rozbudowy przedstawionego w tym artykule odbiornika o przystawkę nadawczą (AVT6032). Widać na nim trzy połączone ze sobą urządzenia: odbiornik RX, nadajnik TX oraz wspólny zasilacz (AVT5992), dostarczający stabilizowanego napięcia stałego +12 V. Odbiorczo-nadawczy, wspólny tor antenowy został w tym przypadku podłączony do przystawki nadawczej (TX), w której – podczas odbioru – jest on przełączony wprost na wejście odbiornika RX (tzw. połączenie „bypass", czyli obejście). Natomiast w momencie załączenia nadawania wejście antenowe odbiornika blokowane jest do mas obu urządzeń – celem uniknięcia uszkodzenia wrażliwych obwodów odbiornika oraz (w najlepszym przypadku) eliminacji dokuczliwych zakłóceń dźwiękowych. Po załączeniu nadawania przystawka nadawcza TX do modulacji dwuwstęgowej DSB korzysta jednak z sygnału z generatora Fvfo odbiornika RX, tym samym zachowując spójność częstotliwości roboczych: odbioru i nadawania. Całość systemu uzupełnia wspólny zasilacz, dostarczający tandemowi urządzeń nadawczo-odbiorczych stabilizowanego napięcia stałego +12 V, przy czym z założenia ma to być kompaktowy zasilacz buforowy 12 VDC/12 VDC, mający w swojej konstrukcji blok wysoko wydajnych akumulatorów Li-Ion, a także niewielkie przetwornice impulsowe DC-DC (*step-down* oraz *step-up*), zaimplementowane odpowiednio w torze ładowania akumulatorów oraz w torze ich obciążenia. Razem z wyjściowym stabilizatorem liniowym typu LDO (*Low Drop-Out voltage*) zapewnią one zarówno wysoką sprawność przetwarzania energii elektrycznej, jak i bardzo dobrej jakości (niezakłócone oraz wysoce stabilne) napięcie zasilające +12 V dla odbiornika i nadajnika. Opisana koncepcja rozbudowy samego odbiornika RX do modułowego systemu nadawczo-odbiorczego TRX (*Transceiver'a*) pozwoli rozłożyć w czasie zarówno materialne (finansowe) koszty realizacji całego systemu, jak i wysiłki związane z jego poprawnym wykonaniem, a także uruchomieniem. Jakkolwiek należy w tym miejscu podkreślić fakt, że o ile wykonywanie radioamatorskich nasłuchów w zasadzie nie wymaga uzyskania żadnej licencji, o tyle już emitowanie (nadawanie) jakichkolwiek sygnałów w pasmach dedykowanych „krótkofalowcom" bez posiadania stosownego pozwolenia radiowego nie jest zgodne z obowiązującymi przepisami.

Podsumowanie projektu

W trzeciej i ostatniej części publikacji poświęconej odbiornikowi nasłuchowemu „RX Kubuś 80" zaprezentowano metodykę oraz rezultaty wybranych pomiarów kontrolnych odbiornika. Przy tej okazji omówiono także związki pomiędzy wybranymi rozwiązaniami układowymi oraz wpływem jakości realizacji (wykonania czy odwzorowania) projektu na uzyskane parametry robocze. W ostatniej części artykułu nakreślone zostały także możliwości dalszej rozbudowy odbiornika o dedykowaną przystawkę nadawczą (AVT6032) i z zastosowaniem specjalnie przeznaczonego zasilacza buforowego (AVT5992). Autor w tym miejscu chciałby serdecznie podziękować Panu Redaktorowi inż. Przemysławowi Muszowi za życzliwe podejście do całego projektu, a także okazane wsparcie, które wielokrotnie zmaterializowało się w formie słowa zachęty do kolejnych prac badawczo-rozwojowych, a – w konsekwencji – licznych działań twórczych.

Adam Sobczyk SQ5RWQ
sq5rwq@gmail.com

REKLAMA



eprasa.pl 11da584bde

Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji.
Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Przysyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

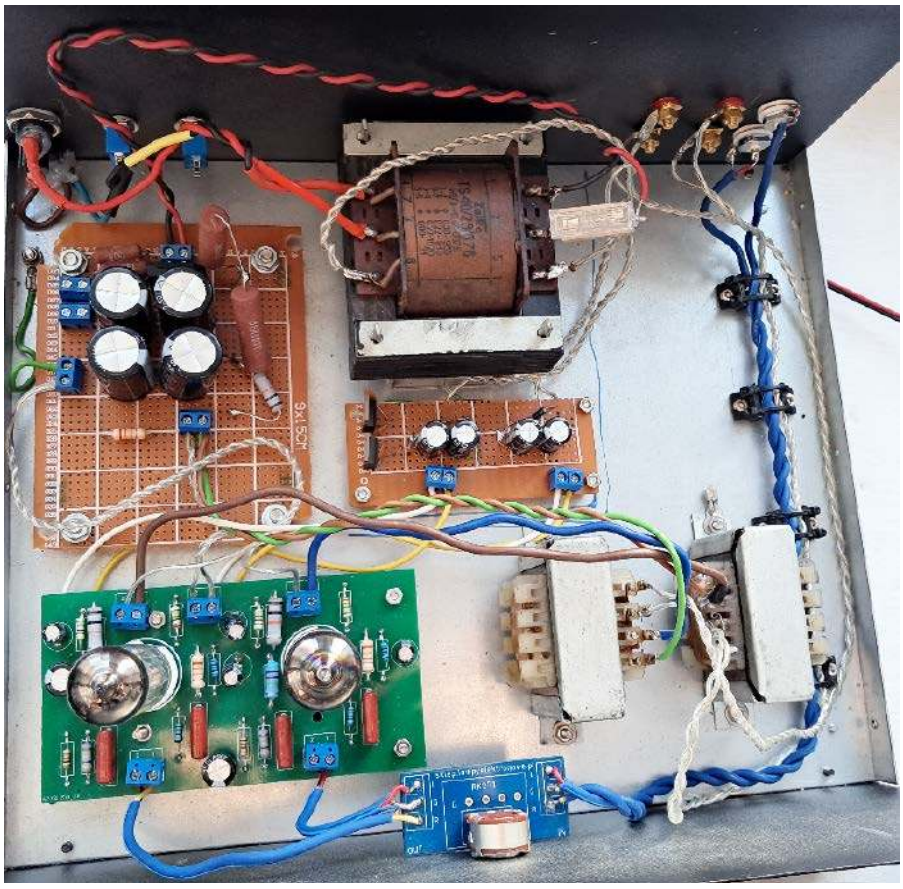
PROJEKT NR 260

Wzmacniacz lampowy PCL86 Stereo

Wzmacniacze lampowe zawsze miały swój urok i spore grono pasjonatów. Ciekawe, ciepłe brzmienie i swego rodzaju naturalność. W ostatnich latach – wraz z powrotem mody na płyty winylowe – odzyskały dawny blask. W artykule opisana została prosta konstrukcja stereofonicznego wzmacniacza audio, zbudowanego na zaledwie dwóch lampach.

Najważniejsze parametry:
- Moc wyjściowa: 1,5 W
- Impedancja transformatora: 4 kΩ dla obciążenia 5 Ω
- Impedancja wyjściowa wzmacniacza: 4...8 Ω
- Pasmo przenoszenia wzmacniacza: 50 Hz...14 kHz
- Prąd anodowy transformatora: 35 mA
- Przekładnia napięciowa transformatora Tg2-20-666: 44:1
- Prąd anodowy lampy: 39 mA

Uwaga! **We wzmacniaczu występują wysokie napięcia zagrażające życiu. Prace przy uruchamianiu wzmacniacza należy wykonywać jedną ręką i zachować bardzo dużą ostrożność. Prace należy wykonywać przy użyciu transformatora separacyjnego. Porażenie wysokim napięciem grozi utratą życia lub zdrowia. Należy pamiętać o solidnym uziemieniu obudowy!**



Opis działania wzmacniacza

Schemat układu można zobaczyć na **rysunku 1**. Wzmacniacz został zbudowany na dwóch lampach PCL86 pracujących w klasie A. Każda z nich jest lampą złożoną (kombinowaną) – oznacza to, że w jednej bańce są w istocie zawarte dwie lampy (trioda i pentoda). Stopień wejściowy wzmacniacza został wykonany na triodzie, natomiast stopień końcowy – na pentodzie. Sygnał audio jest podawany na wejście przez potencjometr, a kondensator C1 odcina składową stałą. Następnie sygnał wędruje na siatkę triody, gdzie napięcie jest wzmacniane. Rezystory R2 i R3 ustalają punkt pracy wzmacniacza. Podłączony równolegle kondensator C4 zwiera składową zmienną prądu katodowego. Wzmocniony sygnał z anody triody – sprzężony za pomocą C2, R8 i R7 (rezystora antywzbudzeniowego) – trafia na siatkę pentody. Opornik R9 ustala punkt pracy pentody, która z kolei obciążona zostaje transformatorem Tg2-20-666 firmy Zatra. Transformatory tego typu były montowane w magnetofonach ZK120 i ZK140 produkcji ZRK. **Uwaga:** Należy zwrócić uwagę na zaciski uzwojenia wtórnego. Jeśli słyszymy niepokojące dźwięki w głośniku, trzeba zamienić koniec uzwojenia. Siatka druga jest podłączona przez rezystor R6 do zasilacza anodowego, a jej celem jest ograniczenie prądu siatki. Rezystor R10 odpowiada za sprzężenie zwrotne.

Zasilacz anodowy

Uwaga: Wysokie napięcia!

Żeby przystosować układ do współczesnych warunków, podłączając transformator TS40/29/676, zamieniłem uzwojenia pierwotne (sieciowe) z wtórnym, dzięki czemu uzyskałem niższe napięcie anodowe lamp i mniejsze straty energii. Nie tracą one na mocy wyjściowej ani stabilności. Napięcie wyjściowe w tej konfiguracji wynosi około

eprasa.pl 11da584bde

Wykaz elementów:

Wzmacniacz
Rezystory:
R1: 1 MΩ 0,25 W
R2: 2,2 kΩ 2 W
R3: 100 Ω 0,5 W
R4: 220 kΩ 3 W
R5: 10 kΩ 2W
R6: 820 Ω 0,6W
R7: 1 kΩ 0,25W
R8: 470 kΩ 0,25W
R9: 170 Ω 0,6W
R10: 47 kΩ
RP1: 50 kΩ A (logarytmiczny, obrotowy, wyprowadzany na przedni panel)

Kondensatory:
C1,C2: 0,1 µF
C3: 10 µF
C4, C5: 100 µF

Pozostałe:
Lampy: PCL 86 (2 szt.)
Transformator: Tg2-20-666 (2 szt.)

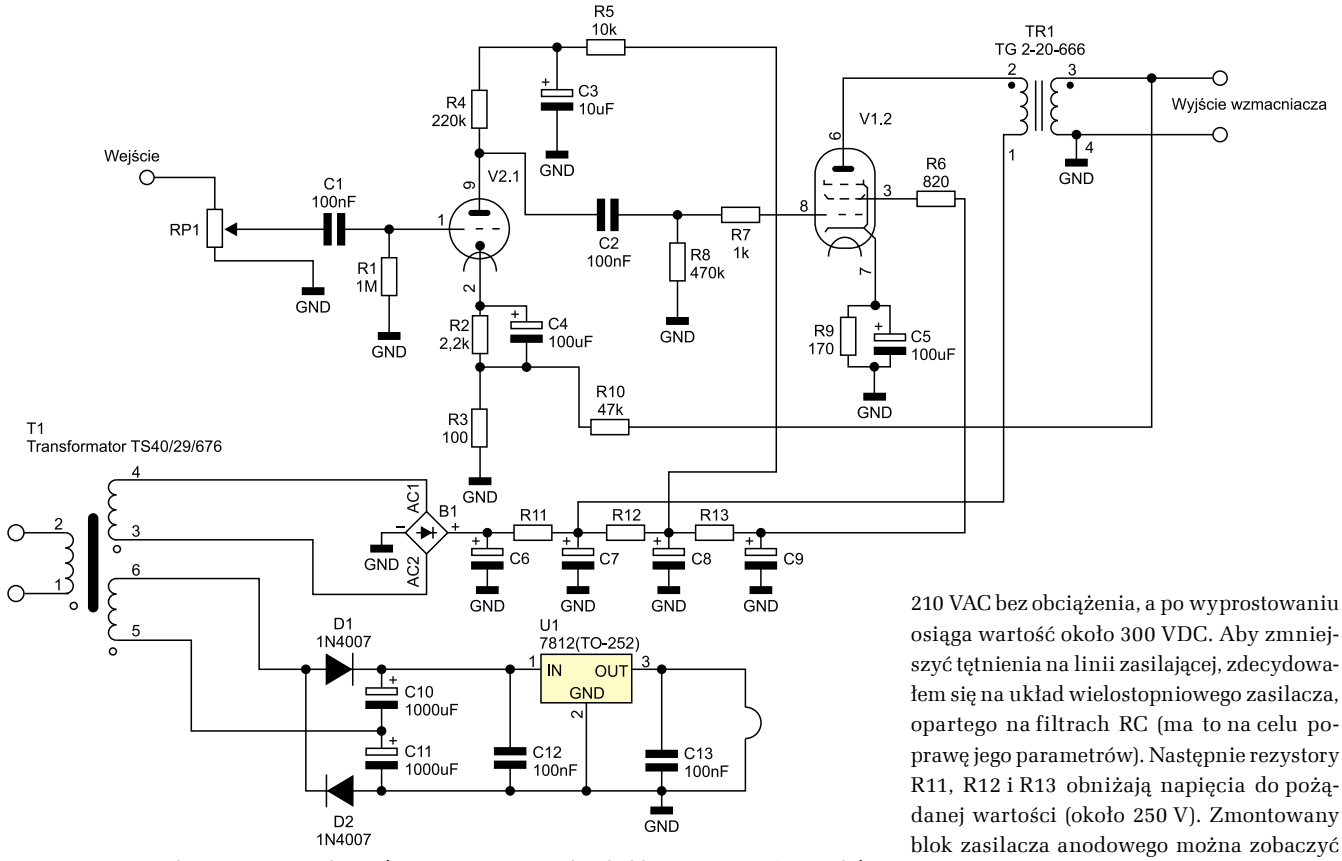
Zasilacz
Rezystory:
R11: 820 Ω 10 W
R12: 10 kΩ 3 W
R13: 2,2 kΩ 2 W

Kondensatory:
C6, C7, C8, C9: 100 µF 400 V

Półprzewodniki:
Mostek prostowniczy 1000 V / 1 A

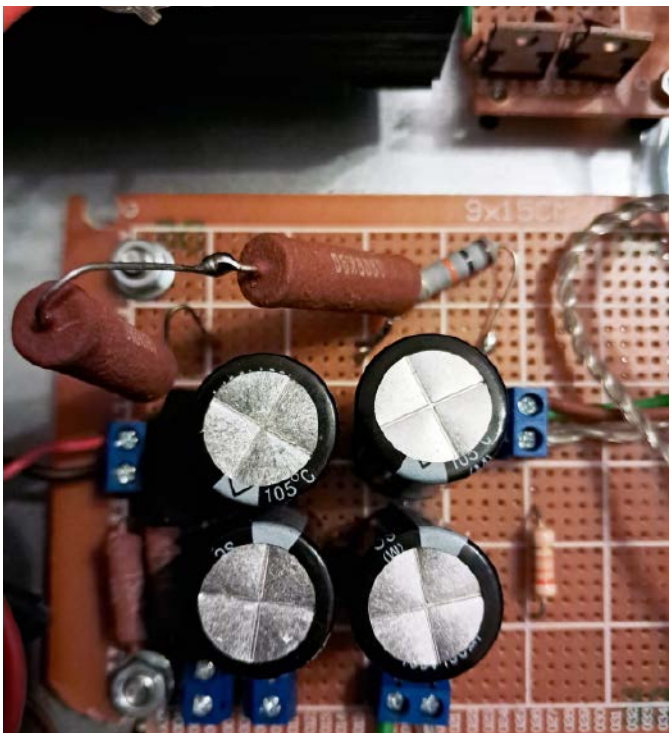
Podwajacz napięcia
Kondensatory:
C10, C11: 1000 µF
C12, C13: 0,1 µF
Złącze śrubowe ARK 4 szt.

Pozostałe:
Złącze ARK 5 szt.
Wyłącznik sieciowy 1 szt.

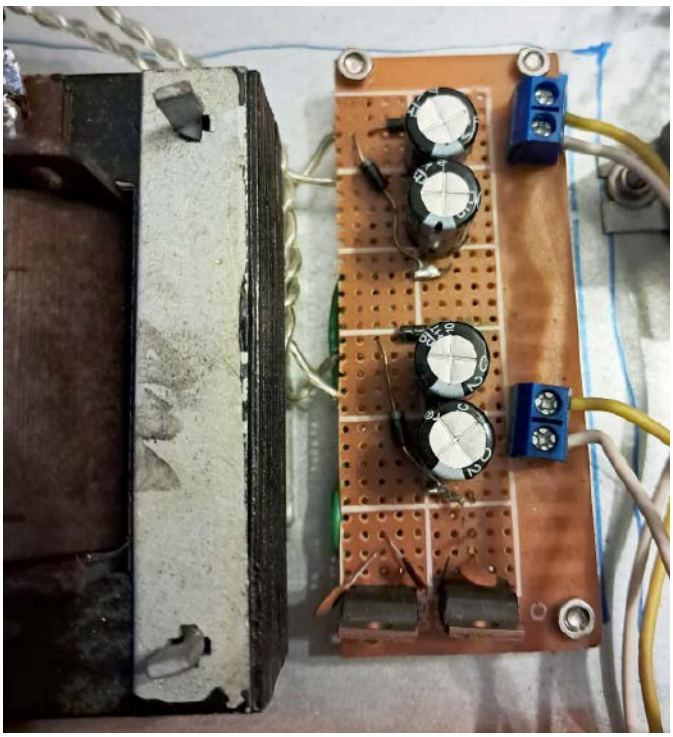


Rysunek 1. Schemat ideowy wzmacniacza (pokazano blok zasilania i jeden z kanałów audio)

210 VAC bez obciążenia, a po wyprostowaniu osiąga wartość około 300 VDC. Aby zmniejszyć tętnienia na linii zasilającej, zdecydowałem się na układ wielostopniowego zasilacza, opartego na filtrach RC (ma to na celu poprawę jego parametrów). Następnie rezystory R11, R12 i R13 obniżają napięcia do pożądanej wartości (około 250 V). Zmontowany blok zasilacza anodowego można zobaczyć na **fotografii 1**.



Fotografia 1. Zasilacz anodowy



Fotografia 2. Podwajacz napięcia

eprasa.pl 11da584bde

Podwajacz napięcia

Na drugim uzwojeniu wtórnym transformatora dostępne jest napięcie zmienne około 7 V. Aby lampa PCL86 pracowała poprawnie, napięcie to musimy podwyższyć do ok. 13,5...14 V. Aby nie wprowadzać zakłóceń, nie zastosowałem przetwornicy – zdecydowałem się na użycie podwajacza napięcia zbudowanego na dwóch diodach D1 i D2. Po wyprostowaniu i podwojeniu napięcia przez kondensatory C10 i C11 okazało się ono nieco za wysokie dla lampy, dlatego – za pomocą stabilizatora napięcia LM7812 – obniżyłem je do 12 V. Dodatkowo zastosowałem dwa kondensatory ceramiczne C12 i C13 odsprzęgające układ stabilizatora. Zasilanie żarzenia lamp zostało bezpośrednio podane na piny 4 i 5 podstawki lampy. Widok zmontowanego bloku podwajacza pokazano na **fotografii 2**.

Wyznaczenie punktu pracy wzmacniacza

Na **rysunku 2** widzimy charakterystykę prądowo-napięciową lampy PCL86. W zależności od napięcia anodowego obieramy punkt pracy lampy. Według charakterystyki przy napięciu około 250 V spadek napięcia na rezystorze katodowym musi wynosić ok. 8 V. Korzystając z prawa Ohma i wartości prądu przepływającego przez lampę oraz transformator głośnikowy, jesteśmy w stanie wyznaczyć punkt pracy.

Przy wartości prądu anodowego pentody równej 39 mA i spadku napięcia 8 V otrzymujemy rezystancję równą: 8 V/0,039 A = 205 Ω, biorąc pod uwagę typowe szeregi, wybraliśmy rezystor 200 Ω. Wyznaczyliśmy rezystancje, ale to nie wszystko – należy także obliczyć moc wydzielaną na tym oporniku. W celu wyznaczenia mocy zastosujemy wzór $P=U^2/R$:

$$P=(8\ V)^2/200\ \Omega=64\ V^2/200\ \Omega=0{,}32\ W$$

Rezystor musi rozproszyć wydzielaną moc o wartości 0,32 W w postaci ciepła, dlatego zastosowaliśmy rezystor 200 Ω o mocy maksymalnej 0,6 W. Tak samo wyznaczyliśmy parametry rezystora do triody.



Fotografia 3. Panel czołowy wzmacniacza

W katalogu lampy są podane wartości zarówno rezystorów katodowych, jak i wejściowych, stosowanych przy danych napięciach anodowych. Oprócz tego mamy podane pojemności dla kondensatorów katodowych. W przypadku PCL86 wynoszą one około 100 µF. Znając spadek napięcia na poziomie 8 V, wiemy, jakie powinny być parametry zastosowanego przez nas kondensatora.

Jak wcześniej wspomnieliśmy, zasilacz anodowy musi obniżyć napięcie z 300 V do około 250 V. Zasilacz wykonany został w kilku stopniach, aby obniżyć tętnienia napięcia sinusoidalnego – pokażemy zatem przykładowe obliczenia dla obwodu wyjściowego. Jak już wiemy, pentoda pobiera prąd na poziomie około 39 mA i potrzebuje napięcia o wartości 250 V. Mając do dyspozycji 300 V napięcia stałego, musimy obniżyć je o 50 V (300 V–50 V=250 V). Oznacza to, że na rezystorze odłoży się aż **50 woltów!** Używając znowu prawa Ohma, wyznaczamy rezystancję:

$$R = U/I$$

$$R = 50\ V/0{,}039\ A = 1200\ \Omega$$

Należy pamiętać, że 300 V było mierzone bez obciążenia, w praktyce, aby obniżyć napięcie do 250 V, wystarczy rezystancja równa 820 Ω.

Wyznaczmy wartość mocy traconej na oporniku:

$$P=U^2/R=(50\ V)^2/820\ \Omega=2500\ V^2/820\ \Omega\approx 3\ W$$

Wnętrze kompletnego urządzenia zaprezentowano na **fotografii tytułowej**, zaś widok panelu czołowego obudowy – na **fotografii 3**.

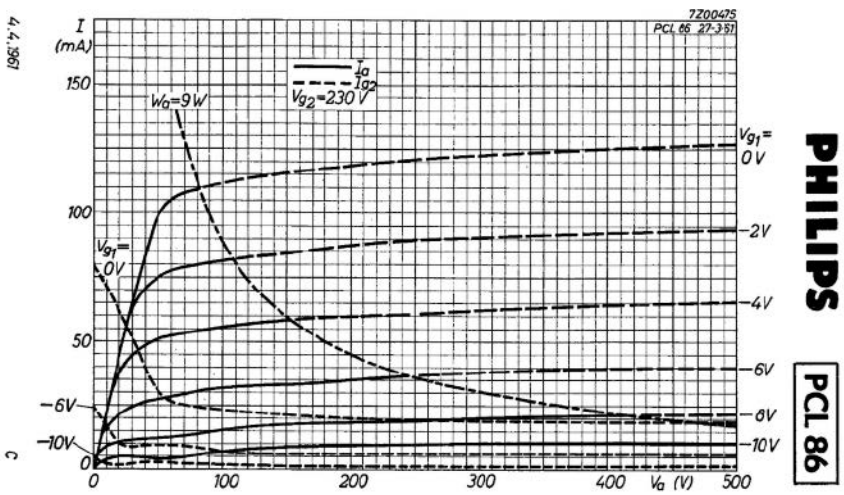
Wady i zalety wzmacniaczy lampowych

Wzmacniacze lampowe mają niewątpliwie zalety, ale także pewne wady. Do zalet należy ciepłe brzmienie dźwięku, które zwiane jest z wykładniczą charakterystyką lampy. Wzmacniacze lampowe wzmacniają parzyste harmoniczne, które są znacznie przyjemniejsze dla ucha aniżeli nieparzyste harmoniczne generowane przez wzmacniacze tranzystorowe. Wzmacniacze lampowe pracujące w klasie A lub AB charakteryzują się czystym brzmieniem.

Istotną zaletą wzmacniaczy lampowych jest ponadto odporność na przesterowanie. Wzmacniacze tranzystorowe bardzo szybko uzyskują stan nasycenia, który objawia się tym, że wierzchołki przebiegu sinusoidalnie zmiennego zostają „obcięte", co przekłada się na nieprzyjemny dla ucha dźwięk, wydobywający się z przetwornika elektroakustycznego. W lampowych wzmacniaczach po przesterowaniu ten efekt występuje również, ale ścięcie wierzchołka sinusoidy jest znacznie mniejsze, przez co w o wiele mniejszym stopniu słyszymy „charczenie" głośnika. Wzmacniacze lampowe również pod względem konstrukcji wymagają do poprawnego działania o wiele mniej elementów elektronicznych, w porównaniu do ich tranzystorowych braci. Kolejną zaletą wzmacniaczy lampowych jest odporność na zwarcie. Tranzystor w ułamku sekundy potrafi się spalić i uszkodzić, natomiast lampa pracująca w chwilowym zwarciu bez problemu wytrzyma obciążenie i będzie można ją nadal eksploatować.

Wśród wad wzmacniaczy lampowych należy wymienić: wysokie napięcie zasilania zagrażające życiu, wymagane dodatkowe napięcie żarzenia lampy, a także niskie moce wyjściowe w porównaniu do wzmacniaczy półprzewodnikowych o podobnych gabarytach. Do problemów należy również niska sprawność energetyczna w stosunku do mocy wyjściowej wzmacniacza. Ponadto niekiedy zdarza się konieczność wymiany lamp, ponieważ żywotność tych komponentów jest o wiele niższa niż tranzystorów, co wynika z potrzeby nagrzewania ich żarnika. Aby wzmacniacz lampowy mógł efektywnie przekazywać energię do głośnika, musi zostać wyposażony w transformator głośnikowy, który nie jest tani ani lekki.

Lampa nie może pracować bez obciążenia, ponieważ ulegnie uszkodzeniu.



Rysunek 2. Charakterystyka prądowo-napięciowa lampy Philips z 1961 r.

Hubert Żarnowski[a], Paweł Sobczak[a,b]
[a] Zespół Szkół Technicznych w Ostrowie Wielkopolskim
[b] Akademia Nauk Stosowanych w Koninie

eprasa.pl 11da584bde

W ofercie AVT*
AVT6036

Najważniejsze parametry:
- cztery wejścia stereo na złączach żeńskich RCA (Cinch),
- cztery wyjścia stereo na złączach żeńskich RCA (Cinch),
- każde z wyjść może zostać odłączone lub podłączone do jednego z wejść,
- proste sterowanie przyciskami,
- alfanumeryczny wyświetlacz LCD 2×16 znaków,
- podział na dwie płytki: przednią (sterującą z wyświetlaczem) i główną (z przekaźnikami) połączone taśmą,
- podświetlenie wyświetlacza LCD załączone na stałe i/lub przez 5 s od wciśnięcia przycisku,
- zasilanie napięciem stałym 12 V (lub 24 V po modyfikacji),
- pobór prądu 10...80 mA (w wersji 12 V).

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

AVT5796	Selektor wejść audio z przełącznikiem obrotowym (EP 8/2020)
AVT5717	Opóźniacz dołączenia głośników zasilany 230 V (EP 9/2019)
AVT3240	Selektor wejść audio (EdW 5/2019)
AVT1696	Uniwersalny przełącznik sygnałów – selektor audio (EP 8/2012)
AVT2854	Opóźniacz dołączania głośników (EdW 2/2008)

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

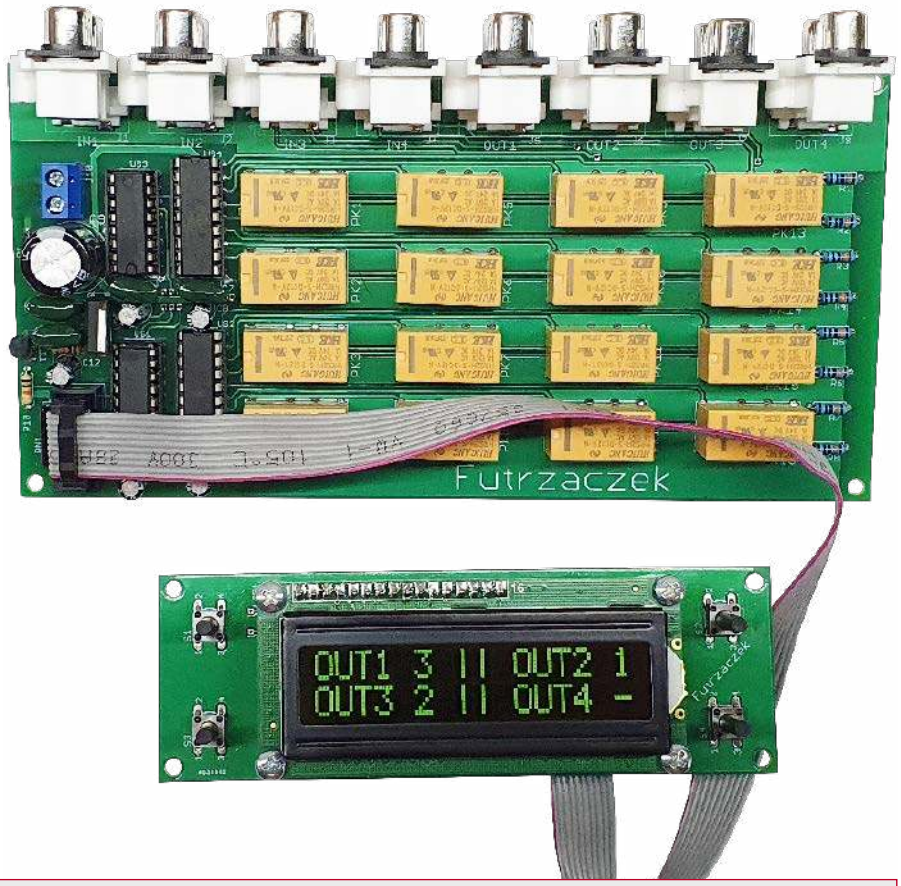
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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

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

Zaawansowany selektor audio

Selektory sygnału audio na ogół mają kilka wejść i jedno wyjście, które jest między tymi wejściami przełączane. Sytuacja komplikuje się, kiedy potencjalnych adresatów owego sygnału również jest więcej niż jeden. Wtedy właśnie może przydać się opisany poniżej układ.



Przykładowy domowy zestaw audio: odtwarzacz kasetowy (lub szpulowy deck), odtwarzacz CD, internetowy DAC, gramofon oraz wzmacniacz. Cztery źródła sygnału, jeden odbiornik. Podłączenie jest w tym przypadku banalne: wystarczy selektor typu „1 z 4”, a ponieważ wzmacniacz najczęściej wyposażony jest we wbudowany selektor, nie trzeba nawet dodatkowego klocka. Ale co zrobić w sytuacji, gdy mamy dwa różne wzmacniacze, na przykład słuchawkowy i głośnikowy?

Jeszcze inna możliwość: mam na wyposażeniu wzmacniacz słuchawkowy, głośnikowy, ADC do cyfrowej rejestracji dźwięku

Wykaz elementów:

Płytka przednia
Rezystory: (THT o mocy 0,25 W)
R1: 10 kΩ
R2: 1 kΩ
R3...R8: 470 Ω
RN1: 4 × 10 kΩ SIL5
P1...P3: 10 kΩ montażowy leżący jednoobrotowy

Kondensatory:
C1, C4: 100 µF 16 V raster 2,5 mm
C2, C3, C5: 100 nF raster 5 mm MKT

Półprzewodniki:
LCD1: 2×16, zgodny z HD44780, np. LCD2X1615
T1: BC546

Inne:
J1: goldpin 5 pin męski 2,54 mm THT
J2: IDC 10 męski prosty do druku 2×5 2,54 mm
JP1, JP2: goldpin 2 pin męski 2,54 mm THT + zworka
S1...S4: microswitch 6×6 13,5 mm
Jedna podstawka DIP28 wąska
Złącze męskie i żeńskie goldpin 1×16 pin 2,54 mm
Cztery tuleje dystansowe gwint wewnętrzny M3
12 mm poliamid
Osiem śrub M3 6 mm

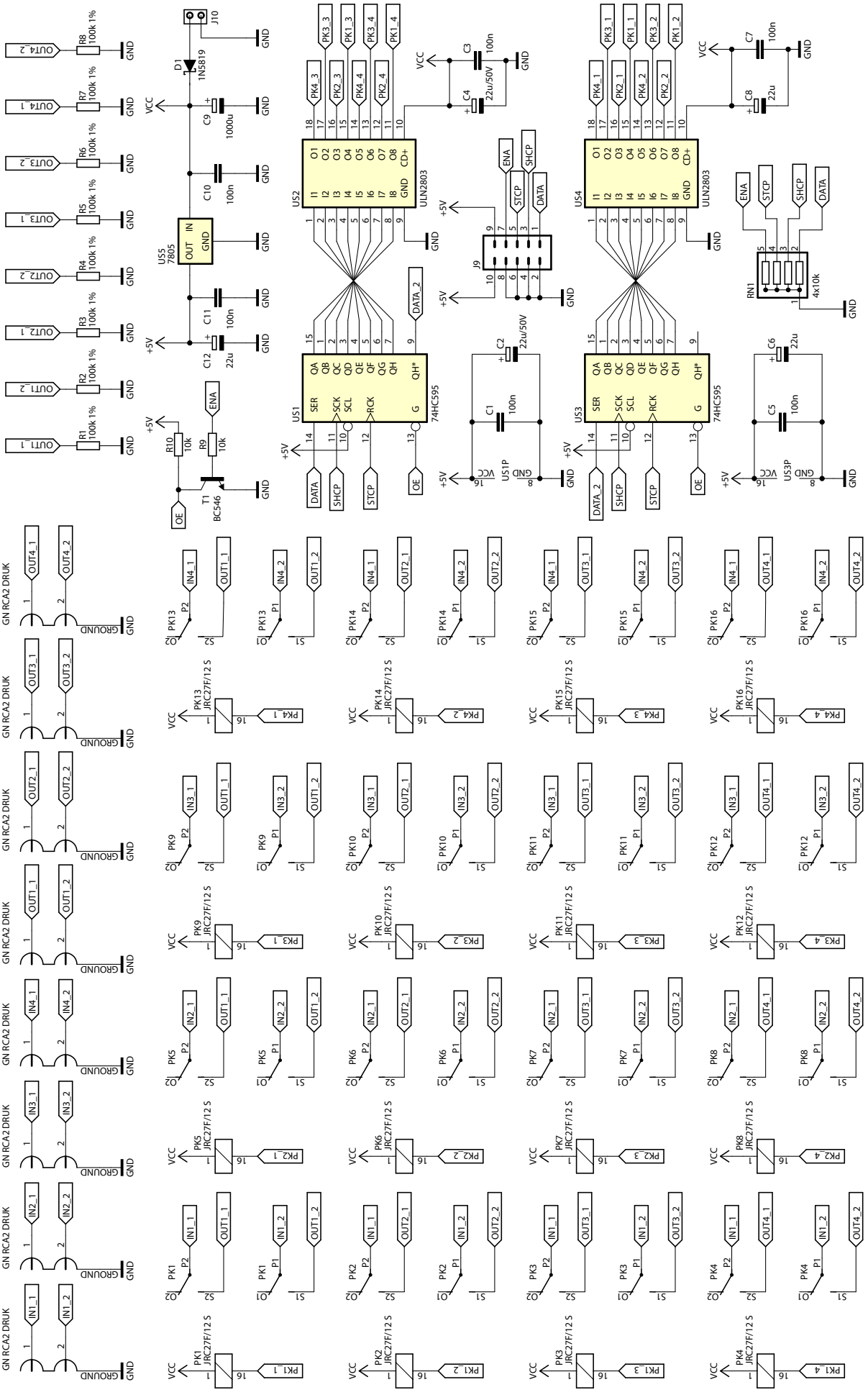
Płytka dolna
Rezystory: (THT o mocy 0,25 W)
R1...R8: 100 kΩ 1% (opis w tekście)
R9, R10: 10 kΩ
RN1: 4 × 10 kΩ SIL5

Kondensatory:
C1, C3, C5, C7, C10, C11: 100 nF raster 5 mm MKT
C2, C4, C6, C8, C12: 1 µF 50 V raster 2,5 mm
C9: 1000 µF 35 V raster 5 mm

Półprzewodniki:
D1: 1N5819
T1: BC546
US1, US3: 74HC595 DIP16
US2, US4: ULN2803 DIP18
US5: 7805 TO220

Inne:
J1...J8: GN RCA2 DRUK
J9: IDC 10 męski prosty do druku 2×5 2,54 mm
J10: ARK2/500
PK1...PK16: JRC27F/12 S (opis w tekście)
Dwie podstawki DIP16
Dwie podstawki DIP18

eprasa.pl 11da584bde



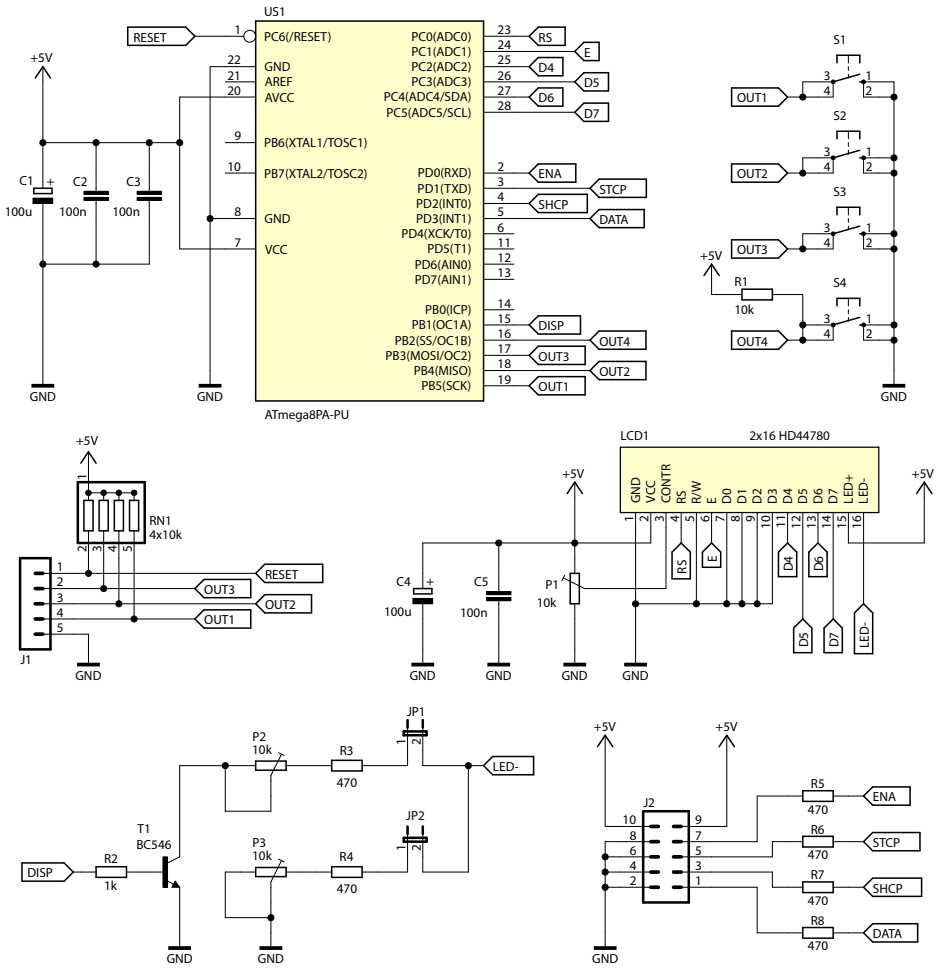
Rysunek 1. Schemat ideowy płytki głównej

eprasa.pl 11da584bde

z taśm lub gramofonu oraz kino domowe. Przecież tego nie da się podłączyć bez plątaniny kabli, którą trzeba byłoby przekładać przy każdej próbie zmiany jakichkolwiek parametrów! A gdyby zechcieć podłączyć jedno źródło do dwóch wzmacniaczy, konieczny byłby rozgałęźnik. W efekcie otrzymujemy bałagan i chaos. Remedium stanowi… ten układ.

Budowa

Urządzenie zostało podzielone na dwie płytki drukowane, połączone dla wygody pojedynczą taśmą. Główna płytka zawiera złącza sygnałowe oraz przekaźniki i osprzęt konieczny do ich sterowania, natomiast jej szczegółowy schemat ideowy znajduje się na **rysunku 1**. Osiem podwójnych gniazd sygnałowych jest przełączanych przez zestaw szesnastu przekaźników sygnałowych – tak aby możliwe było połączenie typu „każdy z każdym”, a dokładniej: każde wyjście (J5…J8) można było połączyć z dokładnie jednym wejściem (J1…J4) lub zostawić niepodłączone. Algorytm sterowania został napisany tak, by wykluczyć możliwość jednoczesnego podłączenia dwóch wejść do jednego wyjścia, co skutkowałoby ich zwarciem między sobą – można jednak sygnał z jednego wejścia przekierować do kilku wyjść jednocześnie.



Rysunek 2. Schemat ideowy płytki przedniej

Za wstępną polaryzację wyjść odpowiadają rezystory R1…R8. W prototypie użyto elementów niskoszumowych, metalizowanych i do tego precyzyjnych – o tolerancji 1%. Rezystancja 100 kΩ nie powinna nadmiernie obciążać żadnego z popularnych dzisiaj źródeł sygnału, a jednocześnie nie pozostawi wejścia aktualnie odłączonego wzmacniacza (lub innego odbiornika) „wiszącego w powietrzu”. Im niższa jest wspomniana rezystancja, tym mniejszy wpływ na działanie tego układu mają wszechobecne zakłócenia, za to mocniej obciążane są wyjścia źródeł, co może skutkować zmniejszeniem amplitudy sygnału audio.

Jako przekaźniki sygnałowe zostały użyte popularne i niedrogie JRC27F z cewkami przystosowanymi do napięcia 12 V. Nic nie stoi na przeszkodzie, by użyć ich odpowiedników dostosowanych do zasilania napięciem 24 V, czyli JRC27F/24 S z oferty Sklepu AVT. Te niewielkie przekaźniki o konfiguracji styków DPDT pozwalają na niezawodne przełączanie sygnałów o dowolnie małym natężeniu prądu, czego nie potrafią ich większe odpowiedniki, jak RM84, w których z czasem dochodzi do pogorszenia parametrów przewodzenia przy zbyt niskim obciążeniu.

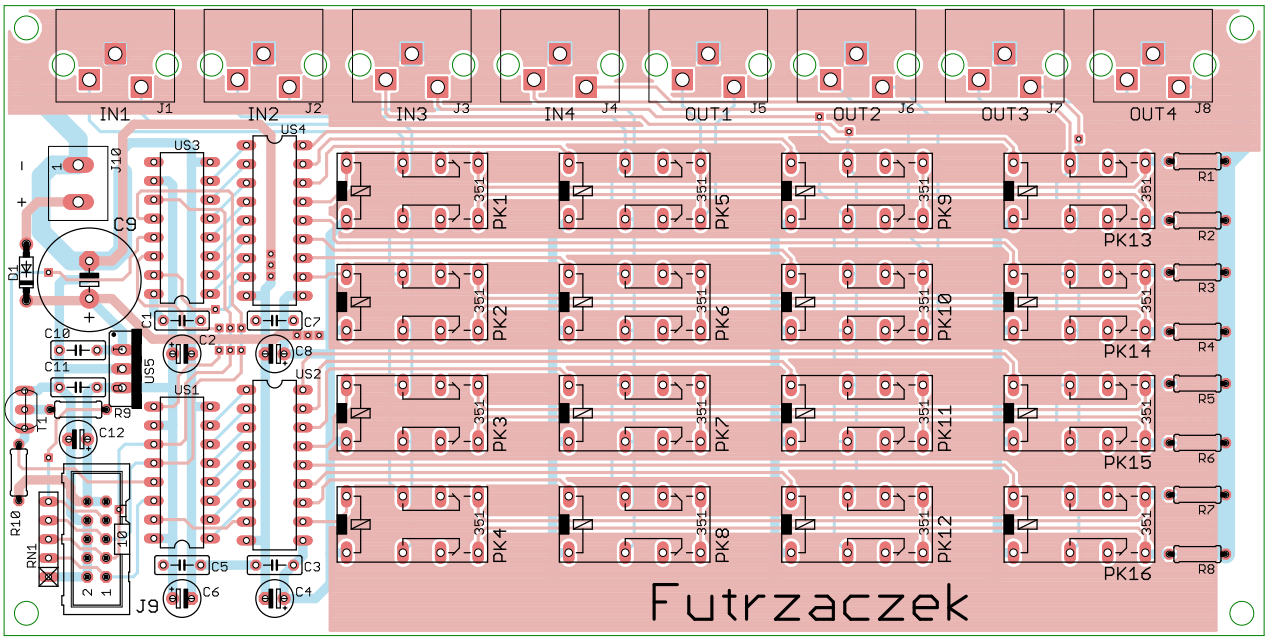
Czym sterować szesnaście przekaźników, szesnastoma tranzystorami? Czemu nie, ale uprośćmy sobie zadanie – gotowe układy ULN2803 mają w swojej strukturze po osiem kluczy nasyconych, wraz z diodami zabezpieczającymi przed uszkodzeniem podczas sterowania obciążeniami o charakterze indukcyjnym. Ponadto mają też wbudowane rezystory ograniczające prądy baz tychże tranzystorów, co oznacza, że praktycznie nie trzeba im elementów zewnętrznych do poprawnego działania. Warto jednak postawić w ich pobliżu kondensatory filtrujące zasilanie (tutaj: 100 nF + 22 µF), aby impuls samoindukcji od wyłączającego się uzwojenia przekaźnika został pochłonięty, a nie rozpłynął się po dalszych obwodach na płytce.

Szesnaście tranzystorów, nawet scalonych w grupy po osiem, wymaga aż szesnastu linii I/O mikrokontrolera do ich sterowania. Warto używać aż tylu? W tym wypadku zdecydowanie nie; nie byłoby żadnych korzyści z takiego posunięcia, stany przekaźników zmieniają się przecież stosunkowo rzadko. Dlatego użyto dwóch układów typu 74HC595, połączonych kaskadowo, a stanowiących rejestry przesuwne z wejściami szeregowymi oraz wyjściami równoległymi. Można wpisać do nich dwa bajty i poustawiać w ten sposób stan logiczny łącznie szesnastu wyjść – to wszystko dzięki czterem nóżkom układu programowalnego.

Płytkę główną z przednią łączy się poprzez złącze IDC10, do którego można zacisnąć elegancką i łatwą do ułożenia taśmę. Przez owe złącze przepływają sygnały sterujące dla układów US1 i US3. Rezystory znajdujące się w drabince RN1 polaryzują wspomniane wejścia niskim stanem logicznym, aby nie „wisiały one w powietrzu” przy braku podłączenia. Wyjątkiem jest wyprowadzenie OE (Output Enable), które powinno domyślnie przyjmować wysoki stan logiczny, aby przekaźniki były odłączone. Zapobiega to ich chaotycznemu ustawieniu zaraz po włączeniu zasilania, kiedy w rejestrach znajdują się losowe wartości. Zatkany tranzystor T1 zostaje nasycony dopiero po podaniu stanu wysokiego przez mikrokontroler, co dzieje się po wysłaniu przezeń ustawień dla ‘595 – dlatego na linii OE w stanie spoczynku mamy wysoki stan logiczny, który zostaje sprowadzony do zera dopiero na wyraźne żądanie układu zawiadującego pracą selektora.

Na tej samej płycie mamy też prosty stabilizator typu 7805, który dostarcza napięcia do znajdujących się na niej układów cyfrowych oraz do płytki przedniej. Pobór prądu przez elementy na tej ostatniej jest na tyle niski, że spadek napięcia na przewodach taśmy nie będzie dla układu w jakikolwiek sposób odczuwalny. Wszystkie kondensatory elektrolityczne występujące na tej płytce zostały tak dobrane, aby przystosowanie jej do zasilania napięciem 24 V sprowadzało się jedynie do wymiany przekaźników na wcześniej opisane.

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 3. Schemat montażowy i wzór ścieżek płytki głównej

Schemat ideowy płytki przedniej selektora audio znajduje się na **rysunku 2**. Najistotniejszym elementem jest tu układ Atmega8A-PU. To mikrokontroler z nadal popularnej i niezawodnej rodziny AVR, mimo, że jest ona dostępna na rynku już od wielu lat. Liczba jego konfigurowalnych wyprowadzeń oraz ilość pamięci okazują się całkowicie wystarczające do realizacji tego zadania. Kondensatory C1…C3 filtrują napięcie zasilające mikrokontroler i zmniejszają impedancję obsługującego go źródła zasilania. Nie zastosowano zewnętrznego rezonatora kwarcowego do stabilizacji częstotliwości sygnału zegarowego, gdyż układ w ogóle nie realizuje zadań krytycznych czasowo.

Do obsługi selektora, a dokładniej przełączania wyjść, służą cztery przyciski monostabilne S1…S4. Wszystkie wyposażone zostały w zewnętrzne rezystory podciągające, przy czym trzy pierwsze używają rezystorów zawartych w RN1, zaś S4 współpracuje z dyskretnym rezystorem podciągającym R1. Zmniejsza to wrażliwość układu na zakłócenia. Wszystkie linie służące programowaniu ISP zostały podciągnięte do potencjału +5 V za pośrednictwem rezystorów z drabinki RN1. Programowanie mikrokontrolera może odbywać się zarówno po włożeniu go w podstawkę programatora, jak i za pośrednictwem złącza J1.

Użytkownik widzi informacje podawane przez układ na wyświetlaczu LCD1, który z kolei zawiera sterownik typu HD44780 (lub zgodny z nim). Pokazuje on dwa wiersze, po szesnaście znaków w każdym. Potencjometrem P1 ustawia się kontrast ekranu. Do komunikacji z mikrokontrolerem używanych jest sześć linii sygnałowych.

Zasilanie podświetlenia wyświetlacza odbywa się w dwojaki sposób. Po pierwsze, może się ono świecić stale, jeżeli zostanie zwarta zworka JP2. Prąd zasilający diody podświetlenia jest wtedy ograniczany przez szeregowo połączone R4 i P3, którymi można regulować jego jasność – chyba że JP2 zostanie rozwarta. Drugi wariant stanowi sterowanie go poprzez mikrokontroler, który ma możliwość załączenia podświetlenia na 5 s po każdym wciśnięciu któregokolwiek przycisku – po nasyceniu tranzystora T1. Wtedy to, o ile została zwarta zworka JP1, podświetlenie jest rozjaśniane (lub w ogóle załączane, jeżeli JP2 jest zdjęta), dzięki dodatkowej drodze dla prądu, zapewnianej przez R3 i P2.

Sygnały sterujące do płytki głównej oraz pochodzące z niej napięcie zasilania są dostarczane przez złącze J1, identyczne jak na płytce głównej. Rezystory R5…R8 o rezystancji 470 Ω każdy zmniejszają natężenie prądu przepływającego przez przypadkowo zwartą linię sygnałową, a ponadto zwiększają czas narastania i opadania napięcia w przewodach taśmy IDC10. Nie daje to dopasowania falowego, o które zresztą nie trzeba tutaj zabiegać, lecz wystarczająco zapobiega powstawaniu odbić od końca taśmy z powrotem do mikrokontrolera, co objawiałoby się „dzwonieniem" w liniach sygnałowych.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwóch dwustronnych płytkach drukowanych o wymiarach: 170 mm × 85 mm (płytka główna) i 120 mm × 40 mm (płytka przednia). Ich wzory ścieżek oraz schematy montażowe pokazano, odpowiednio, na **rysunku 3** i **rysunku 4**. W odległości 3 mm od krawędzi obu płytek znalazły się cztery otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm. Złącza RCA na płytce głównej są dosunięte do jej dłuższej krawędzi i zlokalizowane w odległości 20 mm od siebie. Skrajne złącza (IN1 i OUT4) usytuowane zostały w odległości 15 mm od bocznych krawędzi laminatu.

Montaż obu płytek proponuję rozpocząć od elementów o najmniejszej

REKLAMA



eprasa.pl 11da584bde

wysokości obudowy, czyli rezystorów i diod. Pod wszystkie układy scalone w obudowach DIP proponuję zastosować podstawki, aby ułatwić ich wymianę w razie uszkodzenia. Zmontowaną płytkę główną można zobaczyć w szczegółach na **fotografii 1**. Na płytce przedniej tylko wyświetlacz LCD i przyciski są montowane na górnej stronie laminatu (**fotografia 2**), zaś cała reszta elementów – na stronie spodniej (**fotografia 3**). Lutowanie złącza do wyświetlacza polecam zostawić na sam koniec, po dokładnym przykręceniu, aby ewentualny naddatek wysokości tulei mógł ulec skompensowaniu przez lekkie wystawanie złączy z powierzchni płytki. W ten sposób część męska i żeńska wchodzą w siebie całkowicie, co zapewnia dobry kontakt elektryczny między nimi. Rozmieszczenie przycisków i wyświetlacza na powierzchni płytki pokazano na **rysunku 5**; dzięki niemu łatwiej będzie wykonać obudowę do opisywanego urządzenia.

Na etapie uruchamiania konieczne okazuje się zaprogramowanie pamięci Flash mikrokontrolera dostarczonym wsadem oraz zmiana jego bitów zabezpieczających. Oto ich nowe wartości:

```
Low Fuse = 0x24
High Fuse = 0xD9
```

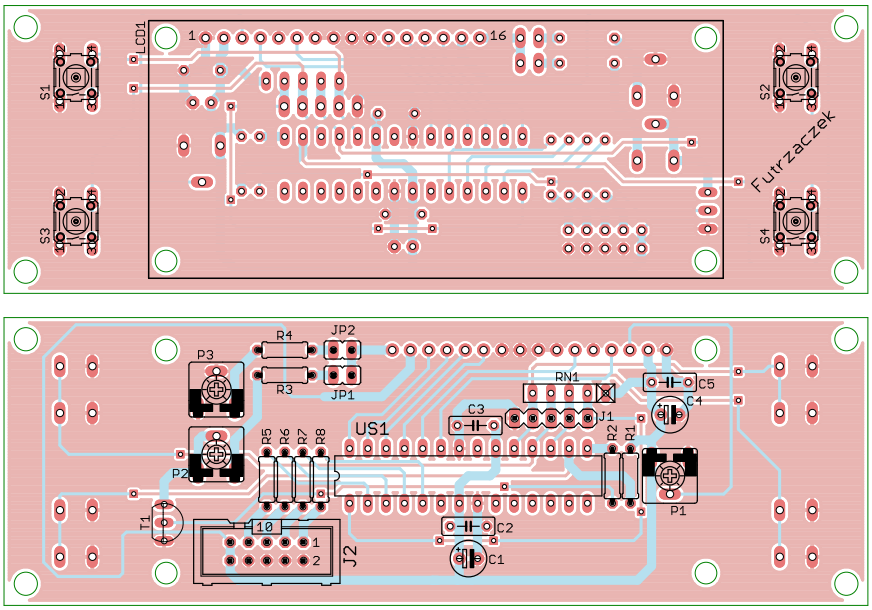
Szczegóły widoczne są na **rysunku 6**, który zawiera widok okna konfiguracji tychże bitów z programu BitBurner. W ten sposób zostanie uruchomiony wewnętrzny generator RC o częstotliwości oscylacji 8 MHz oraz Brown-Out Detector, który wprowadzi mikrokontroler w stan zerowania, jeżeli jego napięcie zasilające spadnie poniżej 4 V. Takie rozwiązanie znacznie zmniejsza ryzyko zawieszenia się mikrokontrolera podczas uruchamiania.

Poprawnie zaprogramowany układ jest gotowy do działania po ustawieniu kontrastu wyświetlacza potencjometrem P1 na płytce przedniej. Do zasilania powinno służyć napięcie stałe o wartości około 12 V, dobrze filtrowane, a najlepiej – stabilizowane. Po wymianie przekaźników, co zostało opisane już wcześniej w artykule, układ może pracować przy napięciu 24 V. Pobór prądu przy 12 V wynosi około 10 mA (przy wyłączonych przekaźnikach) – oraz około 80 mA, kiedy wszystkie wyjścia zostaną załączone. Długość taśmy IDC10 między płytkami nie ma większego znaczenia, o ile mieści się w rozsądnych granicach (tj. nie przekracza kilkadziesięciu centymetrów).

Przełączanie wejść dołączonych do danego wejścia odbywa się bardzo prosto: poprzez wciskanie przycisku znajdującego się przy danym narożniku wyświetlacza. Do wyboru jest pięć opcji: numery 1…4 oraz kreska. Pojawienie się napisu – przykładowo: **OUT1 3** – oznacza, że do wyjścia OUT1 zostało dołączone wejście IN3. Z kolei

a)

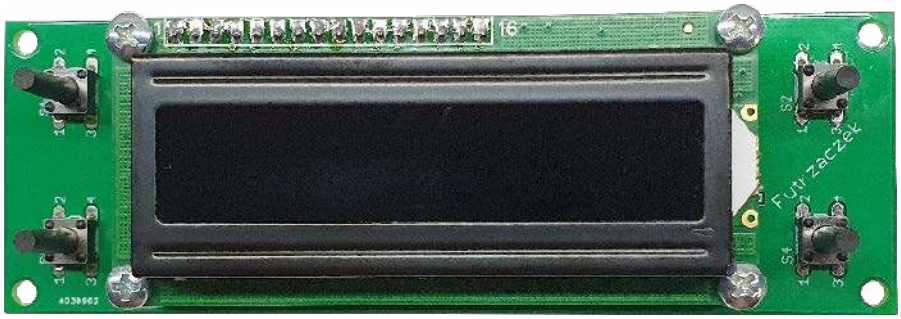
b)



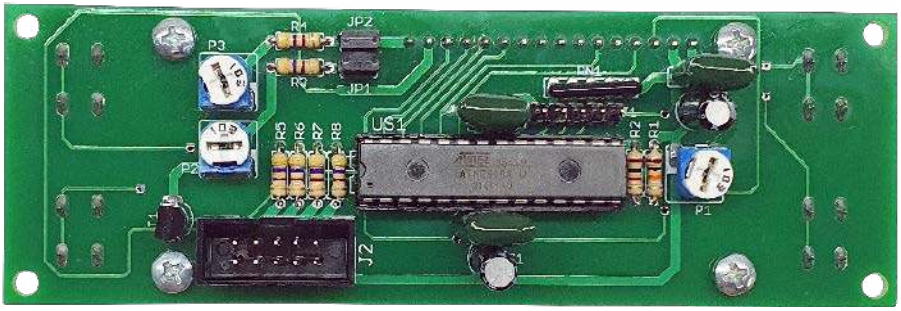
Rysunek 4. Schemat montażowy i wzór ścieżek płytki przedniej (a – warstwa top, b – warstwa bottom)



Fotografia 1. Widok zmontowanej płytki głównej

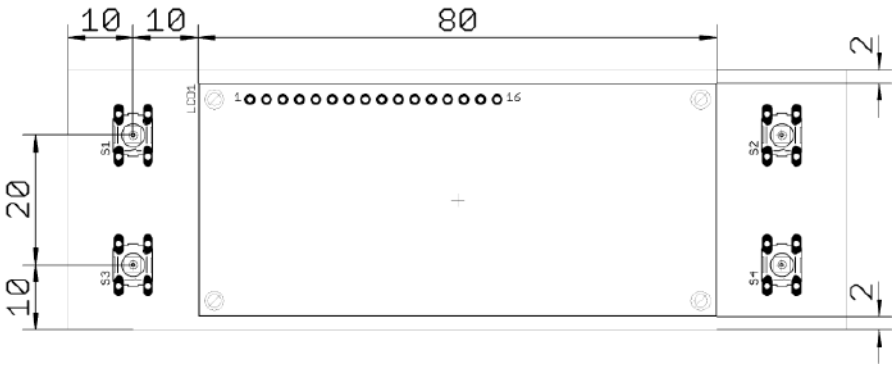


Fotografia 2. Widok zmontowanej płytki przedniej od strony górnej (top)

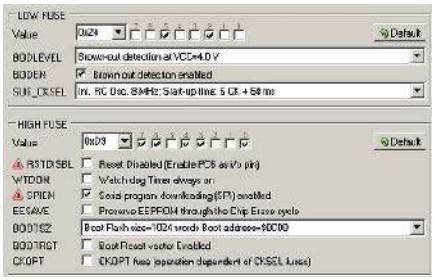


Fotografia 3. Widok zmontowanej płytki przedniej od strony spodniej (bottom)

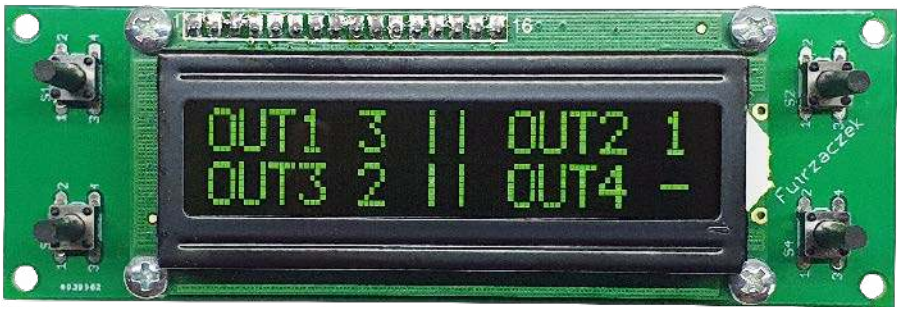
eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 5. Lokalizacja wyświetlacza oraz przycisków na płytce przedniej



Rysunek 6. Szczegóły ustawienia bitów zabezpieczających



Fotografia 4. Widok wyświetlacza w trakcie pracy układu

tekst **OUT2** sygnalizuje, że wyjście OUT2 jest odłączone od wszystkich wejść i polaryzują je jedynie rezystory. Proste i czytelne. Po każdej modyfikacji ustawienia zmiany te są zapisywane w nieulotnej pamięci EEPROM i odczytywane na nowo po przywróceniu zasilania układu. Widok wyświetlacza w czasie pracy pokazano na **fotografii 4**. Warto zawczasu ustawić żądaną jasność podświetlenia wyświetlacza, zarówno tę stałą (potencjometr P3 + zwarta zworka JP3), jak i tę załączaną na 5 s po zmianie nastaw (potencjometr P2 + zworka JP1).

Parametry przewodzonego przez układ sygnału niskonapięciowego nie mają większego znaczenia. Za jego pomocą można krosować sygnały pochodzące, na przykład, z różnych czujników – analogowych lub cyfrowych. Warto jednak pamiętać, że masy wszystkich sygnałów oraz masa zasilania układu są ze sobą połączone.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA



O projektach, miniprojektach, projektach soft i na wiele innych tematów dyskutuj na https://forum.ep.com.pl

eprasa.pl 11da584bde

Najważniejsze parametry:
- konstrukcja oparta na scalonym przetworniku EMC1046/7,
- interfejs: I²C,
- cztery kanały pomiarowe do podłączenia czujników tranzystorowych,
- rozdzielczość pomiaru: 0,125°C,
- dokładność: ±2%,
- zakres pomiarowy: –40...+127°C,
- częstotliwość odczytów: 4 Hz,
- napięcie zasilania: 3,3 V,
- poziom logiczny na liniach SDA/SCL: 3,3...5 V (wbudowany translator),
- wbudowany dodatkowy, piąty czujnik na PCB.

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

AVT6018	Termometr z pamięcią wartości skrajnych (EP 12/2023)
AVT5986	Termometr różnicowy (EP 6/2023)
AVT5952	eT – wielokanałowy, bezprzewodowy system pomiaru temperatury (EP 9/2022)
AVT5949	Energooszczędny termometr LED (EP 8/2022)
AVT5892	Energooszczędny termometr z kalibracją (EP 10/2021)
AVT1999	2-kanałowy termometr MIN-MAX z alarmem (EP 8/2018)
AVT5623	4-kanałowy termometr z interfejsem Wi-Fi (EP 4/2018)
AVT5566	THPStation – rozbudowany termometr z Wi-Fi (EP 1/2017)
AVT5535	Termometr 2-kanałowy z interfejsem Bluetooth (EP 4/2016)
AVT5518	Termometr bezprzewodowy (EP 11/2015)

W ofercie AVT*
AVT6037

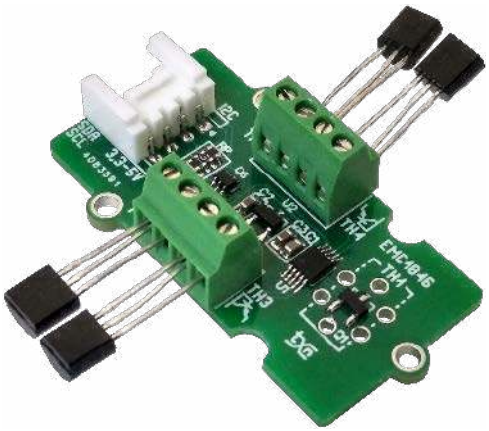
* **Uwaga!** Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja **[B]** nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji **[B]** zawiera elementy elektroniczne (w tym **[UK]** – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie 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**.

Pięciokanałowy termometr I²C



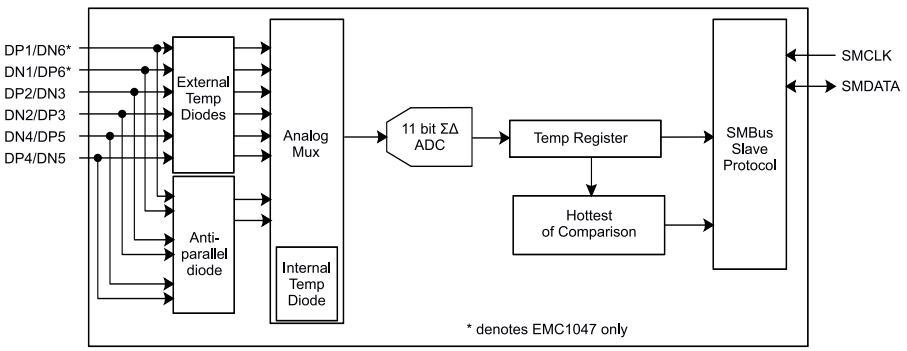
W niektórych sytuacjach przydatny okazuje się pomiar temperatury w kilku niezależnych punktach urządzenia. Na rynku dostępne są oczywiście termometry 1-Wire czy I²C, ułatwiające prostą realizację małej sieci niezależnych termometrów, problematyczny jest jednak ich koszt oraz, niestety, ryzyko natrafienia na podróbkę. Prezentowany układ używa jako czujników najzwyczajniejszych tranzystorów krzemowych NPN typu 2N3904 – dzięki czemu nawet kilka kanałów pomiaru można wykonać niewielkim kosztem i to praktycznie z elementów zalegających w szufladach.

W module zastosowano gotowe rozwiązanie przetwornika temperatury na magistrali I²C oparte o układ EMC1046/7 firmy Microchip. Strukturę wewnętrzną układu pokazano na **rysunku 1** – jest on kompletnym sześciokanałowym przetwornikiem temperatury, który obsługuje pięć czujników zewnętrznych i jeden czujnik wbudowany w strukturę. Każdy z kanałów ma obwód obróbki sygnału z filtracją, dzięki któremu z rejestrów danych można odczytać wartość temperatury niewymagającą już dalszej obróbki matematycznej. Odczyt możliwy jest z rozdzielczością 0,125°C i dokładnością nie gorszą niż ±2% w zakresie temperatur –40...+127°C. Przy konwersji 4×/sekundę pobór prądu nie przekracza 1 mA. Dostępny jest bliźniaczy układ EMC1047, zgodny wyprowadzeniami z EMC1046, ale wyposażony w dodatkowy, szósty kanał pomiaru temperatury zewnętrznej, który w module można stosować zamiennie.

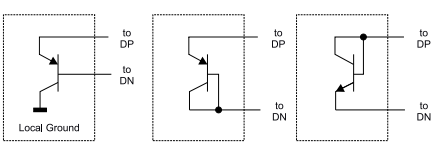
EMC1046 odpowiada za obróbkę sygnału ze złączy diodowych czujników temperatury, umożliwia ich kalibrację i kompensację (zarówno rozrzutów parametrów struktur, jak i rezystancji przewodów pomiarowych) oraz raportuje ich uszkodzenia. Dane temperaturowe mogą być uśredniane, a maksymalna częstotliwość pomiaru to 4 Hz, co wystarcza w wielu zastosowaniach. Układ automatycznie wykrywa najwyższą temperaturę i wskazuje kanał pomiarowy, w którym została ona zarejestrowana. Ułatwia to konstrukcję wszelkiego rodzaju termostatów oraz układów sterowania chłodzeniem. Interfejs komunikacyjny stanowi magistrala I²C/SMBus, adres układu to 0x4c. EMC1046 wymaga zasilania 3,3 V. Dzięki zastosowaniu antyrównoległego połączenia elementów pomiarowych w kanałach 2...4 możliwe było zmniejszenie liczby wyprowadzeń i umieszczenie układu w obudowie MSOP10. Obsługiwane topologie podłączenia czujników do EMC1046 pokazano na **rysunku 2**.

Pierwszy od lewej rysunek pokazuje przykładowe podłączenie diody wbudowanej w strukturę układu (np. mikroprocesora), środkowa konfiguracja używa typowego tranzystora PNP (2N3906), natomiast prawy sposób podłączenia korzysta z tranzystora NPN (2N3904). Czujniki tranzystorowe mogą być podłączone antyrównolegle w kanałach 2...5. Każdy kanał wyposażony został w detekcję zwarcia i rozwarcia czujnika oraz kompensację rezystancji przewodów.

Schemat ideowy modułu i sposób podłączenia czujników pokazano na **rysunku 3**.



Rysunek 1. Struktura wewnętrzna EMC1046/7 (za notą Microchip)



Rysunek 2. Sposoby podłączenia czujników temperatury (za notą Microchip)

Wykaz elementów:

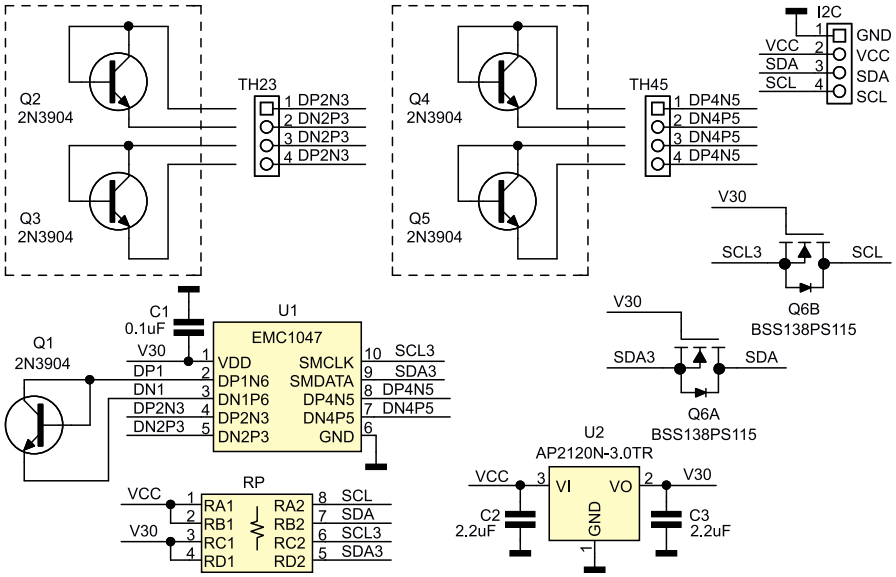
Rezystory:
RP: drabinka 4×10 kΩ (CRA06S08)

Kondensatory: (SMD 0603, X7R, 10 V)
C1: 100 nF
C2, C3: 2,2 µF

Półprzewodniki:
Q1: 2N3904 (SOT-23)
Q2...Q5: 2N3904 (TO-92B)
Q6: BSS138PS115 (SC88)
U1: EMC1047-1 (MSOP10)
U2: AP2120N-3.0TRG1 (SOT-23)

Pozostałe:
I²C: złącze Grove kątowe (110990037)
TH23, TH45: złącze MPT 2,54 mm 4-pinowe (MPT0.5/4-2.54)

eprasa.pl 11da584bde

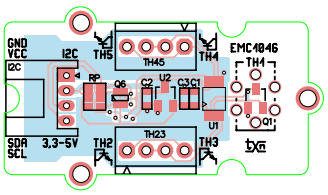


Rysunek 3. Schemat modułu

Jak przystało na rozwiązanie specjalizowane, schemat jest bardzo prosty: poza U1 typu EMC1046/7, układ zawiera jedynie kondensator odsprzęgający zasilanie C1 oraz konwerter poziomów na tranzystorze Q6, umożliwiający współpracę modułu z systemami 3,3...5 V. Stabilizator LDO U2 dostarcza napięcia zasilania 3,0 V do U1. Sygnały zasilania i magistrali wyprowadzone są na złącze I²C zgodne z Grove. Czujniki temperatury Q2...6 typu 2N3904 podłączone są do złączy TH23, TH45. Dodatkowo na płytce do kanału 1 podłączony został tranzystor Q1, który może być użyty do pomiaru temperatury otoczenia lub uśredniania jej z pomiarami czujnika wbudowanego w U1.

Rozmieszczenie elementów zobrazowano na **rysunku 4**, zmontowany moduł – na **fotografii otwierającej**.

Wszystkie konfiguracje i odczyty EMC1428 odbywają się pod adresem 0x4C magistrali I²C. Wymiana danych i konfiguracja przebiega z wykorzystaniem rejestrów, których pełna mapa znajduje się w dokumentacji. Minimalny zestaw niezbędny do pomiaru temperatury opisano w **tabeli 1**.



Rysunek 4. Rozmieszczenie elementów na PCB modułu

```
pi@PI4:~ $ i2cdetect -y 1
     0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:          -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
10: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
20: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
30: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
40: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- 4c -- -- --
50: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
60: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
70: -- -- -- -- -- -- -- --
pi@PI4:~ $
```

Rysunek 5. Detekcja układu EMC1046

Pierwszy odczytywany rejestr to FDh, w którym przechowywana jest wartość `0x1A` identyfikująca EMC1046 – lub `0x1C` wskazująca EMC1047. Prawidłowy odczyt rejestru może być uznany za detekcję układu na I²C. W rejestrach `FEh=5Dh`, `FFh=01h` przechowywane są odpowiednio: ID producenta i wersja układu. Każdy odczyt temperatury (10 bitów + znak) zajmuje dwa rejestry, przy czym należy zwrócić uwagę, że nie wszystkie są umieszczone pod kolejnymi adresami. Znaczenie bitów w parze rejestrów temperatury zaprezentowano w **tabeli 2**.

Szybkiego sprawdzenia działania układu można dokonać po podłączeniu go do Raspberry Pi. Poleceniem `i2cdetect -y 1`, sprawdzamy obecność układu na magistrali (**rysunek 5**).

Poleceniem `i2cset -y 1 0x4c 0x3b 0x06` aktywujemy obsługę czujników w połączeniu antyrównoległym.

Poleceniem `i2cdump 1 0x4c` możemy odczytać zawartość rejestrów dostępnych pod adresem `0x4c` i sprawdzić poprawność konwersji (**rysunek 6**).

Pod adresami `0x00/29`, `0x01/10`, `0x23/24`, `0x2A/2B`, `0x41/42`, `0x43/44` dostępne są odczyty temperatur. Jeżeli testowanie przebiegło pomyślnie, można moduł zastosować we własnej aplikacji, aby uzyskać więcej niż podstawowy pomiar temperatury.

Adam Tatuś, EP

```
pi@PI4:~ $ i2cdump 1 0x4c
No size specified (using byte-data access)
WARNING! This program can confuse your I2C bus, cause data loss and worse!
I will probe file /dev/i2c-1, address 0x4c, mode byte
Continue? [Y/n] y
     0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f    0123456789abcdef
00: 18 18 80 00 06 55 00 55 00 00 06 55 00 55 00 00    ???.?U.U..?U.U..
10: 20 00 00 00 00 55 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00     ....U..........
20: 00 00 00 18 20 0f 0f 00 00 00 18 40 55 00 00 00    ...? ??...?@U...
30: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 06 00 00 00 00 00 00    ..........?.....
40: 00 18 60 18 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00    .?`??...........
50: 55 00 00 00 55 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00    U...U...........
60: 0e 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00    ?...............
70: 00 0f 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00    .?..............
80: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00    ................
90: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00    ................
a0: 00 00 00 00 57 e0 00 00 03 80 00 13 2f 03 20 02    ....W?..??.?/? ?
b0: 20 00 00 00 20 00 20 00 00 00 00 12 00 00 00 00     ... . .....?...
c0: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00    ................
d0: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00    ................
e0: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00    ................
f0: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 1a 5d 01       .............?]?
pi@PI4:~ $
```

Rysunek 6. Wynik działania polecenia i2cdump

Tabela 1. Podstawowe rejestry EMC1046/7

Lp	Adres rejestru	R/W	Wartość	Opis
1	0xFD	R	0x1A	ID produktu (1C dla EMC1047)
2	0xFE	R	0x5D	ID producenta
3	0xFF	R	0x01	Wersja układu
4	0x3B	W	0x07	Aktywacja funkcji Dual Sensor dla kanałów 2...5
5	0x40	W	0x7E	Aktywacja uśredniania
6	0x04	W	0x06	Częstotliwość konwersji 4 Hz (domyślnie, zależna od liczby aktywnych kanałów)
7	0x00/0x29	R	Znak+temperatura	Pomiar temperatury wewnętrznej EMC1047
8	0x01/0x10	R	Znak+temperatura	Kanał 1
9	0x23/0x24	R	Znak+temperatura	Kanał 2
10	0x2A/0x2B	R	Znak+temperatura	Kanał 3
11	0x41/0x42	R	Znak+temperatura	Kanał 4
12	0x43/0x44	R	Znak+temperatura	Kanał 5
13	0x45/0x46	R	Znak+temperatura	Kanał 6 (tylko EMC1047)

Tabela 2. Przykładowe rejestry temperatury (czujnik wbudowany)

ADDR	R/W	REGISTER	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	DEFAULT
00h	R	Internal Diode High Byte	Sign	64	32	16	8	4	2	1	00h
29h	R	Internal Diode Low Byte	0,5	0,25	0,125	–	–	–	–	–	00h

eprasa.pl 11da584bde

W ofercie AVT*
AVT6038

Najważniejsze parametry:
- moduł na bazie wyświetlacza LCD z kontrolerem SSD1803A,
- programowe sterowanie kontrastem,
- dwa rozmiary znaków do wyboru (2,6 mm, 4,55 mm),
- możliwość zastosowania jednej z kilku wersji kolorystycznych podświetlenia,
- komunikacja z modułem: I²C (wbudowany translator poziomów),
- napięcie zasilania: 3...5 V.

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

AVT6018	Termometr z pamięcią wartości skrajnych (EP 12/2023)
AVT5986	Termometr różnicowy (EP 6/2023)
AVT5952	eT – wielokanałowy, bezprzewodowy system pomiaru temperatury (EP 9/2022)
AVT5949	Energooszczędny termometr LED (EP 8/2022)
AVT5892	Energooszczędny termometr z kalibracją (EP 10/2021)
AVT1999	2-kanałowy termometr MIN-MAX z alarmem (EP 8/2018)
AVT5623	4-kanałowy termometr z interfejsem Wi-Fi (EP 4/2018)
AVT5566	THPStation – rozbudowany termometr z Wi-Fi (EP 1/2017)
AVT5535	Termometr 2-kanałowy z interfejsem Bluetooth (EP 4/2016)
AVT5518	Termometr bezprzewodowy (EP 11/2015)

* **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**.

Miniwyświetlacz LCD 4×10 znaków z podświetleniem i interfejsem I²C

Minimoduł uniwersalnego wyświetlacza tekstowego 4×10 znaków z kontrolerem SSD1803, wyposażony w magistralę I²C i oferujący możliwość sterowania jasnością oraz kolorem podświetlenia. Projekt przeznaczony do współpracy z Raspberry Pi, STM32, Arduino i nie tylko...



Wyświetlacz przyda się w aplikacjach prezentujących niewielką ilość danych tekstowych – gdy popularne ekrany OLED okazują się zbyt małe, a przez to nieco nieczytelne, natomiast gabaryty typowych modułów z kontrolerem HD44780 – po prostu zbyt duże.

Schemat układu ukazano na **rysunku 1**. Minimoduł korzysta z wyświetlacza LCD EA DOGS104(x) z wbudowanym kontrolerem SSD1803A. Dzięki rozbudowanemu sterownikowi otrzymujemy do dyspozycji generator znaków, możliwość programowego sterowania kontrastem wyświetlanej informacji, zachowaniem kursora, rotacją wyświetlanego tekstu – oraz elastyczną konfigurację ekranu. DOGS104 umożliwia pokazywanie 4 linii po 10 znaków (o wysokości 2,6 mm) lub 2 linii po 10 znaków (o wysokości 4,55 mm) oraz ich dowolnych kombinacji, np. jednej linii 4,55 mm i dwóch 2,6 mm. Ten prosty zabieg pozwala akcentować istotne dane większą wysokością czcionki, a znaki o standardowej wysokości zarezerwować dla pozostałych parametrów – i pomimo niewielkich rozmiarów wyświetlacza (wynoszących 36×25,4 mm), znacząco podnosi czytelność prezentowanej informacji. Wyświetlacz wykonany został w formie modułu na szkle (DOG) oraz wyposażony w łatwe do montażu wyprowadzenia szpilkowe w rastrze 2,54 mm. Komponent dostępny jest w kilku wykonaniach:
- EA DOGS104N-A – odbiciowy, bez możliwości zastosowania podświetlania,
- EA DOGS104W-A – transrefleksyjny, z możliwością podświetlania,
- EA DOGS104B-A – transrefleksyjny negatywowy, z możliwością podświetlania.

Iluminację wykonano nieco niestandardowo – żaden typ wyświetlacza nie ma wbudowanego fabrycznie podświetlenia. O zastosowaniu i doborze typu elementu decyduje użytkownik. Dostępne są trzy odmiany modułu EA LED36X28, różniące się kolorami użytych diod świecących:
- EA LED36X28-A – podświetlenie w kolorze bursztynowym,
- EA LED36X28-GR – podświetlenie dwukolorowe, czerwono-żółtozielone,
- EA LED36X28-ERW – podświetlenie trójkolorowe, czerwono-biało-zielone.

Podświetlenie modułu montowane jest metodą „na kanapkę" pod właściwym ekranem. Zaprezentowany w artykule minimoduł współpracuje z wyświetlaczami typu 104N/W i podświetleniami A/GR.

Wykaz elementów:

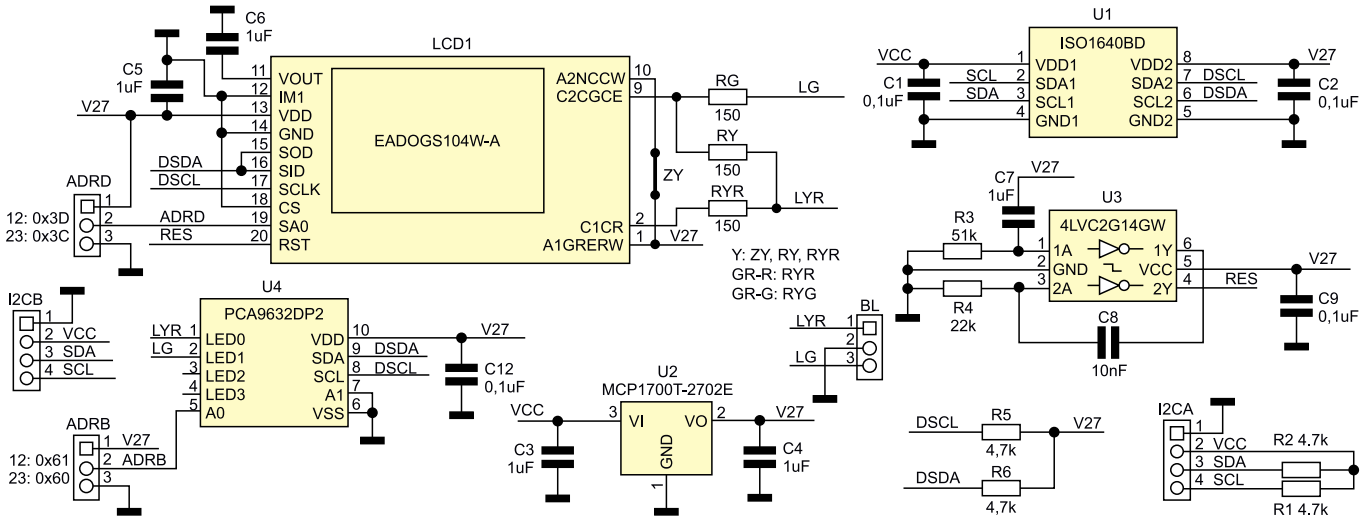
Rezystory: (SMD 0603, 5%)
R1, R2, R5, R6: 4,7 kΩ
R3: 51 kΩ
R4: 22 kΩ
RG, RY, RYR: 150 Ω (opis)
ZY: 0 Ω (opis)

Kondensatory: (SMD 0603, X7R, 10V)
C1, C2, C9, C12: 100 nF
C3...C7: 1 µF
C8: 10 nF

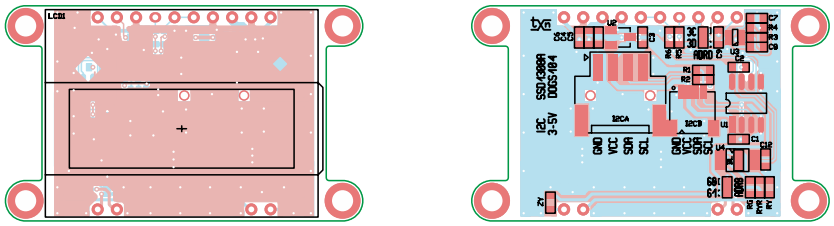
Półprzewodniki:
U1: IS1640BD (SO-8)
U2: MCP1700T-2702E (SOT-23)
U3: 74LVC2G14GW.125 (SC-88)
U4: PCA9632DP2 (TSSOP10_050)

Pozostałe:
LCD1: wyświetlacz LCD EADOGS104W-A (opis)
I²CA: złącze Grove SMD kątowe
I²CB: złącze JST 1 mm kątowe

eprasa.pl 11da584bde



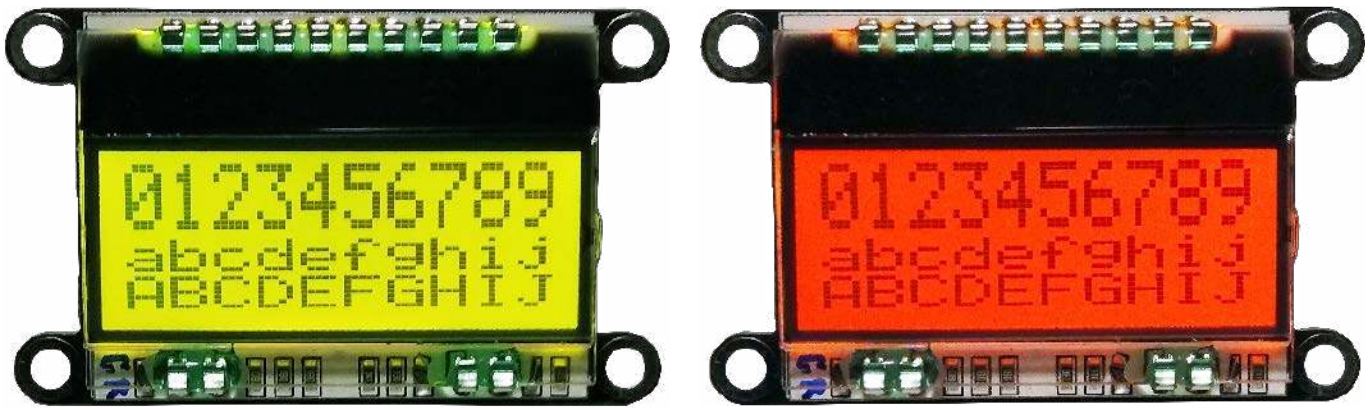
Rysunek 1. Schemat ideowy układu



Rysunek 2. Schemat montażowy (a – warstwa top, b – warstwa bottom)

DOGS104x ma wbudowane wszystkie elementy odpowiadające za generowanie napięć niezbędnych dla LCD, co upraszcza aplikację do kilku kondensatorów odsprzęgających. Nie jest wymagany potencjometr kontrastu jak w klasycznym znakowym LCD, gdyż jego regulacja odbywa się programowo. Do komunikacji z LCD wybrano magistralę I²C, przy czym wyprowadzenie SA0 (poprzez odpowiednie zalutowanie zwory ADRD) pozwala na wybór jednego z dwóch adresów 0x3C/0x3D. Za poprawny restart LCD po włączeniu zasilania odpowiada generator impulsu (stan niski) sygnału RES, oparty na bramkach układu U3.

Minimoduł może być zasilany napięciem w zakresie 3...5 V, za generację wewnętrznego napięcia zasilania 2,7 V odpowiada stabilizator LDO U2 typu MCP1700T. Konwersja poziomów pomiędzy współpracującym układem a wyświetlaczem LCD realizowana jest poprzez układ U1 typu ISO1640. Ze względu na wysoką rezystancję wyprowadzeń wyświetlacza – wykonanego w technologii DOG (nawet do kilkuset omów) – niestety nie zachowuje on poziomów logicznych w stanie niskim (offset Vol). W przypadku współpracy z układami magistrali I²C z niskimi wartościami rezystorów polaryzacyjnych rezystancja wewnętrzna tworzy dodatkowy dzielnik, podnoszący poziom stanu niskiego ponad wymogi standardu I²C. Jest to szczególnie istotne, gdyż może skutkować nieprawidłowym odczytaniem stanu sygnału ACK, powodując tym samym problemy z komunikacją. Konwerter poziomów – oprócz dopasowania poziomów napięcia – pełni także funkcje bufora separującego wyświetlacz od obciążenia współpracującą magistralą I²C. Niestety, proste konwertery oparte o kluczowane tranzystory MOS (np. BSS138 lub PCA9603) nie zapewniają poprawnej współpracy, wprowadzając dodatkowy offset napięcia, potęgujący problem oraz wymagają zachowania sporej różnicy napięć zasilania pomiędzy stronami konwertera, co przy założeniach zasilania 3...5 V okazuje się niemożliwe do osiągnięcia. W przypadku zastosowania wyświetlacza z podświetleniem, w minimodule przewidziano możliwość sterowania jego jasnością za pomocą układu generatora PWM U4 typu PCA9632. Układ pozwala na wybór zworą ADRB jednego z dwóch adresów 0x60/0x61 magistrali. Rezystory RG, RY, RYR ograniczają prąd diod modułu podświetlenia, zwora ZY łączy strony podświetlenia w przypadku wersji bursztynowej. W zależności od typu zastosowanego podświetlenia montowane są odpowiednio elementy ZY, RY, RYR – dla wersji bursztynowej (LED-A) lub RG, RYR – dla wersji czerwono-żółtozielonej (LED-GR). Maksymalny prąd diod ustalony został na 4 mA na każdą sekcję LED, co zapewnia sensowny kompromis pomiędzy poborem mocy a maksymalną jasnością podświetlenia. W przypadku wersji dwukolorowej (LED-GR), poprzez odpowiednie sterowanie PWM – oprócz regulacji jasności – można uzyskać zmianę barwy na pośredni pomiędzy czerwienią i zielenią. Opcję tę warto zastosować w aplikacji do prostej i czytelnej sygnalizacji stanów awaryjnych lub przekroczenia parametrów. Układ zasilany jest napięciem 3...5 V, które wraz z magistralą I²C doprowadzone są do modułu



Fotografia 1a,b. Zmontowany moduł wyświetlacza, widok przy zastosowaniu dwóch różnych kolorów podświetlenia

eprasa.pl 11da584bde

```
// example for DOGM104
#include <Arduino.h>
#include <SSD1803A_I²C.h>
#include <Wire.h>

const uint8_t i2cpwm = 0x61;   //0x60:0x61
const uint8_t i2caddr = 0x3D;  //0x3C:0x3D
const uint8_t resetPin = 3;    // not used

SSD1803A_I²C lcd(i2caddr, resetPin);

void setup() {

  // pca9632 init
  Wire.begin();  // inicjacja I²C
  delay(1);
  Wire.beginTransmission(i2cpwm);
  Wire.write(0x00);
  Wire.write(0b10000000);  // MODE1
  Wire.endTransmission();

  Wire.beginTransmission(i2cpwm);
  Wire.write(0x01);
  Wire.write(0b00000000);  // MODE2, dim
  Wire.endTransmission();

  Wire.beginTransmission(i2cpwm);
  Wire.write(0x06);
  Wire.write(0xFF);
  Wire.endTransmission();

  Wire.beginTransmission(i2cpwm);
  Wire.write(0x07);
  Wire.write(0x00);
  Wire.endTransmission();

  Wire.beginTransmission(i2cpwm);
  Wire.write(0x08);
  Wire.write(0b10101010);
  Wire.endTransmission();

  Wire.beginTransmission(i2cpwm);
  Wire.write(0x02);
  Wire.write(0x00);
  Wire.endTransmission();

  Wire.beginTransmission(i2cpwm);
  Wire.write(0x03);
  Wire.write(0x00);
  Wire.endTransmission();

  // DOGS104 init
  lcd.begin(DOGS104);
  lcd.display(LINES_3_1);
  delay(10);
  lcd.locate(0, 0);
  lcd.print("0123456789");
  lcd.locate(1, 0);
  lcd.print("abcdefghij");
  lcd.locate(2, 0);
  lcd.print("ABCDEFGHIJ");
  lcd.locate(3, 0);
  lcd.print("KLMNOPQRST");
  lcd.write(0);
  lcd.write(1);
  lcd.display(CONTRAST);
  lcd.display(CURSOR_OFF);
  lcd.display(DISPLAY_ON);
}

void loop() {
  for (int x = 0; x < 0xFF; x++) {
    Wire.beginTransmission(i2cpwm);
    Wire.write(0x02);
    Wire.write(x);  //PWM0/1 GR(Y) red/yellow up
    Wire.endTransmission();
    delay(10);
    Wire.beginTransmission(i2cpwm);
    Wire.write(0x03);
    Wire.write(~x);  //PWM1= ~PWM0 green down
    Wire.endTransmission();
    delay(10);
  }
  delay(1000);
}
```

Listing 1. Program testowy

za pomocą złączy I²CA/B w standardzie Grove i QWIIC. Pobór prądu, w zależności od typu wyświetlacza i jasności podświetlenia, zawiera się w zakresie 1...10 mA.

I²C_LCD_DOGS104BL zmontowany został na dwustronnej płytce drukowanej. Rozmieszczenie elementów zaprezentowano na **rysunku 2a**, **b**. Montaż jest typowy i nie wymaga opisu. W zależności od wyboru wyświetlacza i typu podświetlenia należy zamontować odpowiednie elementy RG, RY, RYR, ZY (lub pominąć układ PWM w przypadku wyświetlacza DOGS104N-A). Do montażu ekranu można użyć kielichowych gniazd precyzyjnych, wtedy będzie możliwe łatwe rozłączenie i wymiana współpracującego modułu.

Zmontowane urządzenie ukazano na **fotografii 1**. Nie wymaga ono uruchamiania, należy skonfigurować tylko adresację oraz połączenie podświetlania. Adres bazowy określa położenie zwór ADRD, ADRB.

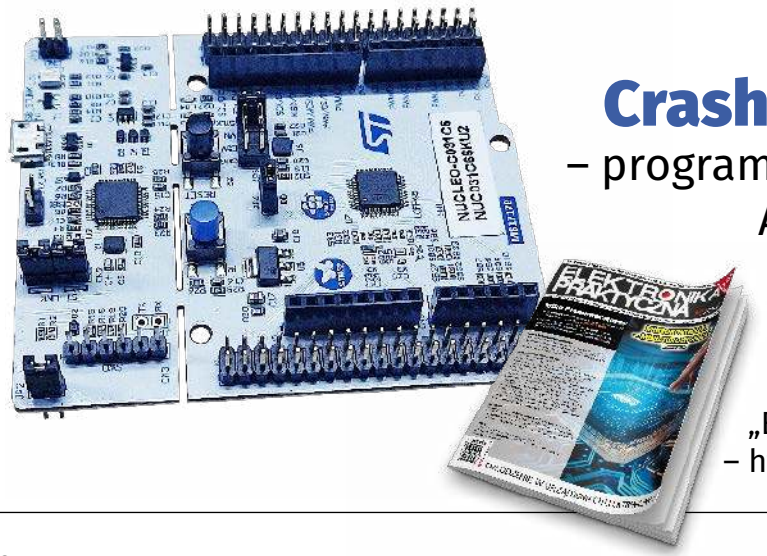
Do szybkiego sprawdzenia działania wyświetlacza i podświetlenia z Arduino użyto bibliotek SSD1803A_I²C – przykładowy program testowy zamieszczono na **listingu 1**. Przed kompilacją należy zmienić adresy zgodnie z ustawieniami zwór na płytce.

Jeżeli wszystko działa poprawnie, można moduł zastosować we własnej aplikacji.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

Programowanie prostszych mikrokontrolerów (np. AVR, PIC, MSP430 czy też przestarzałych już 8051 bądź HCS08) bez użycia bibliotek, tj. przy wykorzystaniu samych tylko plików nagłówkowych z definicjami rejestrów i zawartych w nich bitów, jest raczej naturalną konsekwencją nieskomplikowanej architektury tych procesorów. Bardziej rozbudowane układy – w szczególności te oparte na rdzeniach ARM – są zwykle nieporównanie trudniejsze do opanowania na niskim poziomie abstrakcji, stąd większość programistów systemów wbudowanych korzysta w swojej codziennej pracy z bibliotek. Niniejszy kurs ma na celu pokazanie innej ścieżki rozwoju i – mamy nadzieję – przekona przynajmniej część spośród naszych Czytelników do zaprzyjaźnienia się z wymagającą, ale niezwykle wartościową metodą programowania układów STM32.



Crash Course STM32C0
– programowanie mikrokontrolerów ARM w rejestrach

Kupisz i przeczytasz w marcowym wydaniu „Elektroniki Praktycznej” – https://ulubionykiosk.pl

eprasa.pl 11da584bde

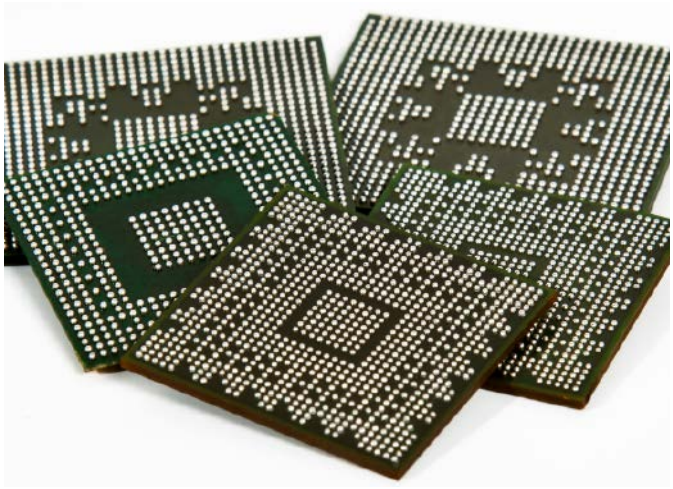


Kompleksowe usługi montażu PCB w ofercie PCBWay

Wykonanie płytki drukowanej ma bez wątpienia istotny wpływ na niezawodność finalnego produktu, ale równie ważne (jeśli nie ważniejsze) jest dopilnowanie, by sam proces montażu komponentów uwzględniał wszystkie niezbędne czynniki jakościowe. W masowej produkcji ogromnego znaczenia nabiera powtarzalność – a tę może zapewnić tylko firma, która oprócz obszernego, nowoczesnego parku maszynowego, zbudowała także spore doświadczenie w realizacji różnorodnych projektów. Wszystkie te cechy posiada PCBWay – uznana marka na rynku produkcji obwodów drukowanych, oferująca ponadto szereg usług związanych z montażem i testowaniem funkcjonalnym gotowych wyrobów.

Montaż montażowi nierówny

Pojęcie „montaż PCB" obejmuje zarówno klasyczną technologię THT, jak i powierzchniową (SMT), choć w większości przypadków konieczne okazuje się połączenie obu tych metod. PCBWay oferuje usługi dostosowane do rodzaju i objętości produkcji – w przypadku małych zamówień preferowany jest montaż ręczny, podczas gdy większe serie produkcyjne realizowane są z użyciem nowoczesnych automatów: drukarek pasty lutowniczej, maszyn pick & place oraz systemów automatycznej kontroli optycznej (AOI).



Rysunek 1. Przykładowe układy BGA

Montaż SMT w ofercie PCBWay

Rozbudowany park maszynowy PCBWay umożliwia montaż układów w technologii SMT w niezwykle szerokim zakresie rozmiarów i typów obudowy komponentów. Obsługiwane są układy w obudowach:

- Ball Grid Array (BGA – **rysunek 1**), w tym:
  - Plastic BGA (PBGA),
  - Ceramic BGA (CBGA),
  - Micro Fine Line BGA (MBGA),

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 2. Schemat procesu montażu SMT w PCBWay

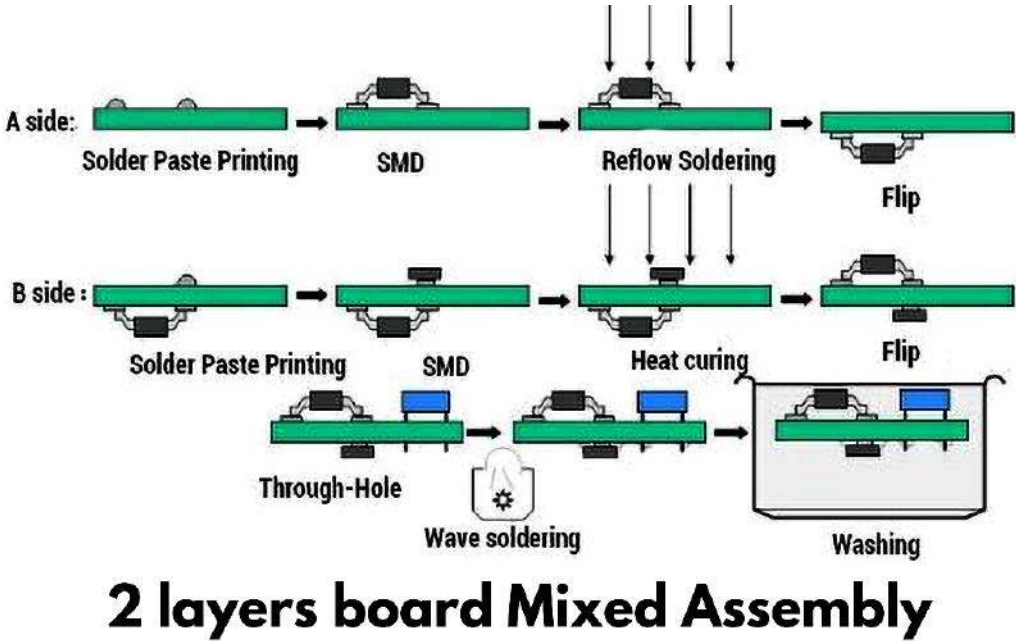
– Stack BGA (Package-On-Package, PoP),
- Ultra-Fine Ball Grid Array (uBGA),
- Quad Flat Pack No-Lead (QFN),
- Quad Flat Package (QFP),
- Small Outline Integrated Circuit (SOIC),
- Plastic Leaded Chip Carrier (PLCC).

Warto dodać, że firma jest w stanie zapewnić niezawodny montaż elementów w obudowach o niezwykle małym rozstawie wyprowadzeń – 0,25 mm dla układów BGA (!) oraz 0,2 mm dla innych rodzajów podzespołów. Silnie zminiaturyzowane urządzenia, w których pracują tak niewielkie układy scalone, wymagają rzecz jasna równie kompaktowych komponentów pasywnych – PCBWay ma możliwość pracy nawet z elementami w obudowach 01005 oraz 0201, co pokrywa praktycznie wszystkie potrzeby współczesnej elektroniki, także w zakresie urządzeń mobilnych czy elektroniki ubieralnej.

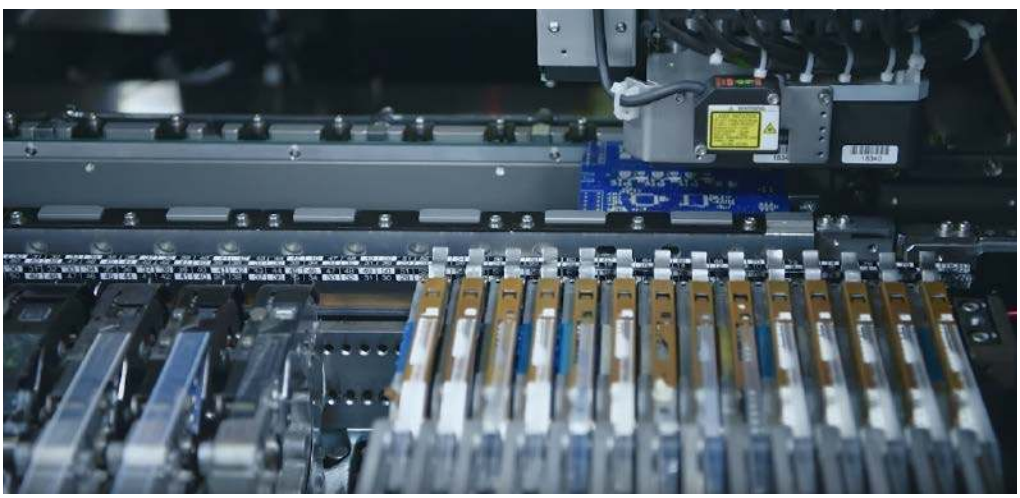
Kluczowym elementem procesu seryjnego montażu elektroniki pozostaje skrupulatna kontrola jakości. W PCBWay jest ona realizowana na wszystkich etapach produkcji, przy czym w większości punktów kontrolnych pracują nie ludzie, a wyspecjalizowane automaty (**rysunek 2**). Wspomniana już automatyczna inspekcja optyczna pasty lutowniczej (SPI) opiera się na trójwymiarowych skanerach wysokiej rozdzielczości, zdolnych do wykrywania nawet najmniejszych ubytków lub nadmiarów pasty lutowniczej na padach PCB. Płytki opuszczające piec do lutowania rozpływowego są następnie kontrolowane przez kolejny automat AOI, tym razem sprawdzający poprawność pozycji i oznaczeń komponentów, co umożliwia szybkie zidentyfikowanie ewentualnych błędów (np. brakujących elementów, błędnej polaryzacji etc.). Należy podkreślić, że producent wdrożył nie tylko uniwersalny system kontroli jakości ISO9001, ale także uzyskał certyfikaty ISO 13485 (System Zarządzania Jakością dla Wyrobów Medycznych) oraz IATF 16949 (analogiczny system dla branży motoryzacyjnej). Wyroby dostarczane przez PCBWay spełniają ponadto wymogi amerykańskich standardów UL oraz normy IPC-610, określającej tzw. dopuszczalność pakietów elektronicznych.

Montaż THT i mieszany

Obwody drukowane przeznaczone do pracy z samymi tylko komponentami przewlekanymi (lub przewlekanymi i powierzchniowymi jednocześnie) wymagają odpowiedniej modyfikacji procesu montażu. O ile bowiem układy bazujące wyłącznie na komponentach THT mogą być w całości lutowane na fali, o tyle płytki wykonane w technologii mieszanej przechodzą przez kilka dodatkowych etapów. Przebieg procesu stosowanego w fabryce PCBWay zobrazowano schematycznie na **rysunku 3**. Na początku montowane są komponenty tylko na warstwie górnej (TOP), przy użyciu standardowego procesu układania elementów (pick & place – **fotografia 1**) oraz lutowania rozpływowego. Następnie płytka jest odwracana w osi poziomej i zamontowane zostają podzespoły umiejscowione na warstwie dolnej (BOTTOM). Po zakończeniu drugiego etapu produkcji płytka powraca do położenia początkowego, po czym zostaje „uzbrojona" elementami przewlekanymi. Tak przygotowany pakiet jest kierowany do maszyny odpowiedzialnej za lutowanie na fali, co pozwala zamontować komponenty THT bez konieczności angażowania montażystów wykwalifikowanych w lutowaniu selektywnym. Rzecz jasna, jeżeli zajdzie taka potrzeba, elementy przewlekane mogą być także lutowane ręcznie, jednak rozwiązanie takie jest efektywne tylko pod warunkami niewielkiej objętości partii produkcyjnej, a także małego udziału komponentów THT w BOM-ie urządzenia.

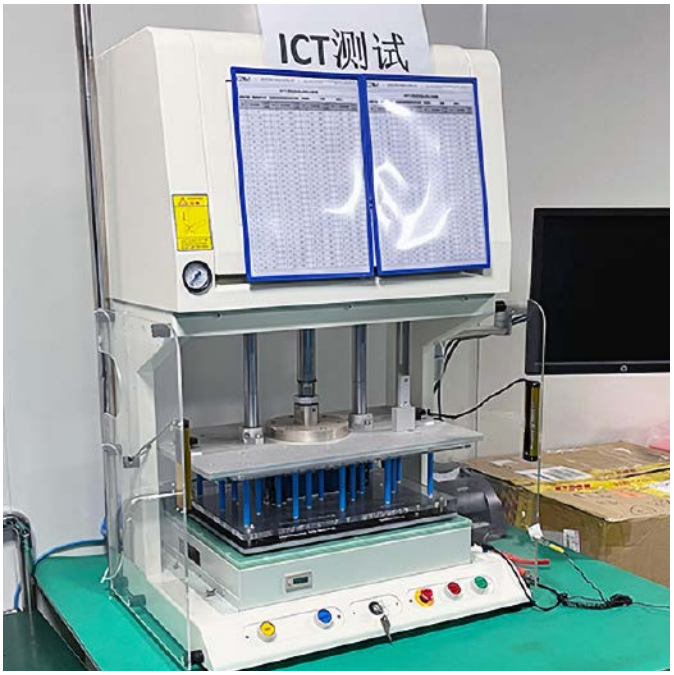


Rysunek 3. Przebieg procesu montażu mieszanego (SMT+THT) w PCBWay

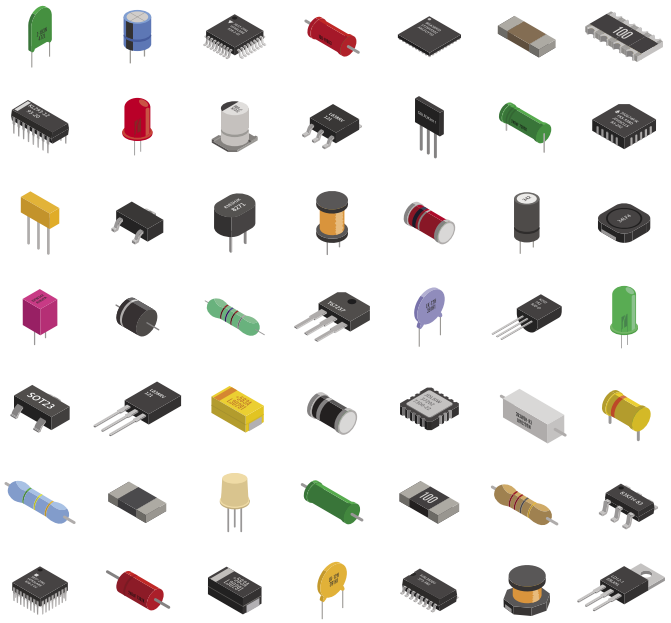


Fotografia 1. Automat pick & place w czasie montażu płytki drukowanej

eprasa.pl 11da584bde



Fotografia 2. Stacja testowa ICT



Rysunek 4. PCBWay oferuje szerokie możliwości w zakresie kompletacji BOM-u produkowanych urządzeń

Nie tylko montaż – oferta usług dodatkowych

W portfolio PCBWay można znaleźć szereg usług dodatkowych, które znakomicie przyspieszają produkcję kontraktową urządzeń elektronicznych i upraszczają proces logistyczny po stronie klienta. Firma świadczy outsourcing m.in. w zakresie inspekcji rentgenowskiej układów BGA oraz testów funkcjonalnych prowadzonych na docelowym układzie (ICT – In-Circuit Testing) za pomocą wyspecjalizowanych, zautomatyzowanych stacji testowych (**fotografia 2**). Tego rodzaju badania pozwalają wykryć błędy w działaniu zmontowanych układów elektronicznych, manifestujące się np. poprzez niewłaściwe wartości rezystancji, pojemności czy nawet indukcyjności. Mało tego – odpowiednie scenariusze testowe mogą obejmować także wartości napięć w poszczególnych miejscach obwodu czy też poprawność odczytów kontrolnych z układów cyfrowych (np. poprzez zastosowanie skanu JTAG). Jest to zatem dalece bardziej zaawansowany sposób kontroli jakości niż wszelkiego rodzaju testy optyczne – o ile bowiem działanie AOI (**fotografia 3**) sprowadza się do wykrywania uszkodzeń, braków lub błędnie zamontowanych komponentów, o tyle testy funkcjonalne są w stanie wykryć awarie niewidoczne przy zastosowaniu metod optycznych lub nawet rentgenowskich, a wynikające np. z głębokich uszkodzeń elementów, przekroczenia dopuszczalnych tolerancji produkcyjnych PCB, błędów pamięci i wielu innych.

Obsługa łańcucha dostaw komponentów

Ważną zaletą PCBWay jako producenta kontraktowego jest duża elastyczność w zakresie obsługi łańcucha dostaw komponentów przeznaczonych do montażu (**rysunek 4**). Firma oferuje zasadniczo trzy możliwości, określane jako:

- **Consigned/kitted** – w tym scenariuszu klient sam kompletuje BOM projektu i przesyła cały komplet elementów wraz ze szczegółową dokumentacją do PCBWay;
- **Turn-key** – wykwalifikowany zespół PCBWay ds. zaopatrzenia przejmuje od klienta całość wysiłków związanych z kompletacją zestawu elementów do produkcji, konsultując z nim ceny i dostępność podzespołów (co ważne – producent nie zarabia dodatkowo na komponentach, stosuje się do oryginalnych cen dostawców).
- **Partial Turn-key/Combo** – najczęściej wybierane rozwiązanie polega na dostarczeniu kluczowych komponentów przez klienta i pozostawieniu zespołowi PCBWay jedynie uzupełnienia brakujących pozycji (np. drobnych elementów pasywnych czy też prostych elementów półprzewodnikowych).

Dodatkowo PCBway może realizować zakupy elementów zgodnie z wytycznymi klienta, tj. wybierać potrzebne elementy tylko z oferty wskazanych przez niego dostawców. Takie rozwiązanie pozwala odbiorcom znacznie uprościć proces logistyczny, niweluje bowiem konieczność ponoszenia podwójnych opłat transportowych, skraca czas realizacji produkcji kontraktowej, a nade wszystko – zapewnia pełną identyfikowalność łańcucha dostaw.

Podsumowanie

Produkcja urządzeń elektronicznych jest złożonym, wieloetapowym procesem, w którym fundamentalne znaczenie zyskuje nie tylko doskonałe wyposażenie w postaci nowoczesnego parku maszynowego, ale także wykwalifikowany zespół montażystów i operatorów, wspierany przez sprawną infrastrukturę logistyczną. Szeroki wachlarz usług EMS w portfolio PCBWay pozwala efektywnie zrealizować nawet największe wyzwania w zakresie produkcji zaawansowanych urządzeń na miarę XXI wieku. ■

www.pcbway.com



Fotografia 3. Stanowisko automatycznej inspekcji wizyjnej (AOI)

eprasa.pl 11da584bde



https://www.eink.com/brand/detail/Spectra6

Elektroniczny papier

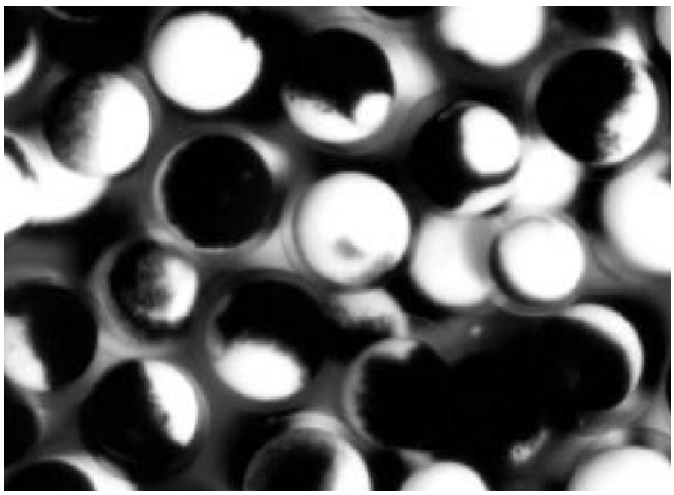
Wyświetlacze należące do kategorii „elektronicznego papieru" są bardzo charakterystyczną grupą komponentów optoelektronicznych. W zależności od tego, jaka treść będzie wyświetlana w docelowej aplikacji – albo w ogóle się nie sprawdzą, albo wręcz przeciwnie: zdeklasują inne rozwiązania. Producenci wyświetlaczy tego typu nie ustają w pracach badawczych i rozwojowych, a efektem ich działań są ekrany o coraz lepszych parametrach, większych przekątnych i korzystniejszych cenach.

Elektroniczny papier (EP) to określanie stosowane do wyświetlaczy prezentujących treść w taki sposób, że imituje ona treść naniesioną atramentem na zwykły papier. Zatem – w przeciwieństwie do wielu nowoczesnych wyświetlaczy, takich jak LCD-TFT czy OLED – wyświetlacze EP nie emitują światła, a – podobnie jak papier – odbijają światło otoczenia. Ta właściwość w naturalny sposób ogranicza zapotrzebowanie na energię zasilania. Jednak to nie wszystko – drugą wspólną cechą wyświetlaczy EP jest fakt, że treść pozostaje na ekranie nawet po całkowitym odłączeniu zasilania urządzenia!

Technologie elektronicznego papieru

Wyświetlacz Gyricon

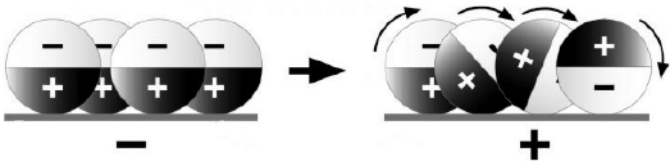
Jedną z najwcześniejszych wersji EP była konstrukcja opracowana w Centrum Badawczym Palo Alto firmy Xerox w latach 70. XX wieku. Wyświetlacz nazwany Gyricon zbudowany został



Fotografia 1. Wygląd kulek, z których zbudowany był Gyricon (http://t.ly/g2Db1)

z miniaturowych kulek polietylenowych o średnicy 75…106 µm, zawieszonych w niewiele większych wnękach wypełnionych olejem, pokrywających powierzchnię arkusza z tworzywa sztucznego. Każda kulka miała jedną stronę zabarwioną na czarno i ta strona wykazywała dodatni ładunek, natomiast druga strona była biała i miała ładunek ujemny (**fotografia 1**). Zatem każda kulka była dipolem. Przyłożenie elektrody w pobliże kulek i spolaryzowanie jej odpowiednim napięciem powodowało obracanie się drobin i ustawianie ich w uporządkowany sposób – stroną czarną lub jasną w kierunku elektrody

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 1. Sposób ustawienia kulek Gyricon za pomocą elektrody o odpowiednim potencjale (http://t.ly/NABFm)



Fotografia 2. Efekt uzyskany z użyciem Gyriconu (http://t.ly/QbdAt)

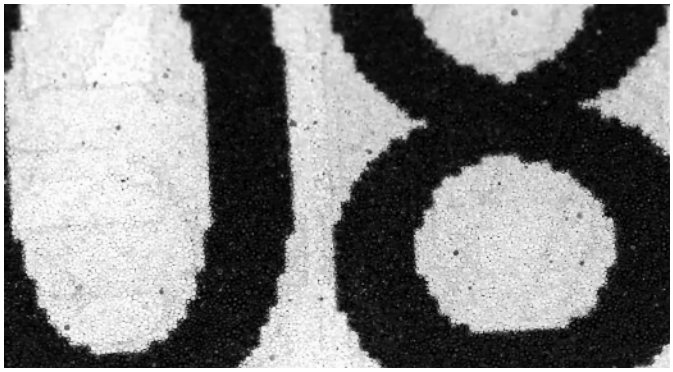
(**rysunek 1**). Dzięki temu odpowiednie punkty i obszary tworzyły białe lub czarne piksele i wzory. Uzyskany w taki sposób efekt pokazany został na **fotografii 2**.

Niestety, firma Xerox zakończyła projekt Gyricon w 2005 r., ponieważ nie udało się opracować technologii produkcji na tyle taniej, aby mogła zagwarantować sukces komercyjny tego rozwiązania.

Wyświetlacz elektroforetyczny

Innym rodzajem wyświetlacza jest **Electrophoretic Display (EPD)**. Bazuje on na zjawisku elektroforezy, które polega na rozdzielaniu mieszaniny różnego typu cząstek pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego. Wyświetlacz składa się z miniaturowych kapsułek wypełnionych bezbarwnym olejem oraz mikroskopijnymi cząsteczkami zabarwionymi na różne kolory – w podstawowej wersji czarnymi i białymi. Cząsteczki te mają różny ładunek elektryczny, dzięki czemu – po przyłożeniu zewnętrznego pola elektrycznego – przemieszczają się w określonym kierunku, tak jak pokazano na **rysunku 2**. W taki sposób można sterować barwą każdego piksela (kapsułki) oraz treścią całego ekranu. Fragment powierzchni wyświetlacza EPD widoczny jest na **fotografii 3**.

Wyświetlacze EPD są zbudowane z elektroforetycznej folii obrazowej, która może być nanoszona w procesie sitodruku i można nią pokryć szkło, plastik, tekstylia, a nawet papier. W przeciwieństwie do obrazu tworzonego na ekranach ciekłokrystalicznych, obraz na wyświetlaczu zbudowanym w tej technologii wygląda tak samo, niezależnie od kąta obserwacji i oświetlenia. Obraz nie ulega także zakłóceniu



Fotografia 3. Powierzchnia wyświetlacza elektroforetycznego (EPD) pokazana w powiększeniu (http://t.ly/6mpdn)



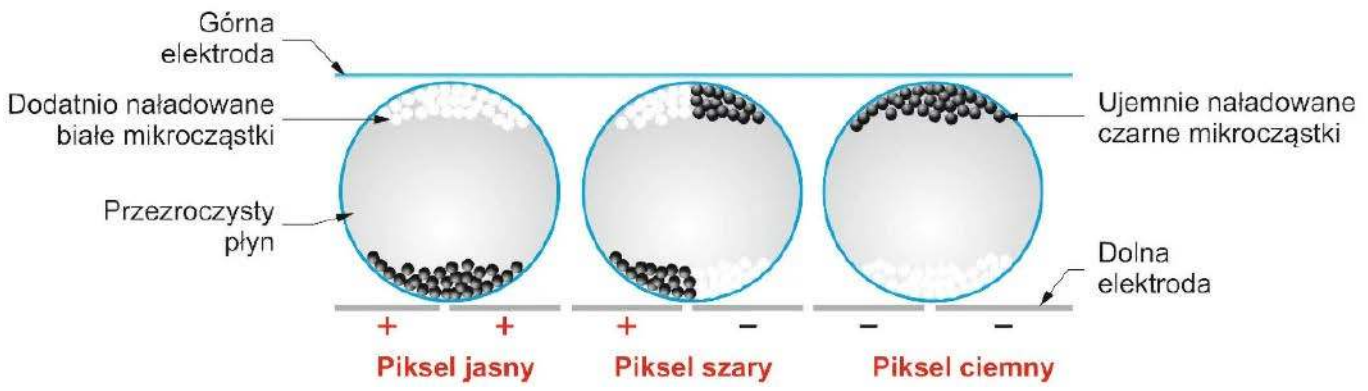
Fotografia 4. Wyświetlacz EPD stosowany w czytnikach e-book

podczas dotykania lub zginania wyświetlacza, dzięki czemu można tworzyć całkowicie giętkie urządzenia. Panele tego typu cechuje bardzo niski pobór energii, którą komponent czerpie tylko podczas samej zmiany obrazu.

Firma **E Ink** w 1999 r. rozpoczęła produkcję e-papieru bazującego na technologii EPD. Jej wyświetlacze były stosowane w czytnikach e-book, takich jak Amazon Kindle czy eClicto (**fotografia 4**). Z tego względu wyświetlacze EPD są często nazywane właśnie wyświetlaczami E Ink.

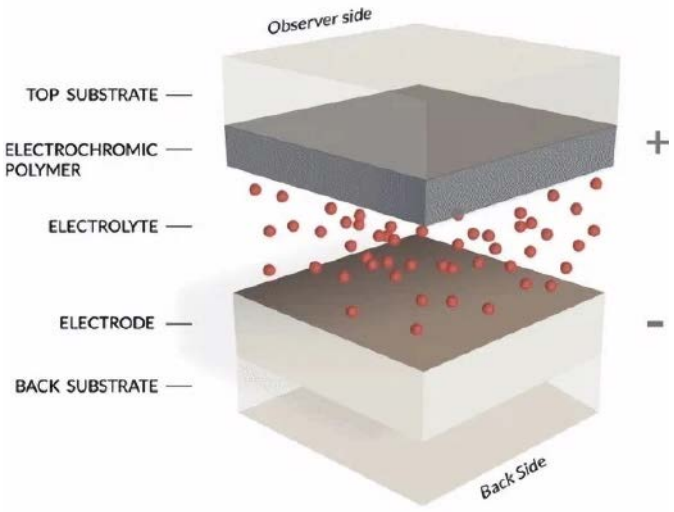
Wyświetlacze elektrochromowe

Wyświetlacze elektrochromowe – **Electrochromic Display (ECD)**, bazują na zjawisku, w którym materiał elektrochromowy ulega chemicznemu utlenianiu w odpowiedzi na przyłożone pole elektryczne.



Rysunek 2. Sposób działania wyświetlacza elektroforetycznego (EPD) (http://t.ly/2p1HX)

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 3. Uproszczony schemat budowy wyświetlacza elektrochromowego (ECD) – http://t.ly/bYA69

Proces jest wyjątkowo energooszczędny, a jednak powoduje zmianę koloru, który można nawet precyzyjnie dostroić.

Wyświetlacze ECD wytwarzane są poprzez drukowanie stosu materiałów, na który składają się elektrody, polimery i elektrolity w cienkich warstwach – **rysunek 3**. Produkcję można realizować przy użyciu procesów sitodruku, ze względu na ich wysoką skalowalność i opłacalność. Gotowy ekran może mieć grubość zaledwie kilkuset mikronów i zapewnia elastyczność. Przykładowy model takiego rozwiązania został pokazany na **fotografii 5**.

Wyświetlacze elektrochromowe można przełączać przy napięciu zaledwie 3 V, co oznacza, że często nadają się one do zasilania bezpośrednio ze standardowych układów CMOS, bez konieczności stosowania specjalistycznych sterowników wyświetlaczy, generujących wyższe napięcia kluczowania.

Znanym producentem wyświetlaczy ECD jest firma Ynvisible. W ofercie marki znajdują się komponenty stanowiące alternatywę dla odblaskowych segmentowych wyświetlaczy LCD, które w przeszłości były najtańszą technologią wyświetlania na rynku. W większości przypadków wyświetlacze e-papierowe Ynvisible charakteryzują się najniższym zużyciem energii – podczas użytkowania statycznego (kiedy ekran utrzymuje ten sam obraz) wyświetlacz zużywa maksymalnie 0,28 µW na cm² powierzchni segmentu. Ponadto konstrukcje ECD pracują w szerokim zakresie temperatur i okazują się bardzo odporne na nagrzewanie lub chłodzenie. Są drukowane na podłożu z tworzywa sztucznego, które wykazuje się odpornością nawet na silne uderzenia, zginanie oraz przekłuwanie. Nie pękają również ani nie rozbijają się, jak konwencjonalne wyświetlacze szklane.



Fotografia 5. Przykłady wyświetlaczy elektrochromowych (ECD) – http://t.ly/Q8eSY

Porównanie EPD i ECD

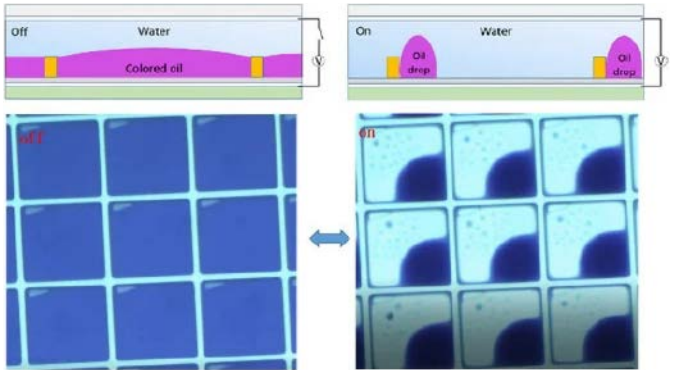
Wyświetlacze ECD i EPD mają kilka wspólnych cech, ale także zasadnicze różnice:

- EPD są przeznaczone do wyświetlania dowolnej grafiki, podczas gdy ECD tworzy się w postaci segmentów, np. znaków alfanumerycznych i ikon.
- EPD są w pełni bistabilne – ustawiona treść pozostaje widoczna na bardzo długi czas, podczas gdy ECD mają zdolność utrzymywania obrazu przez względnie krótki okres – do pięciu minut.

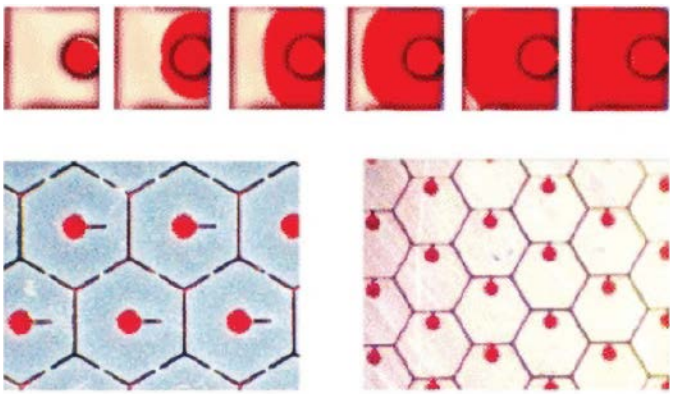
Technologia elektroforetyczna jest przeznaczona do aplikacji bardziej wymagających w zakresie wysokiej rozdzielczości i bistabilności, podczas gdy technologia elektrochromowa okazuje się odpowiedniejsza do nieskomplikowanych interfejsów o niskiej rozdzielczości i małej gęstości informacji. Wyświetlacze elektrochromowe są też znacznie tańsze.

Wyświetlacze w technologii elektrozwilżania

Działanie wyświetlacza **Electrowetting Display (EWD)** polega na modulowaniu napięcia powierzchniowego cieczy za pomocą zewnętrznego pola elektrycznego. W zamkniętych mikrokapsułkach znajdują się dwa rodzaje płynów – elektrycznie izolujące tusze olejowe (zwykle o określonej barwie) i elektrycznie przewodzące ciekłe elektrolity (zwykle bezbarwne). W normalnym stanie tusz olejowy rozlewa się równomiernie i całkowicie pokrywa powierzchnię kapsułki – piksela. Po przyłożeniu sygnału elektrycznego film olejowy cofa się i kurczy w małą kropelkę, a elektrolit wodny zajmuje odsłoniętą część piksela. W ten sposób piksel staje się, w przeważającej części, przezroczysty. Każdy piksel może być sterowany niezależnie i tworzy przełącznik optyczny, który można otworzyć lub zamknąć. Jeśli pod przełączanym elementem znajduje się biała powierzchnia odblaskowa – powstaje biały piksel. W przypadku wyłączenia napięcia następuje szybki powrót do stanu początkowego. Przełączanie



Rysunek 4. Uproszczona budowa mikrokapsułek wyświetlacza w technologii elektrozwilżania (EWD). Po lewej stronie pokazano piksel nieaktywny, natomiast po prawej stronie piksel aktywowany polem elektrycznym (http://t.ly/zKHiE)



Rysunek 5. Specjalna budowa mikrokapsułek wyświetlacza EWD (http://t.ly/eSNd5)

eprasa.pl 11da584bde



Fotografia 6. Wyświetlacz w technologii elektrozwilżania (EWD) – http://t.ly/uCUYm

pomiędzy białym i kolorowym odbiciem jest wystarczająco szybkie, aby wyświetlić zawartość wideo.

Przebieg zjawiska został zobrazowany na **rysunku 4**. W celu zmniejszenia widocznej powierzchni kolorowego tuszu, gdy piksel jest aktywowany, wewnętrzna struktura mikrokapsułki może mieć odpowiednio przygotowane wgłębienie, w którym tusz zostanie „ukryty", jak pokazano na **rysunku 5**.

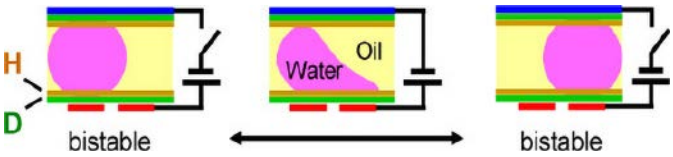
Ponieważ opisane zjawisko wywoływane jest przez przyłożenie napięcia, a nie przepływ prądu, wyświetlacze tego typu okazują się bardzo energooszczędne i wymagają napięcia sterującego o niskiej wartości. Zbudowane z nich ekrany mogą być płaskie i cienkie. Odblaskowość oraz kontrast są porównywalne, lub nawet lepsze, niż w przypadku innych wyświetlaczy odblaskowych i wizualnie odpowiadają właściwościom papieru.

Jedną z firm stosujących technologię wyświetlaczy EWD jest Etulipa. Ekrany tego producenta mogą działać w każdych warunkach pogodowych, w temperaturach od –30°C aż do +65°C. Przykładowy wyświetlacz został pokazany na **fotografii 6**.

Omawiana technologia może być rozwijana w kierunku pełnokolorowych wyświetlaczy o wysokiej jasności. Sposób działania sprawia, że wyświetlacze EWD są czterokrotnie jaśniejsze niż odblaskowe wyświetlacze LCD, ponieważ nie wymagają stosowania żadnych polaryzatorów – oraz dwukrotnie jaśniejsze niż inne nowe rozwiązania. Zamiast stosowania naprzemiennych segmentów trzech kolorów podstawowych, co w praktyce skutkuje tym, że tylko jedna trzecia wyświetlacza odbija światło w pożądanym kolorze, EWD pozwala tworzyć system, w którym jeden piksel zdolny jest do niezależnego generowania dwóch różnych kolorów. Możliwe jest również zbudowanie piksela ze stosu trzech niezależnie kontrolowanych filmów olejnych w kolorze cyjan, magenta i żółty – podobnie jak w przemyśle poligraficznym. Każda warstwa zawiera piksele, które można przełączyć w stan pochłaniający lub nieabsorbujący i cała powierzchnia odbija odpowiednią składową światła, co skutkuje bardziej nasyconymi kolorami i lepszym kontrastem niż w przypadku jakiejkolwiek innej dostępnej technologii kolorowego e-papieru.

Bistabilne wyświetlacze w technologii elektrozwilżania

W przeciwieństwie do technologii bazujących na ładunkach elektrycznych, takich jak elektroforetyka, technologia elektrozwilżania pozwala na uzyskanie skutecznej bistabilności, w której nie jest potrzebne odświeżanie. Na **rysunku 6** zobrazowano podstawową zasadę działania tej technologii. Kropla specjalnej cieczy na bazie wody otoczona jest olejem i zamknięta w mikrokapsule z elektrodami umieszczonymi w różnych miejscach. Elektrody pokryte zostały warstwą dielektryka oraz warstwą hydrofobową, która sprawia, że kropla wody



Rysunek 6. Działanie bistabilnego wyświetlacza EWD (http://t.ly/P9auh)



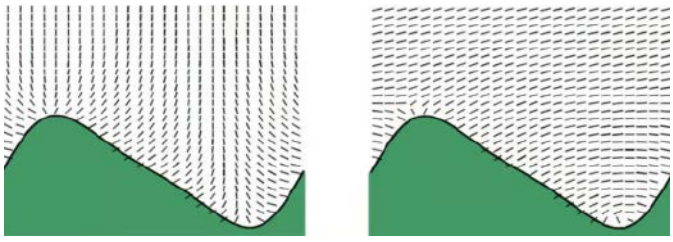
Fotografia 7. Komponenty korzystające z technologii bistabilnego EWD opracowane przez firmę Advanced Display Technologies (ADT) – http://t.ly/nU1Dm

„kurczy się". Działanie pola elektrycznego łagodzi efekt hydrofobowy, dzięki czemu, kontrolując potencjał dolnych elektrod, można przesuwać kroplę na lewą lub prawą stronę mikrokapsułki. Przy odpowiednio zaprojektowanej geometrii można uzyskać efekt piksela „świecącego" w danym kolorze lub piksela „wygaszonego". To rozwiązanie jest odpowiednie do tworzenia pikseli o dużych rozmiarach – od 0,5 do 10 mm i pozwala na działanie całkowicie bistabilne. Przykładowe komponenty wykonane z użyciem tej technologii przez firmę Advanced Display Technologies (ADT) pokazano na **fotografii 7**.

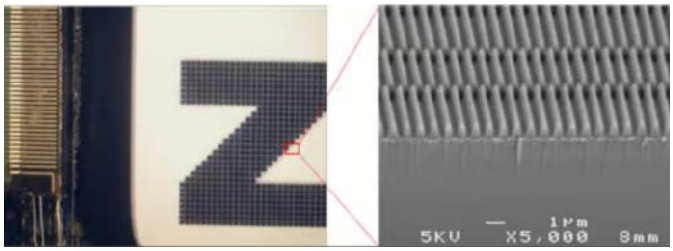
Bistabilne wyświetlacze LCD

Technologia bistabilna LCD (określana jako ZBD LCD – *Zenithal Bistable Display LCD*) bazuje na standardowych substancjach ciekłokrystalicznych w fazie nematycznej, czyli takiej, w której cząsteczki nie wykazują uporządkowania pozycyjnego, ale mają tendencję do ustawiania się w tym samym kierunku. Jednak podłoże nie jest tu gładką powierzchnią, a mikroskopijną siatką dyfrakcyjną.

Kształt siatki wymusza ułożenie cząsteczek ciekłego kryształu prostopadle do lokalnego nachylenia powierzchni. Powoduje to odkształcenie w warstwach cząsteczek w pobliżu rowków, które oddziałuje z wieloma wyższymi warstwami. W efekcie istnieją dwie bardzo różne konfiguracje cząsteczek ciekłego kryształu, które mają tę samą energię odkształcenia. Co najważniejsze, te dwie konfiguracje powodują dwa różniące się wstępne przechylenia cząsteczek blisko powierzchni i umożliwiają uzyskanie dwóch różnych stanów optycznych bez żadnego napięcia podtrzymującego – **rysunki 7** i **8**.



Rysunek 7. Działanie bistabilnego wyświetlacza LCD (http://t.ly/IpqC2)



Rysunek 8. Wygląd siatki dyfrakcyjnej podłoża w bistabilnym wyświetlaczu LCD (http://t.ly/xq6rD)

eprasa.pl 11da584bde



Fotografia 8. Działanie bistabilnego wyświetlacza LCD (http://t.ly/nte2_)

Mikroskopijna siatka powierzchniowa musi mieć odpowiednie wymiary, kształt i skład chemiczny, aby zapewnić dwa stabilne kąty pochylenia cząsteczek – zwykle 90° i 5°. Jednak to nie wystarczy do zbudowania wyświetlacza bistabilnego, ponieważ nadal potrzebujemy metody przełączania między dwoma stanami. Ważną rolę odgrywają tu właściwości substancji ciekłokrystalicznych, które wynikają z mikroskopijnego kształtu samych cząsteczek i sprawiają, że pomiędzy dwoma stanami sieci krystalicznej istnieje wyraźna bariera energetyczna. Dlatego przy odpowiednim napięciu nastąpi przełączenie między stanami.

Odblaskowe wyświetlacze LCD tradycyjnie charakteryzują się efektem „metalicznego" odbicia. W ostatnich latach dostępne stały się nowatorskie dyfuzory kształtujące światło, które zastosowano w połączeniu z ZBD LCD, aby zapewnić prawdziwie papierowy współczynnik odbicia, podobny do wyświetlaczy elektroforetycznych. Przykładowy model produkcji New Vision Display został pokazany na **fotografii 8**.

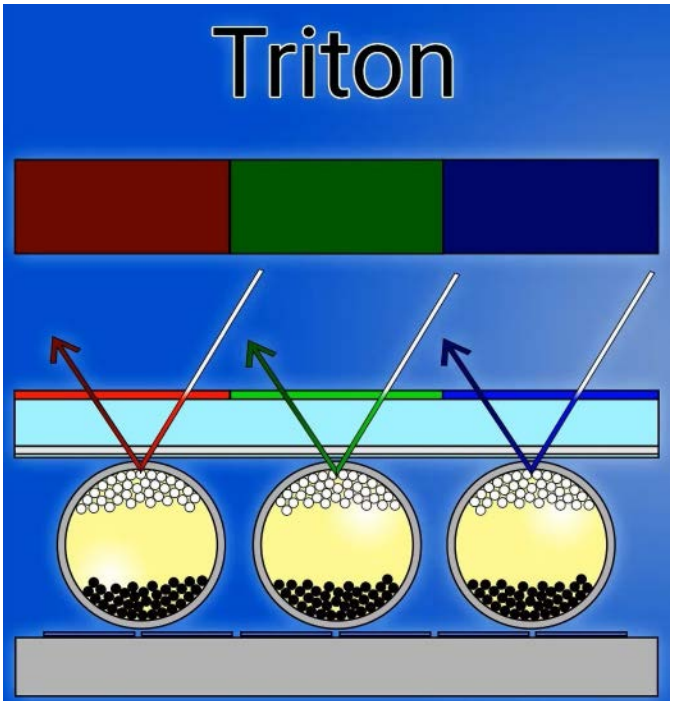
Największym wyzwaniem w produkcji bistabilnych wyświetlaczy LCD było opracowanie opłacalnej metody nanoszenia siatki dyfrakcyjnej o wysokiej rozdzielczości na szkło macierzyste LCD. Bezpośrednie metody fotolitograficzne okazały się zbyt powolne i zbyt kosztowne. Ostatnie postępy w technologii ZBD LCD doprowadziły do zoptymalizowania procesu produkcji oraz zwiększyły zakres temperatur roboczych, który obecnie rozciąga się od –10°C do +90°C. Zapisany obraz pozostaje na wyświetlaczu w temperaturze od –40°C do +110°C. Co więcej, wyświetlacze te można testować zgodnie ze specyfikacjami motoryzacyjnymi (np. 500 godzin w temperaturze 85°C). Te właściwości umożliwiają szeroką gamę zastosowań w urządzeniach przenośnych, zewnętrznych oraz wykonaniach szczególnie wytrzymałych, których nie są w stanie obsłużyć inne technologie.

Kolorowy papier elektroniczny

Opisane wcześniej technologie są przystosowane przede wszystkim do wyświetlania treści o dwóch barwach – barwie tła (zwykle jest to kolor biały) oraz jednolitej barwie treści kontrastującej z tłem. Niektóre z nich szybko doczekały się rozwiązań umożliwiających wyświetlanie wielokolorowej treści, choć nie było to łatwe.

E Ink Triton

Jeden z pierwszych wyświetlaczy kolorowych firmy E Ink wprowadzono na rynek w 2010 roku. Zawierał miniaturową sieć filtrów kolorów – CFA (*Color Filter Array*), nadrukowanych na warstwie szkła umieszczonej na standardowym czarno-białym wyświetlaczu EPD. Światło padające na wyświetlacz odbijało się z powrotem do widza przez czerwone, zielone lub niebieskie filtry nad subpikselami – **rysunek 9**. Było to oczywiste podejście i pozwalało na uzyskanie



Rysunek 9. Budowa wyświetlacza E Ink Triton (http://t.ly/yuSM6)

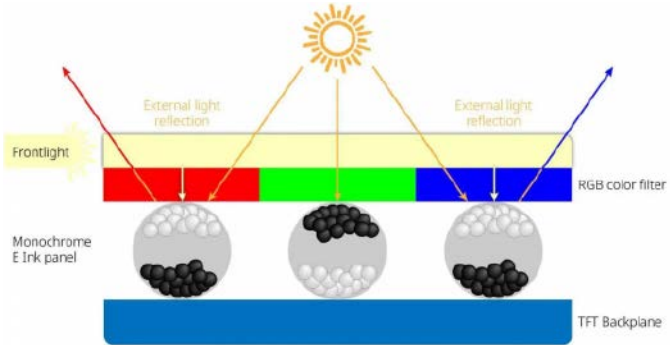
wszystkich kolorów za pomocą kombinacji barw R, G, B. Większość dzisiejszych technologii wyświetlaczy, takich jak LCD i OLED, zawiera emitery R, G i B lub filtry tych barw.

Wyświetlacz nazwano E Ink Triton. Chociaż powstał elektroniczny czytnik korzystający z tej technologii, to stało się oczywiste, że produkt nie sprawdzi się na rynku. Jego rozdzielczość była zbyt niska, a kolory niewystarczająco jasne z punktu widzenia osób przyzwyczajonych do wyglądu tabletów lub drukowanych czasopism. Problem z jasnością wynikał z faktu, że wyświetlacze EPD korzystają ze światła odbitego. Taki sposób okazuje się wystarczający do użytku na zewnątrz, ponieważ obraz jest wzmacniany przez jasne światło słoneczne. Jednak każda warstwa pomiędzy właściwym pikselem a okiem pochłania lub rozprasza część światła. Okazało się, że dodanie warstwy filtra kolorów spowodowało znaczne przyciemnienie wyświetlanej treści. Uzyskany efekt widać na urządzeniu z **fotografii 9**.



Fotografia 9. Jeden z pierwszych kolorowych wyświetlaczy E Ink Triton 2 (http://t.ly/NvAZQ)

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 10. Budowa wyświetlacza E Ink Kaleido (http://t.ly/g9fL7)

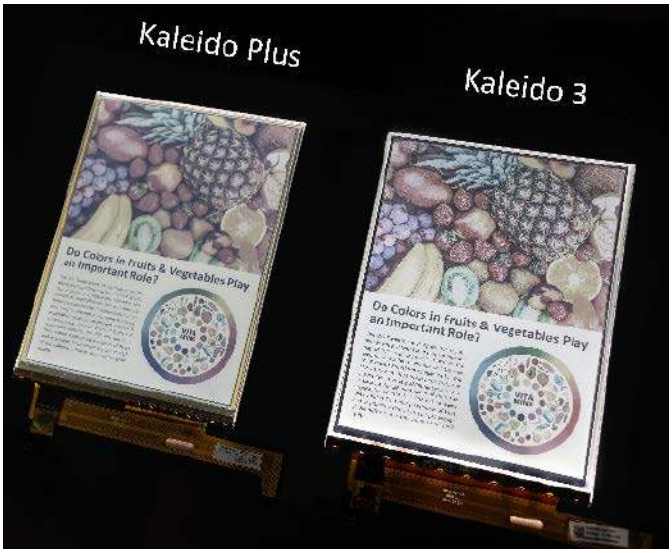
Ponadto użycie trzech kolorów zmniejszyło ogólną rozdzielczość. Wyświetlacz, który pierwotnie miał rozdzielczość 300 pikseli na cal, z dodatkiem trójkolorowego filtra osiągał rozdzielczość 100 pikseli na cal. Nie stanowiło to problemu w przypadku dużego, np. 32-calowego wyświetlacza używanego jako tablica z reklamą. Jednak niewielkie, przenośne urządzenie z ekranem E Ink Triton nie spełniało podstawowych oczekiwań.

E Ink Kaleido

Firma E Ink – po niepowodzeniu projektu Triton – opracowała kolejne rozwiązanie. Wcześniejsze filtry tworzono, drukując półprzezroczysty czerwony, zielony i niebieski atrament na szkle. Jednak samo szkło stanowiło dodatkową warstwę. Postanowiono drukować bezpośrednio na folii, tworzącej górną elektrodę. Dzięki takiemu rozmieszczeniu filtry znajdowały się bliżej atramentu elektronicznego. Opisane rozwiązanie pozwoliło również na zwiększenie rozdzielczości, ponieważ wyrównanie filtrów z pikselami mogło być wykonane dokładniej, niż byłoby to możliwe przy użyciu oddzielnej powierzchni. Ponadto drukowanie filtrów w postaci prostej kwadratowej siatki okazało się niezbyt dobrą opcją. Konieczne stało się zatem opracowanie nowego wzoru dla filtra kolorów.

W kolejnym etapie zespół badawczy zdecydował się dodać przednie podświetlenie do wyświetlacza, dbając, aby promienie światła padały na warstwę atramentu pod kątem, który maksymalizuje współczynnik odbicia. Korzystanie z przedniego światła oczywiście zwiększa zużycie energii, ale w tym przypadku warto było zaryzykować ponoszenie takiego „kosztu". Budowę nowego wyświetlacza pokazuje **rysunek 10**.

W rezultacie nowa technologia E Ink Kaleido zyskała znacznie bardziej nasycone kolory i lepszy współczynnik kontrastu niż E Ink Triton. Wyświetlacz oferuje 16 poziomów skali szarości i może wyświetlać 4096 kolorów. Wyświetlacze serii Kaleido kolejnych generacji pokazano na **fotografii 10**.



Fotografia 10. Wyświetlacze serii E Ink Kaleido (http://t.ly/j4qEz)

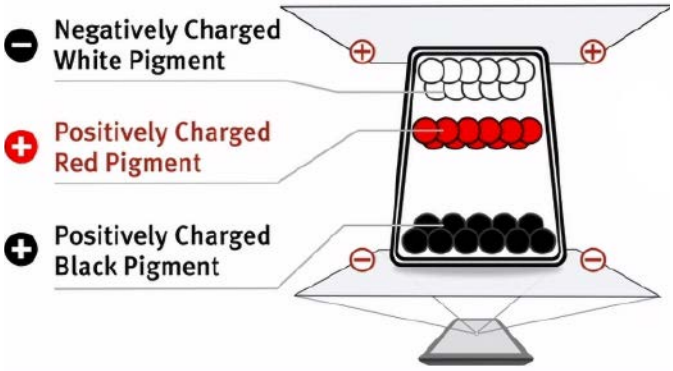
Wyświetlacze EPD trójkolorowe – E ink Spectra

Wyświetlacze z filtrami CFA nie były jedyną rozwijaną technologią. Równolegle prowadzono badania nad wyświetlaczami EPD zawierającymi kilka pigmentów. Pierwsze rozwiązania zbudowane zostały na bazie miniaturowych kapsułek wypełnionych bezbarwnym olejem oraz mikroskopijnymi cząsteczkami zabarwionymi na trzy kolory – czarnymi, białymi oraz np. czerwonymi. Taki e-papier dzieli podstawowe cechy z monochromatycznymi poprzednikami, ale wymaga znacznie bardziej skomplikowanej chemii i sterowania.

Zasadniczy problem polegał na tym, żeby każdy rodzaj cząstek reagował jednoznacznie i niepowtarzalnie na pole elektryczne. Do tej pory wystarczyło, że cząsteczki jednego koloru były przyciągane, a inne odpychane. Posortowanie cząstek trzech rodzajów wymagało bardziej złożonych rozwiązań:

- Po pierwsze, należało wytworzyć cząsteczki o różnych rozmiarach – większe cząsteczki poruszają się wolniej w cieczy niż mniejsze.
- Kolejnym zadaniem było zróżnicowanie ładunku cząsteczek, z przyjęciem skali raczej analogowej niż cyfrowej. Dzięki temu ładunek cząsteczek może być silnie dodatni, częściowo dodatni, silnie ujemny lub częściowo ujemny. Niewykluczone są też opcje pomiędzy tymi wartościami.
- Zmieniono również kształt mikrokapsułek: zamiast przekroju okrągłego zastosowano trapez, co umożliwiło lepszą kontrolę nad pionowym położeniem cząsteczek. Nazwano je mikrokubkami (*microcups*).

Uproszczoną budowę nowego typu wyświetlacza pokazano na **rysunku 11**. Technologia z trzema kolorami została wprowadzona w 2013 roku i zyskała nazwę E Ink Spectra (lub E Ink Spectra 3000). Znalazła zastosowanie głównie w elektronicznych etykietach cenowych ESL (*Electronic Shelf Labels*). Najbardziej rozpowszechnione są wyświetlacze z pigmentami czarnym, białym i czerwonym (**fotografia 11**) lub czarnym, białym i żółtym (**fotografia 12**).



Rysunek 11. Budowa trójkolorowego wyświetlacza EPD (http://t.ly/tGsDI)



Fotografia 11. Przykład trójkolorowego wyświetlacza EPD z pigmentem czerwonym (http://t.ly/nS0k3)

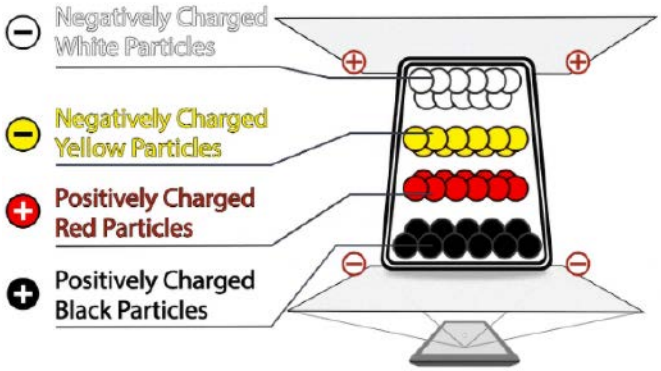
eprasa.pl 11da584bde



Fotografia 12. Przykład trójkolorowego wyświetlacza EPD z pigmentem żółtym (http://t.ly/6PgC2)

Wyświetlacze EPD z 4 i 5 pigmentami

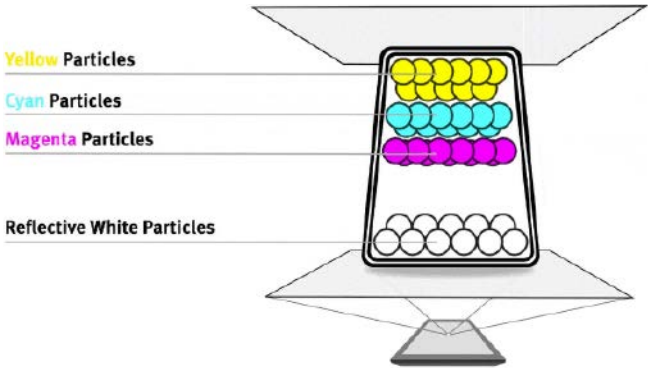
W 2021 roku do systemu dodano rozwiązania z czterema pigmentami – czarnym, białym, czerwonym i żółtym. Budowę mikrokubków i ładunki cząsteczek pokazano na **rysunku 12**. Te kolory świetnie nadają się do generowania głęboko nasyconych barw o wysokim kontraście – **fotografia 13**. Nowa generacja – E Ink Spectra



Rysunek 12. Budowa wyświetlacza EPD z 4 pigmentami (http://t.ly/MMOew)



Fotografia 13. Przykład 4-kolorowego wyświetlacza EPD (http://t.ly/m9Yrp)



Rysunek 13. Budowa wyświetlacza ACeP (http://t.ly/KvGfU)

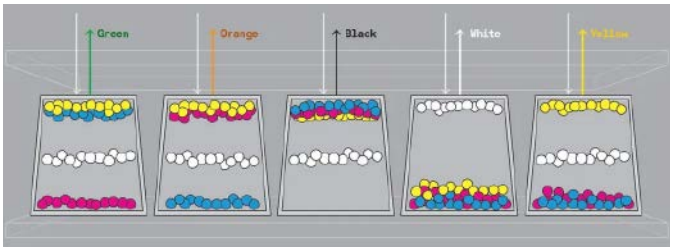
3100 – ma dodatkowo skrócony czas aktualizacji treści i rozszerzony zakres temperatur pracy. Parametry zostały zoptymalizowane głównie na potrzeby tagów ESL, stosowanych w różnych środowiskach i halach sklepowych.

W kolejnej generacji, E Ink Spectra 3100 Plus, dodano jeszcze jeden pigment – pomarańczowy – do istniejących czterech kolorów. Połączenie pięciu żywych i nasyconych kolorów ma tworzyć przyciągający wzrok wyświetlacz, który pomoże poprawić skuteczność działań marketingowych i reklamowych.

Wyświetlacze EPD AceP – E Ink Gallery

Po niepowodzeniu projektu Triton oraz dzięki doświadczeniu zdobytemu przy opracowywaniu wyświetlaczy Spectra, firma E Ink przygotowała kolejne rozwiązanie. Nowy system przeznaczony do prezentacji pełnej palety kolorów nosi nazwę ACeP (*Advanced Color ePaper*) i używał, przestrzeni barw C, M, Y, K, stosowanej w drukarkach atramentowych. Zmieniono pigment czarny na biały, a pozostawiono cyjan, magentę i żółty – **rysunek 13**. Dzięki umieszczeniu wszystkich kolorowych cząstek w każdym pikselu, wyeliminowano potrzebę stosowania filtrów kolorów CFA. Cząsteczki można ustawiać na różnych poziomach oraz mieszać poszczególne pigmenty w górnej warstwie – **rysunek 14**.

Projekt ACeP trafił do produkcji w 2016 roku, przykład wyświetlacza tego typu został pokazany na **fotografii 14**. Regulując zagęszczenie poszczególnych pigmentów, można uzyskać do 50 000 różnych



Rysunek 14. Uzyskiwanie różnych barw w wyświetlaczu ACeP (http://t.ly/8cf3N)



Fotografia 14. Wyświetlacz EPD ACeP (http://t.ly/FmeQS)

eprasa.pl 11da584bde



Fotografia 15. Porównanie wyświetlacza Gallery 3 i Kaleido 3 (http://t.ly/mVUfO)

odcieni. Jednocześnie zachowano wyjątkowo niski pobór mocy i czytelność przypominającą papier we wszystkich warunkach oświetleniowych.

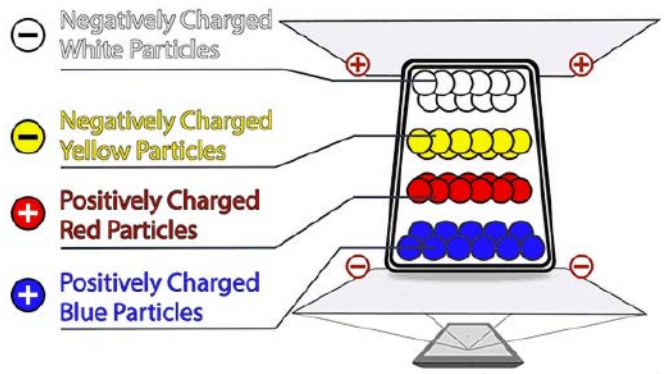
Wyświetlacze tego typu można znaleźć w liniach produktów Gallery i Prism firmy E Ink. Na **fotografii 15** pokazano porównanie urządzeń Gallery 3 i Kaleido 3. W Gallery 3 czas aktualizacji obrazu czarno-białego został skrócony do 350 ms, szybki tryb koloru to 500 ms, standardowy tryb koloru to 750...1000 ms, a najlepszy kolor osiąga się przy 1500 ms. Stanowi to znaczną poprawę w porównaniu z pierwszą generacją Gallery, w której czas aktualizacji w trybie czarno-białym wynosił ok. 2000 ms, a w kolorze – 10 s! Ponadto urządzenie Gallery 3 charakteryzuje się lepszą rozdzielczością wynoszącą 300 pikseli na cal (w porównaniu z wcześniejszymi wersjami, które osiągały 150 ppi) i temperaturą roboczą wynoszącą 0...50°C, co jest porównywalne z czarno-białymi EPD. Aby zwiększyć szybkość przejścia kolorów, można ograniczyć ich intensywność. Dlatego w trybie najlepszego koloru czas przejścia jest najdłuższy – aby przenieść pigmenty jak najbliżej powierzchni. Natomiast tryb szybki może okazać się nieco bardziej stonowany kolorystycznie, ponieważ ruchy pigmentu są ograniczone w określonym czasie aktualizacji.

Jedną z zasadniczych wad Gallery 3 pozostaje częstotliwość odświeżania. Nigdy nie będzie on tak responsywny, jak tradycyjny czarno-biały panel EPD. Istnieje również problem z „duchami", związany z trybami szybkiego odświeżania.

Wyświetlacze EPD E Ink Spectra 6

Firma E Ink opracowała jeszcze jeden rodzaj wyświetlacza – Spectra 6, który zawiera pigmenty R, Y, B (czerwony, żółty i niebieski) oraz biały – **rysunek 15**. Dzięki zaawansowanym algorytmom obrazowania kolorów pozwala uzyskać pełne spektrum barw (wyświetlacz w tej technologii został pokazany na fotografii otwierającej artykuł).

System czterech pigmentów RYBW pozwala wyświetlić 6 podstawowych kolorów – czerwony, zielony, niebieski, żółty, biały i czarny,



Rysunek 15. Budowa wyświetlacza EPD Spectra 6 (http://t.ly/aVDRt)

które tworzą paletę barw dla obrazów pełnokolorowych. Temperatura pracy Spectra 6 jest taka sama, jak w przypadku standardowych wyświetlaczy e-papierowych i pozwala na wdrożenie technologii do rozwiązań outdoorowych.

Wyświetlanie kolorowej treści na EPD

W kolorowych ekranach EPD stosowane są 3...4 pigmenty w mikrokapsułkach. Mikrokapsułki umieszcza się pomiędzy wspólną elektrodą górną a niezależnie sterowanymi elektrodami pikseli. Obie są wykonane z przezroczystych podłoży pokrytych tlenkiem indu i cyny (ITO). Cząsteczki pigmentów można poruszać, przykładając różne potencjały lub przebiegi sterujące do elektrod. Po odłączeniu sterowania położenie drobin zostanie zachowane, ponieważ gęstość cząsteczek jest równa gęstości płynu wypełniającego mikrokapsułkę. Zatem ekran może zawsze wyświetlać ostatni obraz.

Aby możliwe było sterowanie rozmieszczeniem przestrzennym cząsteczek w obrębie mikrokapsułki, drobiny poszczególnych pigmentów muszą reagować na pole elektryczne w odmienny sposób. Dlatego mają różne rozmiary, polaryzację i ładunki elektryczne. Zróżnicowanie to wymaga stosowania złożonych sygnałów sterujących. Już nie wystarczy ustawienie określonego potencjału, potrzebne są fale o różnym kształcie i amplitudzie, generowane w odpowiednich sekwencjach – można choćby wypchnąć cząsteczki jednego koloru ku górze, a następnie nieco je cofnąć, aby zmieszały się z innymi fragmentami, tworząc określony odcień. Na przykład: cyjan i żółty razem dają zielony, a im bliżej powierzchni znajdują się cząsteczki, tym intensywniejszy będzie kolor.

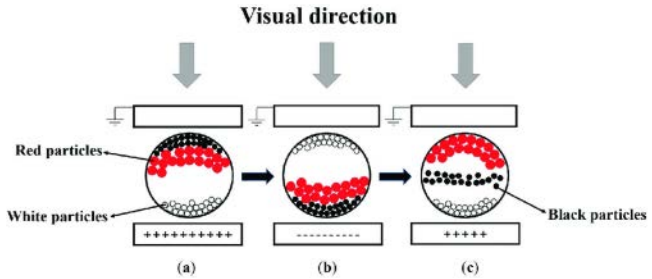
Strukturę trójkolorowej mikrokapsułki EPD z symbolicznym rozróżnieniem wielkości cząsteczek pokazano na **rysunku 16**. Białe cząsteczki mają ładunek ujemny, a pozostałe – czerwone i czarne – są dodatnie, ale różnią się ładunkiem i objętością. Eksperymenty wykazały, że prędkość cząsteczki jest odwrotnie proporcjonalna do jej objętości. Objętość cząsteczek czerwonych jest większa niż czarnych, dlatego prędkość czarnych jest większa niż prędkość czerwonych. W rzeczywistości czas potrzebny na ustawienie pigmentu czarnego wynosi kilkaset milisekund, a czas ustawienia pigmentu czerwonego – kilka sekund.

Czerwone i czarne cząsteczki różnią się także wielkością ładunku. Silny potencjał dodatni na elektrodzie sterującej spowoduje szybkie przemieszczenie czarnego pigmentu ku górze. Czerwony – wolniejszy – ustawi się poniżej czarnego (**rysunek 16a**). Zmiana polaryzacji elektrody sterującej spowoduje wypchnięcie białego pigmentu ku górze – **rysunek 16b**. Natomiast ustawienie słabego potencjału dodatniego na elektrodzie sterującej spowoduje ustawienie czerwonego pigmentu na górze, ponieważ ma on silniejszy ładunek dodatni niż pigment czarny. Pigmenty można zatem rozdzielić poprzez kontrolowanie wartości i czasu trwania napięcia sterującego.

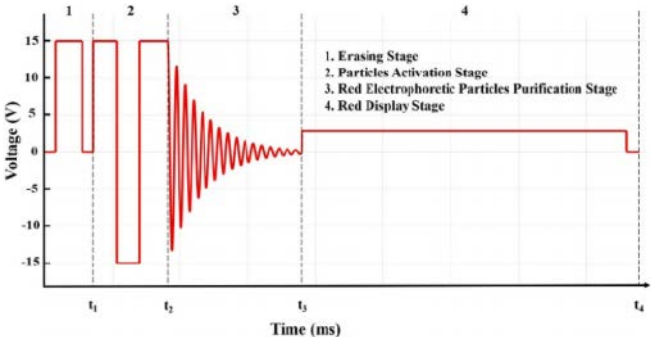
REKLAMA



eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 16. Struktura trójkolorowej mikrokapsułki EPD ze zrozróżnicowaniem wielkości cząsteczek (http://t.ly/UK-5m)



Rysunek 17. Przykładowy kształt fali sterującej 3-kolorowym wyświetlaczem EPD (http://t.ly/3symG)



Fotografia 16. Kolorowy wyświetlacz EPD jako informacyjne oznakowanie cyfrowe (http://t.ly/LwhNY)

Zjawisko „duchów”

W praktyce niektóre pigmenty mogą w niewielkim stopniu się ze sobą mieszać – dzieje się tak np. w przypadku czerwonych i białych cząsteczek. Opisane zjawisko wynika ze specyficznych właściwości ruchu cząsteczek oraz ich wzajemnego oddziaływania. Powstaje wtedy obraz nazywany duchem, w którym czerwone cząstki pozostają na czarnej lub białej treści ekranu. Z tego względu należy skutecznie kontrolować czerwone cząstki poprzez optymalizację przebiegów sterujących. W celu kontrolowania nasycenia czerwieni w 3-kolorowych EPD, kształt fali sterującej został zoptymalizowany i podzielony na różne etapy. Przykładowy schemat sterowania pokazano na **rysunku 17**. Składa się on z 4 części:

- wymazywania,
- aktywacji cząstek,
- oczyszczania czerwonych cząstek,
- wyświetlania.

Istnieje także wiele innych sekwencji, które oferują lepszą jakość obrazu lub krótszy czas aktualizacji treści.

Podsumowanie

Papier elektroniczny, zwany także atramentem elektronicznym, to urządzenie wyświetlające imitujące wygląd zwykłego papieru z wydrukowaną treścią. W przeciwieństwie do klasycznych wyświetlaczy, które emitują światło, elektroniczny papier odbija światło otoczenia, dlatego treść można czytać w bezpośrednim świetle słonecznym, a obraz nie blaknie. Stosowane technologie obejmują przede wszystkim elektroforetykę EPD i elektrozwilżanie EWD. Wiele technologii papieru elektronicznego zachowuje treść przez dowolny czas bez potrzeby zasilania. Dzięki zastosowaniu tworzyw sztucznych papier elektroniczny może być elastyczny i przyjmować niemal dowolny kształt.



Fotografia 17. Projekt smartfona z wyświetlaczem EPD (http://t.ly/1qk9w)

Obecne zastosowania wyświetlaczy z elektronicznego papieru obejmują głównie czytniki cyfrowych wersji książek i czasopism oraz elektroniczne etykiety półek sklepowych ESL. Wyświetlacze e-papierowe doskonale wpisują także się w nowoczesne ekotechnologie. Coraz częściej są stosowane jako informacyjne oznakowanie cyfrowe, np. rozkłady jazdy na przystankach lub dworcach (**fotografia 16**). Znalazły się także w projektach nowoczesnych smartfonów z dwoma ekranami, gdzie jeden to powszechnie znany AMOLED, a drugi – e-papierowy wyświetlacz umieszczony na tylnym panelu (**fotografia 17**).

Damian Sosnowski, EP

Bibliografia:
1. https://en.wikipedia.org/wiki/Gyricon
2. https://pl.wikipedia.org/wiki/E_Ink
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_paper
4. https://tiny.pl/dt7qv
5. https://www.eink.com/tech/detail/How_it_works
6. https://www.ynvisible.com/news-inspiration/what-is-e-paper
7. https://www.ynvisible.com/product/large-e-paper-display-80mm
8. https://sid.onlinelibrary.wiley.com/do/10.1002/msid.0050035
9. https://tiny.pl/dt7qb
10. https://encyclopedia.pub/entry/7989
11. https://etulipa.com/electro-wetting-display-technology/
12. https://www.newvisiondisplay.com/what-are-zbd-lcds/
13. https://tiny.pl/dt7qz
14. https://tiny.pl/dt7q3
15. https://tiny.pl/dt7xh
16. https://tiny.pl/dt7xq

REKLAMA


eprasa.pl 11da584bde

Nowoczesne wyświetlacze w ofercie firmy Artronic

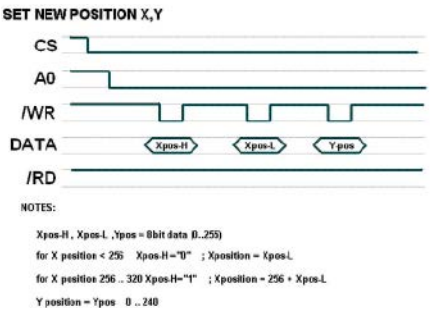
Rozwój elektroniki konsumenckiej i profesjonalnej nieustannie podnosi poprzeczkę w zakresie jakości interfejsów graficznych. Użytkownicy urządzeń elektronicznych, przyzwyczajeni do kolorowych, wyrazistych elementów graficznych, oczekują tego samego od wszystkich posiadanych sprzętów. Współczesne technologie optoelektroniczne skutecznie ułatwiają konstruktorom spełnienie tych wymagań.

Więcej informacji:
Artronic sp. j.
81-549 Gdynia
ul. Parkowa 6
tel. 58 668 57 83
biuro@artronic.pl
www.artronic.pl

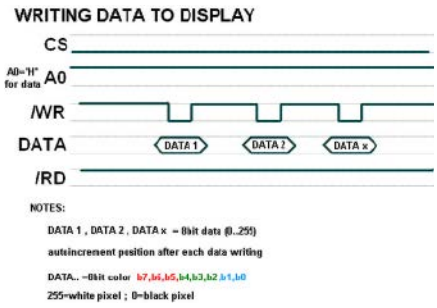
Standardowa implementacja GUI w systemie wbudowanym wymaga najczęściej zastosowania mikrokontrolera o odpowiednio wysokiej mocy obliczeniowej oraz wyświetlacza z rozbudowanym łączem równoległym RGB (ponad 20 linii I/O procesora). Klasyczne rozwiązanie w oczywisty sposób zwiększa koszty urządzenia oraz czas jego opracowania – zaprogramowanie niskopoziomowej obsługi najprostszych nawet elementów obrazu nie jest zadaniem trywialnym. W takich właśnie sytuacjach z pomocą przychodzą wyświetlacze ze zintegrowanym kontrolerem pamięci obrazu.

Prosta obsługa wyświetlacza za pomocą dowolnego mikrokontrolera

W ofercie firmy Artronic pojawił się interesujący moduł wyświetlacza z wbudowanym kontrolerem pamięci obrazu, wyposażonym w najprostszy interfejs komunikacji w standardzie Intela 8080. Moduł akceptuje dwa rodzaje komend: stan niski na wejściu A0 wprowadza wyświetlacz w tryb ustawiania pozycji (**rysunek 1**), zaś stan wysoki powoduje przejście do odbioru komend zapisu poszczególnych pikseli obrazu (**rysunek 2**). Po wybraniu współrzędnych początkowych można rozpocząć transmisję właściwych danych. Każdy przesłany bajt przekłada się na jeden kolorowy piksel na ekranie, przy czym poszczególne składowe koloru są kodowane przez bity b1, b0 (niebieski), b4, b3, b2 (zielony) oraz b7, b6, b5 (czerwony). Ustalenie



Rysunek 1. Sposób ustawiania współrzędnych startowych



Rysunek 2. Sposób transmisji rozkazów zapisu pikseli obrazu

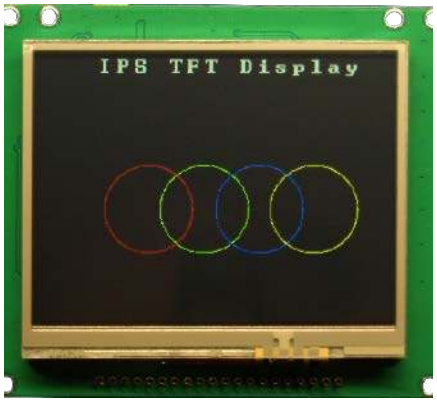
pozycji bieżącej pozycji na ekranie jest równie proste – trzy kolejne bajty przesłane przy stanie niskim na linii A0 ustalają nowe współrzędne X (dwa pierwsze oktety) oraz Y (ostatni, trzeci bajt).

Ujednolicenie szerokości szyny z głębią kolorów pozwala na szybki przesył danych. Moduł nie wymaga żadnej konfiguracji – po włączeniu zasilania jest natychmiast gotowy do pracy, a tekst powitalny wraz z kilkoma elementami graficznymi potwierdza prawidłowe działanie produktu. Obsługa jest tak prosta, że programista już przy pierwszym podejściu do modułu od razu przechodzi do aranżacji szaty graficznej swojego projektu. Zastosowanie technologii IPS oferuje użytkownikowi doskonały obraz o szerokim kącie obserwacji.

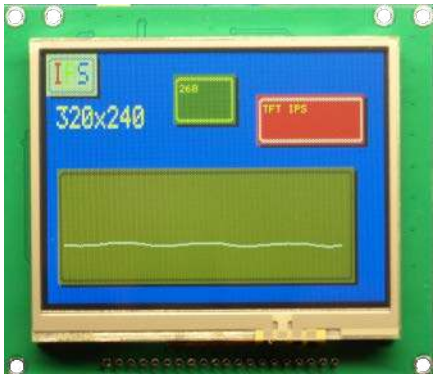
Uruchomiony moduł można zobaczyć na **fotografiach 1** i **2**.

Niestandardowe rozwiązania dla najbardziej wymagających

Mocną stroną firmy Artronic jest wdrażanie nowych projektów z wyświetlaczami na indywidualne zamówienie. Technologia doskonałej, głębokiej czerni i niskie koszty opracowania pozwalają na szybkie przygotowanie do produkcji innowacyjnych modułów optoelektronicznych, idealnie dostosowanych do potrzeb klienta. Na **fotografii 3** można zobaczyć przykładowy moduł wyświetlacza segmentowego o wysokim kontraście, wykonany w technologii negatywowej (jasne znaki na czarnym tle).



Fotografia 1. Moduł wyświetlacza IPS z kontrolerem pamięci obrazu w czasie pracy



Fotografia 2. Przykładowy wykres wraz z kilkoma prostymi elementami tekstowymi i graficznymi



Fotografia 3. Przykładowy wyświetlacz segmentowy opracowany na indywidualne zamówienie

eprasa.pl 11da584bde

Fuzz klasyczny na LPC55S28

W poprzednim artykule – poświęconym demonstracji działania modułu z mikrokontrolerem LPC55S28 firmy NXP – zaprezentowaliśmy projekt nieco zmodyfikowanego, klasycznego efektu typu „fuzz graficzny". Efekt ten przeznaczony jest jednak głównie do gitary prowadzącej. Tym razem prezentujemy opis fuzza (in. distortion*) klasycznego.*

Fuzz klasyczny dorównuje popularnością swojemu poprzednikowi, ale jego brzmienie jest ostrzejsze. Duży wpływ na brzmienie tego efektu ma pasmo sygnału wejściowego dlatego dla jego modyfikacji zastosowano regulowany filtr górnoprzepustowy II rzędu. W zaprezentowanym rozwiązaniu i w torze dźwiękowym, bezpośrednio przed samym fuzzem zastosowano filtr górnoprzepustowy drugiego stopnia. Natomiast po przetworzeniu sygnału przez algorytm efektu następuje filtracja niskich częstotliwości. Zastosowanie filtru dolnoprzepustowego ma na celu złagodzenie brzmienia lub jego przytłumienie. Ponadto w projekcie dostępne są 4 rodzaje efektu fuzz, które wprowadzają zarówno zniekształcenia o naturalnym brzmieniu, jak i dość nietypowe efekty akustyczne. Do zamiany sygnału analogowego na cyfrowy oraz konwersji w przeciwną stronę – podobnie jak w poprzednich rozwiązaniach – stosowany jest 16-bitowy kodek, znajdujący się na płytce modułu. Do sterowania parametrami urządzenia służą przyciski umieszczone na płytce oraz graficzny wyświetlacz monochromatyczny o rozdzielczości 128×64 px.

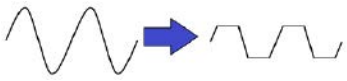
Koncepcja urządzenia

Działanie urządzenia jest dość proste. Sygnał akustyczny, zmieniony na postać cyfrową, jest filtrowany przez FGP o regulowanej częstotliwości granicznej, a następnie wprowadzane są zniekształcenia. Do wyboru mamy cztery rodzaje zniekształceń:

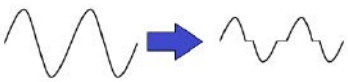
- Fuzz klasyczny – polega na silnym wzmocnieniu sygnału, a następnie ograniczeniu jego wartości (**rysunek 1**).
- Fuzz o stałych zniekształceniach – w tym przypadku sygnał ulega nieznacznemu wzmocnieniu, a amplituda jest ograniczana na poziomie jego wartości wejściowej (zasada wprowadzania zniekształceń jest taka sama, jak w poprzednim rozwiązaniu). Wizualizację opisanej metody również pokazuje rysunek 1.
- Efekt polegający na tym, że z sygnału odcinana jest dolna część (pomiędzy zerem a ustalonym poziomem) – patrz **rysunek 2**.
- Efekt polegający na zwiększaniu wzmocnienia powyżej określonej wartości amplitudy sygnału; wywołuje wrażenie dźwiękowe podobne do pękania (**rysunek 3**).



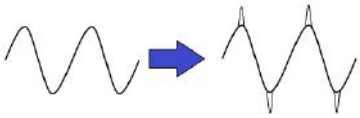
Rysunek 1. Schemat blokowy całego urządzenia



Rysunek 2. Wprowadzanie zniekształceń poprzez ograniczenie wartości



Rysunek 3. Wprowadzanie zniekształceń poprzez odcięcie części sygnału poniżej ustalonej wartości



Rysunek 4. Wprowadzanie zniekształceń poprzez zwiększenie chwilowej wartości wzmocnienia



Zasada działania układów wprowadzających zniekształcenia

Działanie pierwszego typu efektu *distrotion* opiera się na dużym wzmocnieniu sygnału akustycznego, które jest regulowane, a następnie na ograniczeniu jego wartości. Proces ten ilustruje **rysunek 5**.

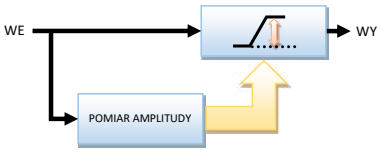
W drugim rodzaju efektu wprowadzane zniekształcenia mają tę samą wartość, niezależną od amplitudy. W układzie tym wykonujemy pomiar wartości sygnału, a następnie ograniczamy ją, w zależności od zmierzonej amplitudy. Obrazuje to **rysunek 6**.

Trzeci typ układu wprowadzający zniekształcenia odcina od sygnału jego dolną wartość. Tu też mierzymy wartość sygnału, a układ ograniczający jest od niej zależny (**rysunek 7**).

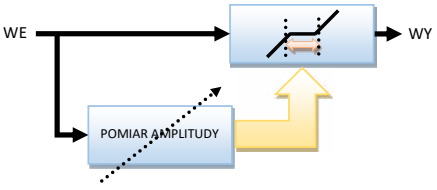
W ostatnim z opisywanych rodzajów układu zniekształcającego poziom sygnału jest mierzony i porównywany z jego wartością chwilową.



Rysunek 5. Zasada działania efektu *distortion* pierwszego typu

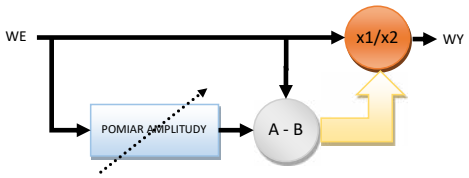


Rysunek 6. Zasada działania efektu *distortion* drugiego typu

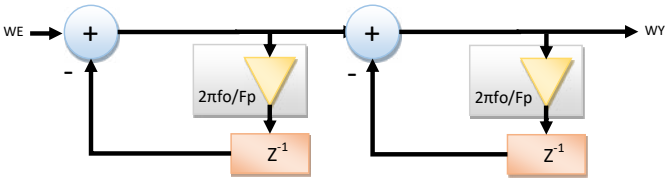


Rysunek 7. Zasada działania efektu *distortion* trzeciego typu

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 8. Zasada działania efektu *distortion* czwartego typu



Rysunek 9. Struktura filtru górnoprzepustowego II rzędu

Jeśli amplituda przekroczy pewną wartość (proporcjonalną do zmierzonego poziomu), zmianie ulega wartość wzmocnienia (**rysunek 8**).

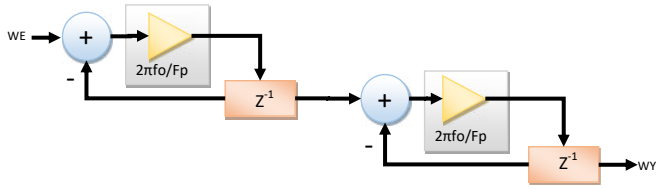
Jak już wspomniałem we wstępie do niniejszego artykułu, układ zniekształcający poprzedza filtr górnoprzepustowy. Struktura tego filtru pokazana jest na **rysunku 9**. Bloki Z^{-1} symbolizują rejestry pamiętające. Układ działa poprzez analogię do zwykłego układu RC. W algorytmie wykorzystujemy zasadę, że napięcie (U_c) na kondensatorze o pojemności (C) jest całką płynącego przezeń prądu (i_c). Natomiast wartość tego prądu zależy – jak wiemy z prawa Ohma – od spadku napięcia na rezystorze oraz jego wartości (R). Wartość napięcia na rezystorze stanowi różnicę napięcia wejściowego (U_{we}) i wartości napięcia na kondensatorze (U_c).

$$U_c = \frac{1}{C}\Sigma\frac{i_c}{f_p}$$
$$i_c = \frac{U_{we} - U_c}{R}$$
$$U_c = \frac{1}{RCf_p}\Sigma(U_{we} - U_c)$$
$$RC = \frac{1}{2\pi f_g}$$

gdzie:

- fg – częstotliwość graniczna filtru,
- fc – częstotliwość próbkowania.

czyli:



Rysunek 10. Struktura filtru dolnoprzepustowego II rzędu

$$U_c = \frac{2\pi f_g}{f_p}\Sigma(U_{we} - U_c)$$

A z budowy układu różniczkującego wynika:

$$U_{wy} = U_{we} - U_c$$

Schemat blokowy filtru dolnoprzepustowego można natomiast zobaczyć na **rysunku 10**.

Opis programu komputerowego

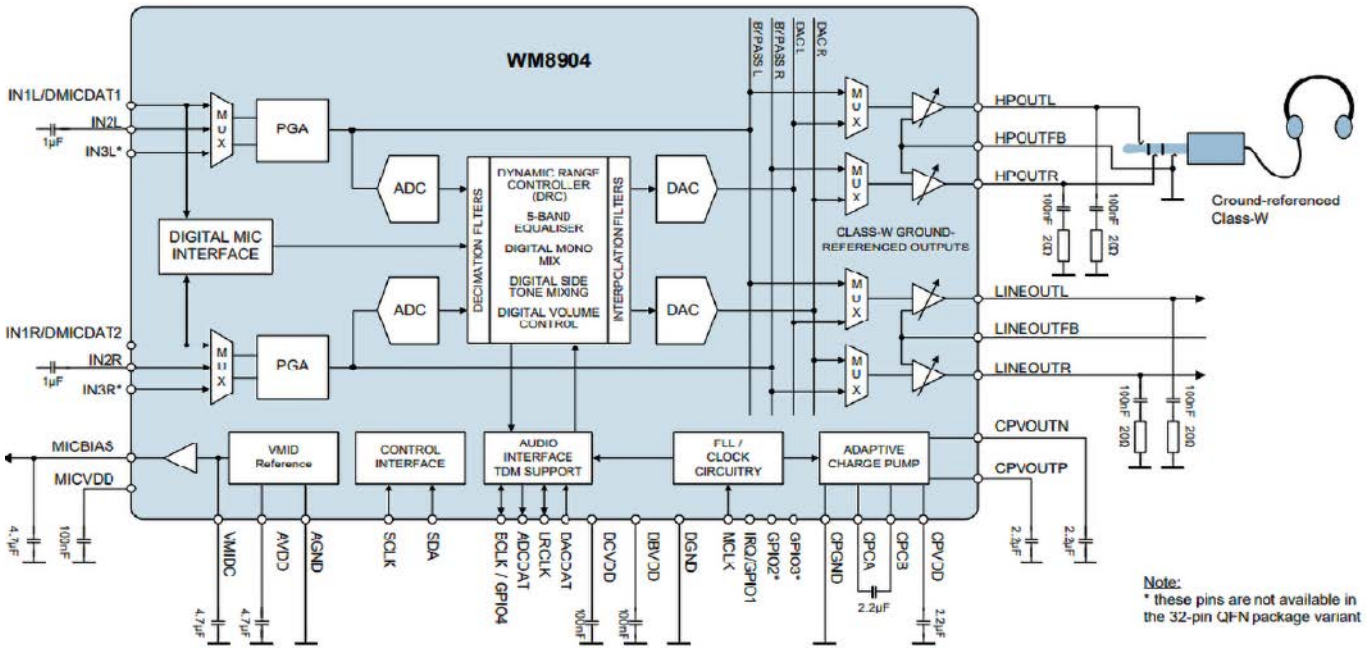
Cały program składa się z dwóch części: zestawu procedur przetwarzania sygnału (w których skład wchodzi również komunikacja z kodekiem) oraz obsługi interfejsu użytkownika (odpowiedzialnej za ustawianie parametrów urządzenia, obsługę przycisków sprzętowych i enkodera oraz sterowanie wyświetlaczem graficznym). Interfejs graficzny pomyślany został w taki sposób, że na wyświetlaczu prezentowane są obiekty służące do wprowadzania danych do programu. Ich stan lub wartość można zmieniać za pomocą enkodera, natomiast przełączać je można za pomocą dwóch przycisków. W naszym urządzeniu na wyświetlaczu znajduje się lista wyboru efektu oraz słupek do regulacji poziomu zniekształceń.

Część DSP. Sterowanie kodekiem

Ponieważ w poprzednich artykułach omówiłem szczegółowo transmisję pomiędzy mikrokontrolerem a kodekiem, w tym artykule zamieszczę jedynie ilustracje obrazujące jej działanie (**rysunki 11** i **12**).

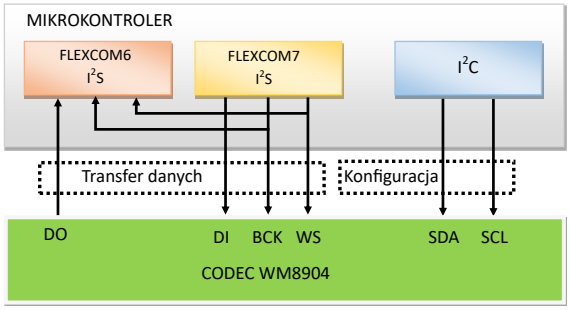
Procedury DSP

Ponieważ ogólny zarys działania programu został opisany w poprzednich punktach, tym razem wyjaśnię tylko algorytmy procedur wprowadzających zniekształcenia oraz zamieszczę fragment programu źródłowego zawierający procedury DSP (**listing 1**). Główną procedurą w zaprezentowanym fragmencie kodu jest



Rysunek 11. Schemat blokowy kodeka

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 12. Realizacja transmisji pomiędzy MPU a kodekiem

funkcja „PrzetwarzanieGłowne", wywoływana w każdym cyklu próbkowania sygnału i odpowiednio rozdzielająca zadania przetwarzania sygnału pomiędzy różne warianty algorytmu i jego elementów.

Na **rysunku 13** widać, że działanie tego algorytmu polega na porównywaniu wzmocnionego sygnału akustycznego z jego amplitudą – i w przypadku przekroczenia progu sygnał zostaje ograniczony do jej wartości.

Działanie algorytmu efektu typu 1 jest podobne, z tym że wartość sygnału akustycznego porównywana jest ze stałą wartością.

Efekt typu 3 (**rysunek 14**) również porównuje wartość sygnału akustycznego z poziomem zależnym od amplitudy sygnału, przy czym porównywana amplituda pomnożona zostaje przez współczynnik mniejszy od jedności. Sygnał wejściowy poniżej tej wyliczonej wartości ulega wyzerowaniu, natomiast wartość przekraczająca ją zostaje zmniejszona o tę właśnie wartość (porównywaną) oraz

```
#define FGPII(n,k,x){\
    static  float n##c1, n##c2;\
    n##c1 += (x-n##c1)*(float)k;\
    x -= (n##c1+n##c2);\
    n##c2 += x*(float)k;}

#define FDPII(n,k,x){\
    static  float n##c1, n##c2;\
    n##c1 += (x-n##c1)*(float)k;\
    n##c2 += (n##c1-n##c2)*(float)k;\
    x=n##c2;}

float ZN = 0.5;
float FDP_K = 2*STALA_PI*5000/FP;
float FGP_K = 2*STALA_PI*200/FP;
int ENum = 0;


float __attribute__((section(".ramfunc.$SRAMX"))) F3(float we)
{
     register float ww, wsp, ha, fk = 0.4+ZN;

    PomiarAmplitudy(P_,we);

    wsp = P_BA*fk;
    ww = ((we>wsp) ? (we-wsp)/(1.41-fk):
        ((we<-wsp) ? (we+wsp)/(1.41-fk) : 0));

    return ww;
}

float __attribute__((section(".ramfunc.$SRAMX"))) F4(float we)
{
    register float pb;

    register float ww = 0, fk = ((float)1.4-(float)1)*ZN+(float)1;

    PomiarAmplitudy(P_,we);

    pb = (we<0) ? -we : we;

    ww = (pb>fk*P_BA) ? we*3 : we;

    return ww/1.5;
}

float __attribute__((section(".ramfunc.$SRAMX"))) F1(float w)
{
    register float ww = w;

    ww *=(float)50*ZN;
    ww = (ww>FUZZ_A) ? FUZZ_A : ((ww<-FUZZ_A) ? -FUZZ_A : ww);

    return ww;
}

float __attribute__((section(".ramfunc.$SRAMX"))) F2(float w)
{
    PomiarAmplitudy(PA_,w);
     register float ba = PA_BA;
    w *= ((float)50*ZN);
    if(w>ba)    return ba;
    else if(w<-ba)  return -ba;
    else return 0;
}

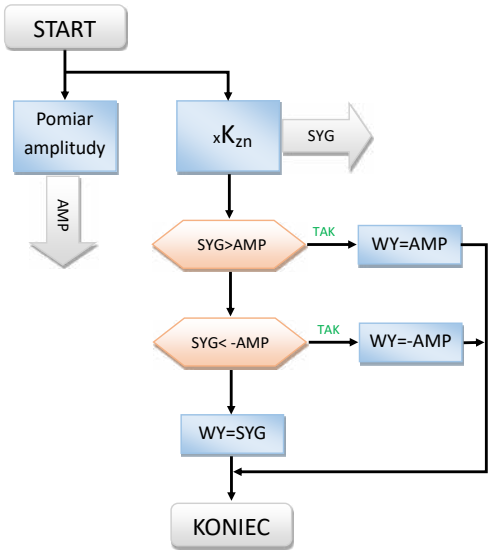
void __attribute__((section(".ramfunc.$SRAMX"))) PrzetwarzanieGlowne()
{
    static float (*FT[4])(float) = {F1,F2,F3,F4};

    float w= ((float)WartoscWE_L + (float)WartoscWE_P)/(float)0x7FFF;

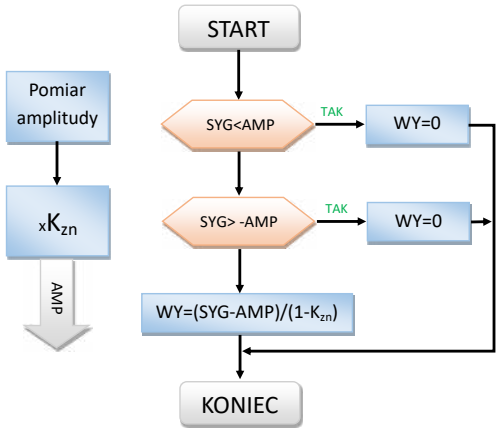
    FGPII (fgp,FGP_K, w);
    w= FT[ENum](w);
    FDPII (fdp,FDP_K, w);

    WartoscWY_P = WartoscWY_L = (int16_t)(w*(float)0x7FFF);
}
```

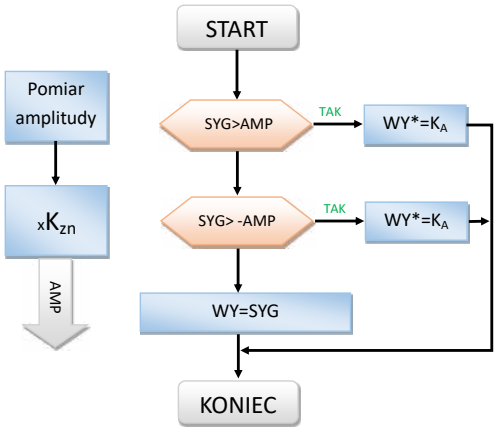
Listing 1. Fragment kodu prezentujący procedurę przetwarzania sygnału



Rysunek 13. Działanie algorytmu wprowadzania zniekształceń dla efektu typu 2

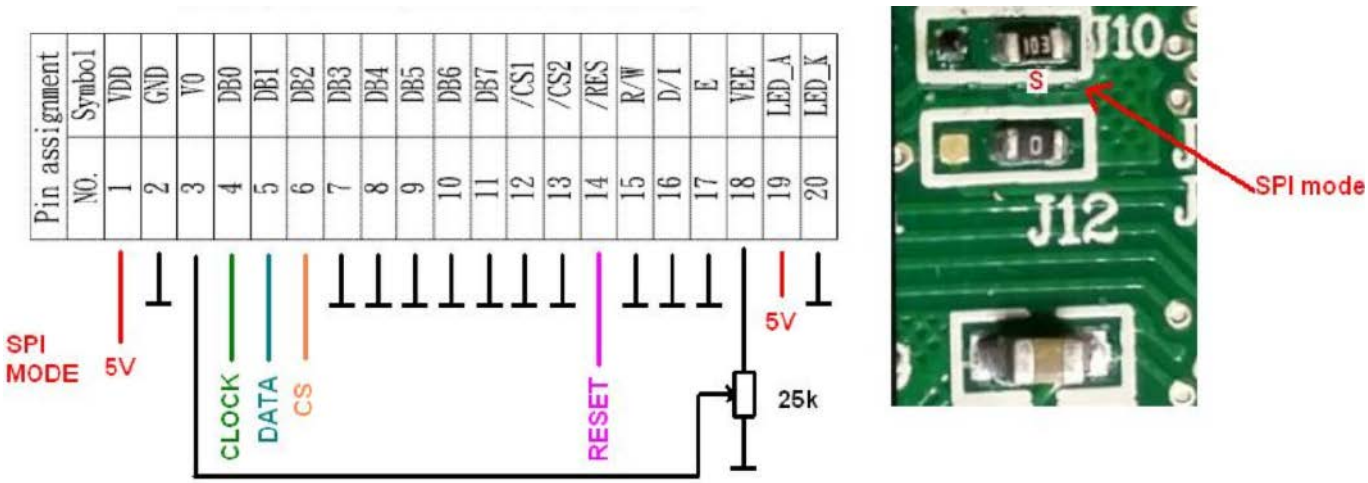


Rysunek 14. Działanie algorytmu wprowadzania zniekształceń dla efektu typu 3



Rysunek 15. Działanie algorytmu wprowadzania zniekształceń dla efektu typu 4

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 16. Schemat podłączenia wyświetlacza

pomnożona przez wyliczony współczynnik (w celu kompensacji jej wielkości). Jest to konieczne, ponieważ odjęcie wartości progowej powoduje znaczne zmniejszenie poziomu sygnału.

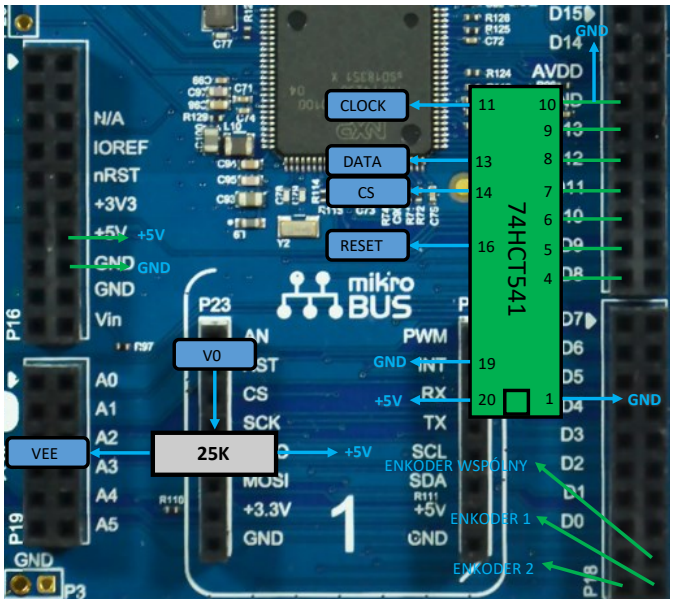
Efekt typu 4 (**rysunek 15**) porównuje amplitudę sygnału z poziomem o wartości nieco mniejszej od wartości maksymalnej amplitudy. Jeśli sygnał przekracza tę wartość, jest mnożony przez stały współczynnik.

Opis układu elektrycznego

Chociaż układ zbudowany jest w oparciu o gotowy moduł z mikrokontrolerem firmy NXP, do jego działania potrzebnych będzie kilka elementów dodatkowych. Są to: wyświetlacz graficzny 128×64 piksele oraz układ do jego sterowania. Istnieje opcja dołączenia do modułu dwóch przycisków, choć nie ma takiej konieczności, bo do sterowania urządzeniem można wykorzystywać przyciski znajdujące się na płytce ewaluacyjnej. Zastosowany w naszym układzie wyświetlacz graficzny jest w stanie pracować w dwóch trybach. Może być sterowany za pomocą transmisji równoległej lub szeregowej w protokole SPI. W prezentowanym projekcie stosujemy tryb transmisji szeregowej. Ponieważ wyświetlacz fabrycznie skonfigurowany został do pracy przy transmisji równoległej, należy przełączyć zworę, która znajduje się na jego tylnej części (**rysunek 16**). Dodatkowo – ponieważ układ logiczny wyświetlacza jest sterowany napięciami niezgodnymi ze standardem 3,3 V, czyli sygnałami wyjściowymi mikrokontrolera (wysoki stan wejść wymaga napięcia wyższego niż 3,5 V) – zastosowano bufor 74HCT541. Schemat części elektrycznej pokazany został na **rysunku 17**.

Elementy zastosowane w układzie

Aby uzyskać dobre wrażenie optyczne, w urządzeniu zastosowano monochromatyczny wyświetlacz graficzny LCD o rozdzielczości

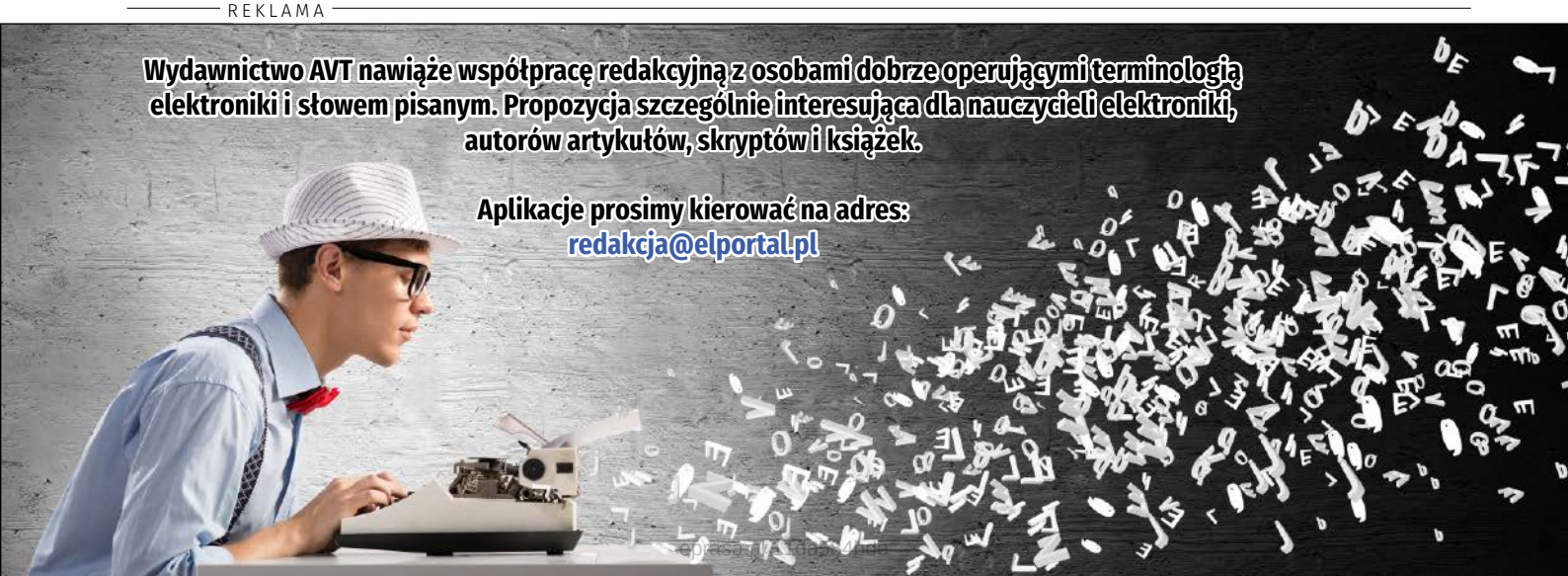


Rysunek 17. Schemat części elektrycznej

128×64 px typu LCD-EG-128064H-FHW K/W-E6. Charakteryzuje się on niską ceną i jest dostępny w wielu sklepach internetowych, w tym także u polskich dystrybutorów. Jako bufor wykorzystano układ 74HCT541 – również łatwo dostępny i przystępny cenowo. Potencjometr do regulacji kontrastu może być dowolnym potencjometrem montażowym o rezystancji około 25 kΩ. Jako enkoder można zastosować dowolny trójwyjściowy enkoder inkrementalny.

Tomasz Krogulski

REKLAMA



Internet Rzeczy w pomiarach środowiskowych (4)

Stacja pogodowa *Enviro* Weather firmy Pimoroni

Zbudowanie własnej stacji pogodowej może być naprawdę satysfakcjonującym projektem. Jednak do badania aury potrzebne są dość wyspecjalizowane czujniki. Zestaw Weather Meter Kit (SEN-15901) firmy SparkFun zawiera trzy sensory: kierunku wiatru, prędkości wiatru oraz ilości opadów. Razem z płytką Enviro Weather (PIM628) firmy Pimoroni, zawierającą czujniki temperatury, wilgotności, natężenia oświetlenia i ciśnienia, tworzy kompletną stację pogodową z wgranym programem do cyklicznego wykonywania oraz udostępniania pomiarów wielu parametrów środowiska.



W sieci można znaleźć wiele propozycji, które umożliwiają zbudowanie zestawów do monitorowania pomiarów pogodowych. Ciekawe i bardzo dokładne omówienie zagadnień związanych z konstrukcją własnej stacji pogodowej zamieszczone zostało w artykule „Build your own weather station" [4]. Znajdują się tam dokładne opisy elementów, układów, obliczeń, a także oprogramowania. Dostępne są też wyspecjalizowane nakładki przeznaczone do różnych systemów mikroprocesorowych. Zestawy stacji pogodowej można nabyć jako samodzielne komplety [1, 6] lub razem z dedykowaną elektroniką. Za przykład niech posłuży tu płytka bazowa „weather:bit" firmy SparkFun do połączenia zestawu stacji pogodowej z płytką mico:bit [7]. Kolejny przykład to „Weather HAT + Weather Sensors Kit" firmy Pimoroni, który umożliwia dołączenie zestawu stacji pogodowej do płytki Raspberry Pi [8].



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

Zestaw Weather Meter Kit (SEN-15901)

Weather Meter Kit (SEN-15901) firmy Sparkfun stanowi kompletny mechaniczno-elektryczny zestaw do budowy stacji pogodowej [1]. Zawiera on trzy czujniki: kierunku wiatru, prędkości wiatru i opadów oraz elementy mechaniczne konstrukcji masztu pomiarowego (**fotografia tytułowa** [6]). Żaden ze wspomnianych sensorów nie zawiera aktywnej elektroniki, zamiast tego wykorzystują one uszczelnione magnetyczne kontaktrony i magnesy. Czujniki do prawidłowego działania wymagają podłączenia odpowiedniego zasilania, co umożliwiają wyprowadzone z modułów pomiarowych przewody zakończone złączami RJ11. Konstrukcja nie wymaga lutowania.

W zestawie znajdują się [3] (**fotografia 1**):

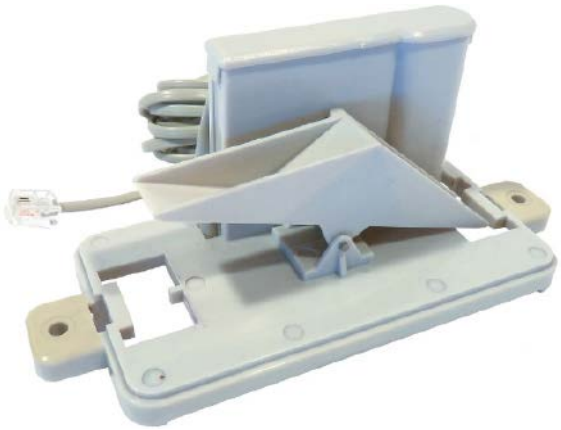
- czujnik kierunku wiatru (u dołu po prawej),
- czujnik prędkości wiatru (u dołu po lewej),
- czujnik opadów (u góry po lewej),
- dwuczęściowy maszt montażowy (dwie metalowe rurki),
- ramię montażowe czujnika deszczu (u góry po prawej),
- ramię montażowe czujników wiatru (na prawo od rurek),
- jedno opakowanie zawierające śruby/nakrętki,
- dwie opaski zaciskowe,
- tworzywowe opaski zaciskowe.

Czujniki wiatru i deszczu najpierw należy przymocować do słupka. Sensory wiatru montuje się na dwustronnym ramieniu, umieszczonym na szczycie słupka. Należy pamiętać, że anemometr ma krótki kabel, który podłącza się do wiatrowskazu, dzięki czemu oba

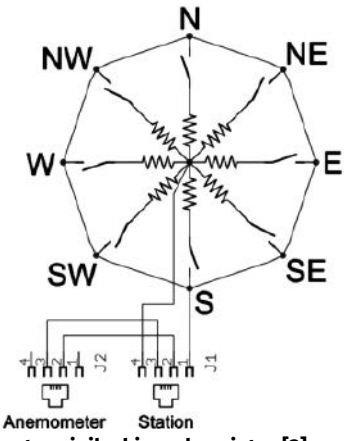


Fotografia 1. Zestaw do budowy stacji meteorologicznej [3]

eprasa.pl 11da584bde



Fotografia 2. Czujnik opadów po zdjęciu obudowy [4]



Rysunek 1. Schemat czujnika kierunku wiatru [3]

czujniki wiatru mogą korzystać z tego samego długiego kabla. Czujnik deszczu montowany jest na własnym ramieniu umieszczonym z boku słupka. Dokładna instrukcja montażu krok po kroku (ze zdjęciami) zamieszczona w „Weather Meter Hookup Guide" [3] stanowi bardzo przejrzysty przewodnik dotyczący łączenia wszystkich elementów zestawu.

Czujnik opadów (COM-B020)

Większość deszczomierzy dokonuje pomiaru opadów w milimetrach wysokości, zebranych na jednym metrze kwadratowym w określonym czasie [4]. Czujnik opadów COM-B020, dostarczany z zestawem stacji pogodowej, jest w rzeczywistości prostym urządzeniem mechanicznym [6] – jego budowę i działanie można przeanalizować samodzielnie. Należy delikatnie ścisnąć zaciski po obu stronach, a obudowa wówczas odskoczy. Wewnątrz krawędzi – pomiędzy dwoma wiadrami – znajduje się mały cylindryczny magnes, skierowany w stronę tylnej ściany. Natomiast wewnątrz tylnej ściany (na środku) znajduje się kontaktron (zakryty). Wtyczka ma tylko dwa środkowe styki.

Ten miernik deszczu to w zasadzie samoopróżniające się wiadro przechylne (**fotografia 2**). Deszcz zbierany jest przez lejkowatą obudowę i kierowany do wiadra. Gdy zbierze się wystarczająca ilość wody deszczowej, wiadro przewróci się, woda wypłynie, a wiadro znajdujące się naprzeciwko podniesie się na miejsce, w którym będzie napełniane. Oznacza to, że każde 0,2794 mm (0,011 cala) deszczu, które spadnie na czujnik, przechyli wiadro, wylewając wodę i zamykając kontakt. Każde przechylenie wiadra powoduje wygenerowanie krótkiego zwarcia. Zliczanie impulsów w czasie określa poziom opadów. Ten typ czujnika opadów do poprawnej pracy wymaga zamontowania dokładnie w poziomie. Pomaga w tym poziomnica oczkowa, umieszczona wewnątrz lejkowatej obudowy.

Anemometr – czujnik prędkości wiatru (COM-B020)

Anemometr COM-B020 (miernik prędkości wiatru) koduje prędkość wiatru, generując impulsy kontaktronu (zwarcia do masy) przy każdym pełnym obrocie [6]. Przy prędkości wiatru 2,4 km/h generuje impuls raz na sekundę. Badania pokazują, że na peny obrót przypadają dwa zwarcia kontaktronu. Wtyczka krótkiego kabla ma tylko dwa środkowe styki.

Czujnik kierunku wiatru (COM-B020)

Wewnątrz łopatki czujnika COM-B020 [6] znajduje się osiem przełączników (kontaktronów), każdy z własnym, unikalnym rezystorem (**rysunek 1**) [3]. Gdy wiatrowskaz się obraca, magnes zamyka kontaktrony. Magnes łopatki może potencjalnie zamknąć dwa kontaktrony jednocześnie, umożliwiając odczyt 16 pozycji – jednak badania praktyczne wykazały, że 8 położeń jest bardziej realistycznych.

Za pomocą zewnętrznego rezystora można utworzyć dzielnik napięcia. Pomiar napięcia wyjściowego przetwornikiem analogowo-cyfrowym w mikrokontrolerze pozwala określić, w którym kierunku ustawiony jest wiatrowskaz. Napięcie wyjściowe będzie zależeć od wartości użytego rezystora zewnętrznego, typowo ma on wartość 10 kΩ. Zależność wartości rezystancji i napięcia od kierunku, przy zasilaniu 5 V oraz 3,3 V, jest pokazana w **tabeli 1** [3]. Dla ułatwienia użytkowania najlepiej, gdy wartość odpowiadająca stopniowi 0 reprezentuje północ. Na obudowie czujnika zaznaczone są małe (ledwo widoczne) znaczki czterech stron świata (NWSE). Podczas instalowania i ustawiania mierników pogody należy upewnić się, że oznaczenia kierunku są skierowane we właściwej orientacji. Należy również pamiętać, że wiatrowskaz „wskazuje" **w kierunku, z którego wieje wiatr**.

Na rysunku 1 pokazane są gniazdka wyposażone w cztery końcówki. Obecna wersja czujników stosuje standardowe gniazdka RJ11 z sześcioma pinami.

Zestawy Enviro

Enviro firmy Pimoroni to rodzina programowalnych płytek do rejestracji danych z czujników. Zostały one zaprojektowane tak, aby były wygodne w użyciu i łatwe do umieszczenia w domu, ogrodzie lub miejscu pracy. Wszystkie mają tryb głębokiego uśpienia, dzięki czemu mogą pracować na baterii przez długi czas, bez konieczności stosowania przewodów zasilania. Płytki *Enviro* oznaczone jako „Pico W Aboard" mają na dolnej stronie bezpośrednio wlutowaną (SMD) płytkę Raspberry Pi Pico W [9]:

Tabela 1. Wartości rezystancji i napięcia wyjściowego czujnika kierunku wiatru (rezystor zewnętrzny R=10 kΩ) [3]

Kierunek [°]	Rezystancja [Ω]	Napięcie wyjściowe [V] (zasilanie 5 V)	Napięcie wyjściowe [V] (zasilanie 3,3 V)
0	33 k	3,837209	2,532558
22,5	6,57	1,982498	1,308449
45	8,2	2,252747	1,486813
67,5	891	0,409053	0,269975
90	1 k	0,454545	0,3
112,5	688	0,321856	0,212425
135	2,2 k	0,901639	0,595082
157,5	1,41 k	0,617879	0,4078
180	2,9 k	1,124031	0,74186
202,5	3,14 k	1,194825	0,788584
225	16 k	3,076923	2,030769
247,5	14,1 k	2,835498	1,871429
270	120 k	4,615385	3,046154
292,5	42,12 k	4,040675	2,666846
315	64,9 k	4,332443	2,859413
337,5	21,88 k	3,431619	2,264868

eprasa.pl 11da584bde

- *Enviro Indoor* (PIM630) – Bezprzewodowa płytka monitorująca środowisko, do śledzenia warunków wewnętrznych w domu, biurze lub innym środowisku. Czujniki pokładowe mogą mierzyć temperaturę, wilgotność, ciśnienie, gaz (BME688) oraz światło i kolor (BH1745).
- *Enviro Indoor +Accesory Kit* (PIM638) – Dodatkowo w zestawie pudełko zasilania, baterie i kabel USB.
- *Enviro Urban* (PIM629) – Bezprzewodowa płytka monitorująca jakość powietrza zewnętrznego z czujnikami: środowiskowymi (BME280), cząstek stałych (PMSA003I) oraz mikrofonem (SP0410HR5H-PB).
- *Enviro Urban +Accesory Kit* (PIM639) – Dodatkowo w zestawie obudowa wodoszczelna, pudełko zasilania, baterie i kabel USB
- *Enviro Grow + Sensors* (PIM627) – Bezprzewodowa płytka z czujnikami środowiskowymi (BME280), światła i zbliżenia (LTR-559) oraz trzema czujnikami wilgotności gleby z kablami.
- *Enviro Grow +Accesory Kit* (PIM637) – Dodatkowo w zestawie trzy pompy wodne, pudełko zasilania, baterie i kabel USB
- *Enviro Weather – Board Only* (PIM628) – Bezprzewodowa płytka z czujnikami temperatury, ciśnienia, wilgotności i gazu (BME688), światła i zbliżenia (LTR-559) oraz gniazdkami do podłączenia czujników wiatru i deszczu.
- *Enviro Weather – Weather Station Kit* (PIM640) – Bezprzewodowa stacja pogodowa do monitorowania klimatu i środowiska zawierająca płytkę z czujnikami temperatury, ciśnienia, wilgotności i gazu (BME688), światła i zbliżenia (LTR-559) oraz czujniki wiatru i deszczu (zestaw Weather Meter Kit, SEN-15901).

Wszystkie płytki „Pico W Aboard" mają takie same rozwiązanie zasilania, z osobnym napięciem o wartości 3,3 V, wytwarzanym przez układ regulatora LDO typu AP2138N firmy Diodes oraz zegar czasu rzeczywistego (RTC) typu PCF85063ATL firmy NXP.

Kolejna płytka *Enviro+ Pack* (PIM635) na górnej stronie ma wbudowany kolorowy ekran LCD o przekątnej 1,54 cala i wyposażona została w fabrycznie wlutowane czujniki: temperatury, ciśnienia, wilgotności i gazu (BME688), światła i zbliżenia (LTR-559) oraz mikrofon MEMS (SP0410HR5H-PB). Na dolnej stronie zamontowane zostały złącza żeńskie do podłączenia płytki Raspberry Pi Pico lub Pico W.

Płytka Enviro Weather (PIM628)

Widok płytki Enviro Weather (PIM628) pokazany jest na **fotografiach 3a i 3b**. Na dolnej stronie płytki wlutowana została bezpośrednio (SMD) płytka Raspberry Pi Pico W, udostępniająca gniazdko microUSB oraz przycisk BOOTSEL. Po tej samej stronie PCB modułu Enviro Weather zamontowane jest też gniazdko zasilania bateryjnego BATT (JST-PH), przycisk RESET (SW_RESET) dołączony do wejścia RUN procesora RP2040 oraz dwie diody LED (widoczne także od góry). Z kolei na stronie górnej zamontowano: czujnik światła LTR-559 (LIGHT), czujnik ciśnienia, temperatury i wilgotności (BME280), gniazdko komunikacji I²C standardu Qwiic (QW/ST), podwójne gniazdko RJ11 na potrzeby dołączenia czujnika deszczu (RAIN) oraz wiatru (WIND).



Fotografia 3. Płytka Enviro Weather, a) widok od dołu, b) widok z góry [9]

Dodatkowo udostępnione zostały:

Przycisk użytkownika POKE (STATUS, dołączony do wejścia GPIO7 procesora RP2040) wybudza płytkę ze stanu uśpienia i pozwala na natychmiastowy odczyt (gdy dostępne jest zasilanie z gniazdka BATT).

Dioda ACTIVITY (LED_ACT, biała, zamontowana pod spodem) pulsuje, gdy płytka pracuje (po wybudzeniu), błyska szybko w trybie konfiguracji.

Dioda WARNING (LED_ALARM, czerwona, zamontowana pod spodem) świeci lub miga, jeśli wystąpił błąd, np. brak połączenia.

Dioda LED_ACT jest poprzez rezystor 1 kΩ sterowana z wyjścia GPIO6 procesora RP2040. Dioda LED_ALARM jest – także poprzez rezystor 1 kΩ – podłączona do wyjścia CLKOUT układu PCF85063 (RTC).

Właściwości płytki *Enviro* Weather [9]:

- Raspberry Pi Pico W
  - Dual Arm Cortex M0+ działający z częstotliwością do 133 MHz i wyposażony w 264 kB pamięci SRAM.
  - 2 MB pamięci flash QSPI obsługującej XiP.
  - Zasilany i programowany przez USB micro-B.
  - Bezprzewodowa komunikacja 2,4 GHz (Wi-Fi, Bluetooth).
- Czujnik BME280:
  - Pomiar ciśnienia: od 300 do 1100 hPa.
  - Pomiar temperatury: od –40 do 85°C.
  - Pomiar wilgotności: od 0 do 100% RH.
  - Interfejsy I²C oraz SPI.
- Czujnik LTR-559
  - Pomiar natężenia oświetlenia od 0,01 do 64000 lx.
  - Czujnik zbliżeniowy do 5 cm.
  - Filtr UV/IR.
  - Interfejs I²C.
- Funkcja uśpienia/budzenia za pomocą RTC.
- Przycisk użytkownika.
- Przycisk resetowania RESET.
- Przycisk BOOTSEL (na płytce Raspberry Pi W).
- Złącze akumulatora JST-PH.
- Dioda LED użytkownika.
- Dioda LED ostrzegawcza.
- Złącze Qwiic/Stemma QT.
- 2× złącze RJ11.

Czujnik ciśnienia, temperatury i wilgotności BME280

Układ scalony BME280 firmy Bosch wykonuje pomiary ciśnienia (300...1100 hPa, 18/20 bitów), temperatury (–40°C...+85°C, 18/20 bitów) oraz wilgotności względnej (0...100%, 16 bitów) w technologii pojemnościowej [11]. Udostępnia on pomiary wilgotności względnej w zakresie 0...100% z rozdzielczością 0,008% RH/LSB oraz dokładnością ±3% RH (w zakresie 20...80% RH). Czas odpowiedzi wynosi (τ0...63%) 1 s, dryft długoterminowy (20...80% RH) 0,5% RH/rok, a histereza ±1% RH. Wykonywany wewnętrznie precyzyjny pomiar temperatury umożliwia wewnętrzne skompensowanie termiczne pomiarów pozostałych mierzonych parametrów. Układ jest skalibrowany fabrycznie. Pracuje w szerokim zakresie zasilania 1,71...3,6 V. Pobór prądu: 100 nA w stanie uśpienia, 340 µA przy pomiarze RH, 1,8 µA średnio przy odczycie 1 Hz (RH/T) oraz 3,6 µA (RH/T/P). Układ obsługuje łącze komunikacyjne standardu I²C oraz SPI z osobnym napięciem zasilania od 1,2V...3,6 V. Dostarczany jest w metalowej obudowie 2,5×2,5×0,93 mm.

eprasa.pl 11da584bde

Wybór standardu interfejsu komunikacyjnego określony zostaje w trakcie podawania zasilania, w zależności od poziomu logicznego na nóżce CSB. Jeśli stan jest wysoki (V_{DDIO}), to ustawiany jest I²C, gdy zero – to SPI.

BME280 obsługuje tryby Fast i High Speed standardu I²C. Adres układu na szynie zależy od stanu wejścia SDO i w przypadku dołączenia go do masy przyjmuje wartość 0x76, zaś połączeniu do V_{DDIO} odpowiada wartość 0x77. BME280 obsługuje tryby '00' (CPOL=CPHA='0') oraz '11' (CPOL=CPHA='1') standardu SPI w konfiguracji 3- oraz 4-sygnałowej (CLK 10 MHz).

Na płytce Enviro Weather układ BME280 skonfigurowano do pracy ze standardem komunikacji I²C oraz zasilaniem 3,3 V.

Czujnik światła otoczenia z detekcją zbliżeniową LTR-559

Układ scalony LTR-559 firmy LiteOn jest czujnikiem światła otoczenia (ALS, Ambient Light Sensor) oraz sensorem zbliżeniowym (PS, Proximity Sensor) [12]. Układ wyposażony został w dwa kanały do pomiaru światła. W jednym z nich uzyskujemy charakterystykę spektralną zbliżoną do oka ludzkiego (z tłumieniem podczerwieni), w drugim zaś mierzone jest pasmo widzialne z podczerwienią. Pomiar światła otoczenia przebiega w liniowym zakresie 0,01…64 000 lx z rozdzielczością 16 bitów. Dodatkowo czujnik wykonuje kompensację temperaturową pomiarów oraz tłumi migotanie światła na częstotliwości 50/60 Hz.

Układ zawiera diodę podczerwoną IRED ze sterownikiem prądowym. Wykrywanie obecności z rozdzielczością 11 bitów wykonywane jest w zakresie do 5 cm (typ. 2 cm). Wyjście INT pozwala na zgłaszanie przerwania przy przekroczeniu konfigurowalnego progu pomiaru światła lub odległości.

Układ pracuje w zakresie temperatur od –30°C do 70°C z zasilaniem 2,4...3,6 V i poborem prądu 250 µA (w stanie aktywnym) lub 5 µA (w stanie czuwania). Zasilanie diody LED IRED w zakresie 2,5...4,35 V zapewnia wbudowany driver prądowy o zakresie 5...100 mA. Układ obsługuje szynę komunikacji I²C w trybie FAST (400 kHz) z adresem 0x23 i zakresem zasilania szyny 1,7...3,6 V.

Na płytce Enviro Weather układ LTR-559 jest skonfigurowany z zasilaniem 3,3 V oraz z takim samym zasilaniem diody LED IRED. Wyjście INT dołączono do wejścia GPIO3 procesora RP2040.

Zegar czasu rzeczywistego PCF85063

Układ scalony PCF85063ATL firmy NXP to zegar czasu rzeczywistego (RTC) i kalendarz oraz timer. Układ zoptymalizowany został pod kątem niskiego zużycia energii [13]. Pracuje z kwarcem 32,768 kHz, a rejestr offsetu umożliwia precyzyjne dostrojenie zegara.

Zalecane zasilanie układu to 0,9...5,5 V, a zasilanie szyny I²C: 1,8...5,5 V. Pobór prądu 18 µA (aktywna szyna I²C) lub 0,22 µA (szyna nieaktywna). Wszystkie adresy i dane są przesyłane poprzez magistralę I²C (adres 0x51) z maksymalną szybkością 400 kbit/s. Adres rejestru ulega automatycznemu zwiększeniu po każdym zapisanym lub odczytanym bajcie danych. Układ timera może generować sygnał na wyjściu /INT z odstępem czasu od 244 µs do 4 godz. 15 min. Na wyjściu CLCKOUT może być ustawiony poziom niski lub przebieg o częstotliwości od 1 Hz do 21 768 Hz (domyślnie po resecie).

Na płytce Enviro Weather układ PCF8563A jest zasilany z napięcia V+_A0 (3,3 V). Układ PCF85063A jest konfigurowany do generowania sygnału INT. Do wyjścia /INT dołączony został tranzystor MOSFET wytwarzający sygnał RTC_ALARM. Wyjście CLKOUT układu jest dołączone do diody LED (LED_ALARM).

Płytka Raspberry Pi Pico W

Raspberry Pi Pico W firmy Raspberry Pi to płytka z mikrokontrolerem RP2040 wyposażonym w dwa rdzenie ARM Cortex-M0+ pracujące z częstotliwością do 133 MHz oraz pamięć RAM o pojemności 264 kB [10]. Na płytce znajdują się również 2 MB pamięci QSPI flash. Mikrokontroler RP20240 udostępnia rozbudowane interfejsy komunikacyjne: 2×SPI, 2×I²C, 2×UART, 3×12-bitowy ADC, 16 kanałów PWM oraz obsługę trybów niskiego zużycia energii: uśpienia (sleep) i trybu drzemki (dormant). Układ może być programowany w języku C/C++ lub MicroPython.

Płytka ma zamontowane gniazdko microUSB służące do zasilania i przesyłania danych (USB 1.1 w trybach Host oraz Device). Na PCB trafił także układ scalony CYW43439 firmy Infineon realizujący łączność bezprzewodową w standardzie Wi-Fi 4 (IEEE 802.11b/g/n) oraz Bluetooth 5.2 (BDR, EDR i BLE) z pojedynczą anteną współdzieloną.

Po obu stronach płytki znajdują się pady umożliwiające wlutowanie złączy goldpin (2×20) lub bezpośrednie przylutowanie do płytki drukowanej (SMD). Udostępniają one zasilanie oraz 26 wyprowadzeń GPIO.

Zestaw stacji pogodowej Enviro Weather (PIM640)

Kompletna stacja pogodowa Enviro Weather (PIM640) [2] firmy Pimoroni zawiera zestaw do budowy stacji pogodowej Weather Meter Kit (SEN-15901) [1] z trzema czujnikami [6]: kierunku wiatru, prędkości wiatru i opadów oraz elementami mechanicznymi konstrukcji masztu pomiarowego (fotografia 1). Załączona jest też płytka Enviro Weather (PIM628) [9] oraz pojemnik na trzy baterie AAA i odporna na warunki atmosferyczne obudowa – ekran Stevensona (fotografia tytułowa, biała tworzywowa rura). Ta praktyczna osłona chroni elektronikę, która musi znajdować się na zewnątrz (np. czujniki temperatury i wilgotności), przed słońcem i deszczem, jednocześnie utrzymując przepływ powietrza. Szczeliny w osłonie ochronnej zapewniają cyrkulację powietrza wewnątrz, gwarantując dokładne i niezakłócone odczyty, nawet w bezpośrednim świetle słonecznym. Praca ze stacją okazuje się identyczna, jak z samą płytką Enviro Weather (PIM628) i została omówiona w dalszej części artykułu.

Opis wszystkich elementów stacji pogodowej Enviro Weather zamieszczono na stronach firmowych produktu: Enviro Weather Station Kit (PIM640) [2], Enviro Weather (Pico W Aboard) (PIM628) [9] oraz Getting Started with Enviro (Pico W Aboard) [5]. Dokładne opisy oprogramowania znajdują się na GitHubie firmowym Enviro MicroPython firmware [14]. W gałęzi „documentation" znajdują się opisy płytki *Enviro Weather* [17], pracy z płytką *Getting Started with Enviro* [15], aktualizacji oprogramowania firmowego *Upgrading Firmware* [18], dołączania do chmury obliczeniowej *Adafruit IO* [16], pracy z problemami *Troubleshooting your Enviro setup* oraz opis procesu bootowania *Tips if you want to modify the code*.

Pierwsze uruchomienie płytki Enviro Weather

Podłącz baterię lub kabel USB do płytki *Enviro* i naciśnij przycisk POKE z przodu płytki, aby ją wybudzić. Dioda ACTIVITY zaświeci się, a po około sekundzie zacznie pulsować (dosyć szybko – wskazując, że urządzenie działa). Automatycznie przełączy się ona w tryb konfiguracji. Płytka *Enviro* dostarczana jest z preinstalowanym oprogramowaniem, dzięki któremu można od razu rozpocząć rejestrowanie danych. Zaletę *Enviro* stanowi fakt, że całe oprogramowanie jest przechowywane na urządzeniu w postaci skryptów MicroPython, które łatwo otworzyć, by sprawdzić każdy szczegół ich działania, a także zmienić pewne elementy.

Oprogramowanie obsługuje wysyłanie danych do wielu miejsc docelowych:

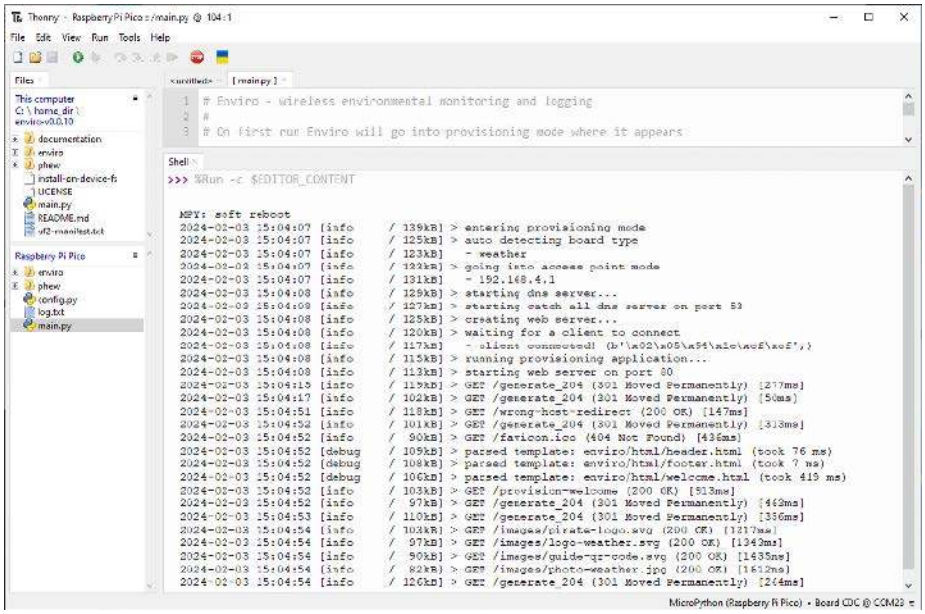
- Adafruit IO: Platforma (chmura) zaprojektowana przez Adafruit do przechowywania i wyświetlania danych.
- MQTT: Najpopularniejszy protokół przesyłania wiadomości w Internecie Rzeczy (IoT).
- InfluxDB: Platforma, na której programiści tworzą aplikacje IoT, analitykę i chmurę.
- Adres HTTP: Dane są wysyłane do podanego adresu URL.

eprasa.pl 11da584bde

Dołączanie aplikacji Thonny do płytki Enviro Weather

Thonny to środowisko IDE o otwartym kodzie źródłowym, które służy do tworzenia i przesyłania programów MicroPython do różnych płytek programistycznych, takich jak Raspberry Pi Pico, ESP32 oraz ESP8266 [20].

1. W komputerze zainstaluj najnowszą wersję programu Thonny.
2. Dołącz zaprogramowaną płytkę Enviro Weather kablem USB do komputera.
3. Sprawdź w *Menadżerze urządzeń*, który port COMxx został przypisany do dołączonej płytki.
4. Uruchom program Thonny.
5. Kliknij na ikonkę trzech linii w prawym dolnym rogu i wybierz *Configure interpreter*.
6. Ustaw typ interpretera na *MicroPython (Raspberry Pi Pico)*.
7. Z menu w prawym dolnym rogu wybierz *MicroPython (Raspberry Pi Pico) · Board CD @COMxx*.
8. Z okna *Raspberry Pi Pico* otwórz plik *main.py*.
9. Kliknij przycisk *Stop/Restart backend*.
10. Kliknij przycisk *Run current script*.



Rysunek 2. Okno aplikacji Thonny po pierwszym podłączeniu płytki Enviro Waether

Płytka z oprogramowaniem fabrycznym startuje w trybie konfiguracji, a biała dioda ACTIVITY szybko miga. Płytka Enviro Weather w trybie konfiguracji wystawia punkt dostępowy Wi-Fi o nazwie „Enviro Weather Setup". W oknie Shell programu Thonny zostanie wyświetlony log wykonywanych operacji – na **rysunku 2** pokazano sytuację po uruchomieniu punktu dostępowego na porcie 80, połączeniu z komórką i wyświetleniu pierwszej strony.

Log wszystkich operacji znajduje się w pliku log.txt na płytce Enviro.

Aktualizacja oprogramowania firmowego z transferem pliku obrazu

Użytkowanie płytki Enviro Waether najlepiej rozpocząć od aktualizowania oprogramowania firmowego. Aktualizacja jest opisana na stronie *Upgrading Firmware* [18].

11. Pobierz ze strony *Enviro MicroPython firmware* [14] najnowszą wersję firmowego pliku obrazu (uf2) zawierającą jednocześnie Enviro i MicroPythona. W chwili pisania niniejszego artykułu jest to plik ***pimoroni-enviro-v1.20.4-micropython-enviro-v0.0.10.uf2***.
12. Trzymaj wciśnięty przycisk *BOOTSEL* płytki Raspberry Pi Pico W (pod spodem płytki Enviro) i podłącz ją kablem USB do komputera.

Spowoduje to przejście oprogramowania płytki Pico W do trybu DFU – na komputerze otwarte zostanie okno RPI-RP2, pokazujące zawartość dysku udostępnianego przez Pico W.

13. Przeciągnij pobrany plik uf2 do okna dysku RPI-RP2.

Płytka Pico W uruchomi się ponownie z najnowszą wersją MicroPythona; nie będzie już udostępniała dysku – przejdzie bezpośrednio do trybu konfiguracji.

Uwaga! Nastąpi skasowanie poprzedniej zawartości pamięci flash płytki, w tym pliku config.py oraz katalogów readings i uploads. Jeśli są potrzebne, należy wcześniej wykonać ich kopie.

Aktualizacja oprogramowania firmowego z transferem plików projektu

Standardowo pełna wersja obrazu nie zawiera najnowszej wersji MicroPythona. Jednak można osobno załadować jego najnowszą wersję, a potem dodać pliki aktualnej aplikacji Enviro.

14. Pobierz ze strony *Pimoroni Pico Libraries and Examples* [19] najnowszą wersję firmowego pliku obrazu (uf2) zawierającego MicroPythona. Obecnie jest to plik ***pimoroni-enviro-v1.21.0-micropython.uf2***.
15. Trzymaj wciśnięty przycisk *BOOTSEL* płytki Raspberry Pi Pico W (pod spodem płytki Enviro) i podłącz ją kablem USB do komputera.
16. Odczekaj na koniec konfigurowania sterowników Windows.
17. Przeciągnij pobrany plik uf2 do okna dysku RPI-RP2.
18. Jeśli istnieje taka potrzeba – ponownie odczekaj do końca konfigurowania driverów systemowych.

Teraz kolej na aplikację Enviro.

19. Pobierz ze strony *Enviro MicroPython firmware* [14] (link Enviro releases) folder projektu aplikacji Enviro (zip). Obecnie jest to plik ***enviro-v0.0.10.zip***.
20. Rozpakuj plik zip.
21. Odłącz płytkę Enviro Weather od komputera i dołącz ją ponownie kablem USB.
22. Uruchom program Thonny.
23. Z menu w prawym dolnym rogu wybierz *MicroPython (Raspberry Pi Pico) · Board CD @COMxx*.
24. W oknie *Files This computer* otwórz folder z rozpakowanym projektem aplikacji Enviro.
25. W oknie *This computer* zaznacz linie: ***enviro***, ***phew*** oraz ***main.py***.
26. Kliknij je prawym klawiszem myszki i wybierz *Upload to*. Czekaj na zakończenie transferu.
27. Kliknij w menu przycisk *Stop/Restart backend*.
28. Otwórz plik main.py na Raspberry Pi Pico.
29. Kliknij w menu przycisk *Run current script*.
30. W oknie Shell przejrzyj log startowy.

Konfigurowanie konta chmury Adafruit IO

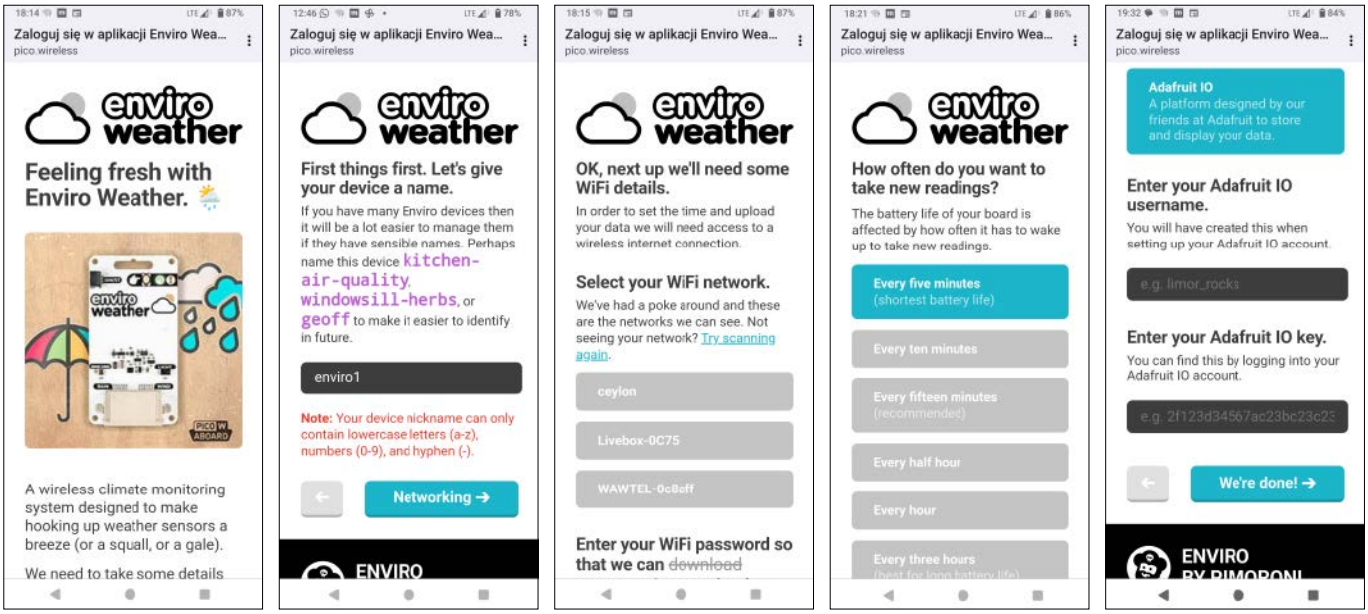
Adafruit IO to bardzo prosty sposób na rozpoczęcie przechowywania danych w chmurze, dzięki czemu można zacząć działać w ciągu kilku minut. Skonfigurowanie prostego panelu do przeglądania danych z czujników jest łatwe. Adafruit oferuje darmowy poziom, który pozwala na pracę z maksymalnie 10 kanałami.

31. Otwórz stronę https://io.adafruit.com/.
32. Utwórz konto Adafruit, klikając opcję *Get Started for Free*.
33. Wypełnij dane.

Nazwa użytkownika będzie później potrzebna.

34. Gdy jesteś zalogowany, kliknij *pozycję IO* w menu strony adafruit.io.
35. Kliknij żółty przycisk (klucza) w prawym górnym rogu strony.

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 3. Okna telefonu podczas dołączania Enviro Weather do chmury

Klucz jest długą liczbą, dlatego najlepiej skopiować go, aby nie wymagał późniejszego zapisywania/wpisywania.

36. W menu strony kliknij polecenie *Feeds*.

Utwórz nową grupę o nazwie „enviro".

37. Kliknij *New Group*.
38. Wpisz nazwę grupy, np. enviro. Kliknij *Create*.

Nie musisz ręcznie tworzyć kanałów dla Enviro – zostaną one utworzone automatycznie.

Bezpłatna obsługa Adafruit IO umożliwia przechowywanie danych przez 30 dni i pozwala na publikowanie do 30 punktów danych na minutę. Taka liczba wydaje się spora, ale Enviro zwraca jednocześnie do 10 różnych odczytów z czujników. Płytka może – przy braku dostępu do chmury – przechowywać odczyty przez kilka godzin, a po podłączeniu zostaną one wysłane jednocześnie.

Dołączanie Enviro do chmury Adafruit IO

Aby skonfigurować płytkę Enviro Weather i rozpocząć rejestrowanie/publikowanie zdalnie danych, trzeba przejść proces udostępniania. Można to zrobić za pomocą telefonu lub innego urządzenia obsługującego Wi-Fi, takiego jak tablet lub laptop.

39. Upewnij się, że płytka Enviro Weather ma zasilanie bateryjne lub USB.

Po włączeniu zasilania płytka powinna przejść do trybu konfiguracji, a biała dioda ACTIVITY powinna szybko migać. Jeśli tak się nie dzieje, spróbuj nacisnąć przycisk POKE.

Płytka Enviro Weather, pracująca w trybie konfiguracji, wystawia punkt dostępowy Wi-Fi z siecią o nazwie „Enviro Weather Setup".

40. W telefonie (lub innym urządzeniu bezprzewodowym) przejdź do ustawień Internetu/sieci bezprzewodowej.
41. Znajdź i połącz się z siecią bezprzewodową o nazwie „Enviro Weather Setup".

Po połączeniu pokazywana jest strona ***pico.wireless***.

Niektóre okna konfigurowania, na telefonie z Androidem, są pokazane na **rysunkach 3a...e**.

42. W pierwszym oknie kliknij *Ready? Let's go!* (**rysunek 3a**).
43. Wpisz nazwę płytki Enviro Weather, np. enviro1 (**rysunek 3b**).
44. Wybierz dostępną sieć Wi-Fi z obsługą Internetu, wpisz hasło, kliknij *Logging* (**rysunek 3c).**
45. Wybierz *Every five minutes* oraz *Every reading*, kliknij *Uploads* (**rysunek 3d**).
46. Wybierz, gdzie przesyłać dane: Afruit IO.
47. Wpisz nickname swojego konta Afruit IO oraz wpisz (wklej) klucz (**rysunek 3e**).

Biała dioda ACTIVITY cały czas szybko miga.

48. W następnym oknie kliknij *Reset the board*.

Dioda ACTIVITY dopiero teraz gaśnie.

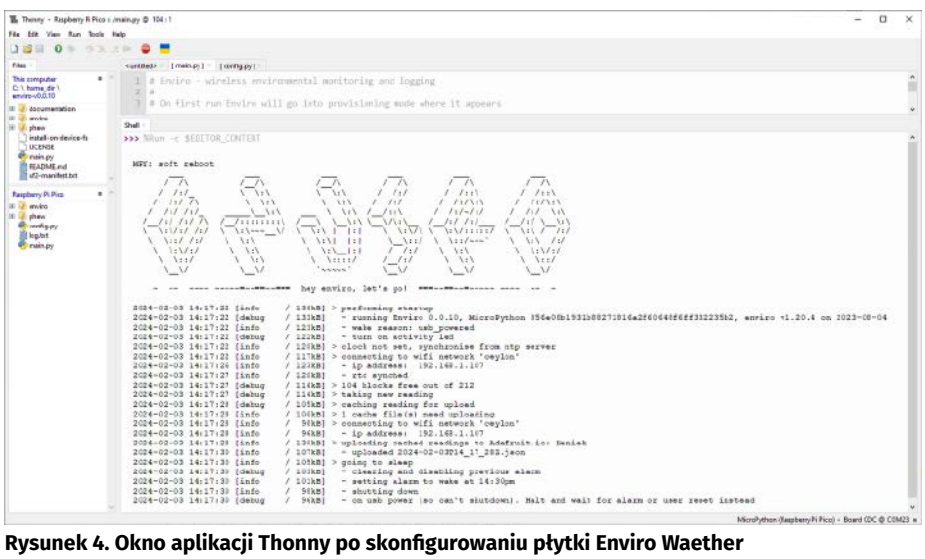
Log operacji wykonywanych podczas ponownego uruchomienia płytki jest pokazany na **rysunku 4**. Procesor zostaje wybudzony przez zegar RTC po 5 minut. Wtedy uruchamia się dioda ACTIVITY na sekundę, po czym pulsuje kilka razy. W ten sposób sygnalizowane jest wykonywanie pomiarów oraz wysyłanie danych do sieci.

Jeśli płytka jest podłączona do zasilania z gniazdka USB, to procesor nie przechodzi do stanu uśpienia. Urządzenie zachowuje połączenie poprzez USB z komputerem i dalej wystawiany jest wirtualny port COM.

Jeśli płytka jest zasilana z gniazdka BATT, procesor wchodzi w stan uśpienia.

Ponowne konfigurowanie płytki Enviro Weather

Można ponownie uruchomić tryb konfigurowania płytki Enviro Weather.



Rysunek 4. Okno aplikacji Thonny po skonfigurowaniu płytki Enviro Waether

eprasa.pl 11da584bde

49. Wciśnij i trzymaj przycisk POKE.
50. Przyciśnij i zwolnij przycisk RESET (na odwrotnej stronie płytki).
51. Trzymaj przycisk POKE jeszcze przez czas dłuższy, niż pięć sekund (lub do momentu, gdy dioda ACTIVITY zacznie pulsować).

Dioda ACTIVITY zaświeci się, a po około sekundzie zacznie pulsować, wskazując, że urządzenie działa w trybie konfiguracji.

Konfigurowanie płytki Enviro Weather poprzez plik konfiguracyjny

Można również zastosować prostszy sposób zmiany konfiguracji.

52. Dołącz aplikację Thonny do płytki Raspberry Pi Pico (opis powyżej).
53. Z okna *Raspberry Pi Pico* otwórz plik config.py.

W tym pliku są zapisane wszystkie informacje konfiguracyjne: nickname, wifi_ssid, wifi_password, adafruit_io_username, adafruit_io_key, destination, reading_frequency i upload_frequency oraz kilka innych.

Wystarczy teraz zmodyfikować odpowiednie pola, a potem zapisać. Najwygodniej – po pierwszym skonfigurowaniu płytki Enviro Weather – skopiować plik config.py z płytki do komputera i, w razie potrzeby, podmieniać dane konfiguracyjne. Po resecie lub przełączeniu zasilania płytka zaczyna od razu pracować w trybie wysyłania danych do sieci.

Oglądanie danych pomiarowych

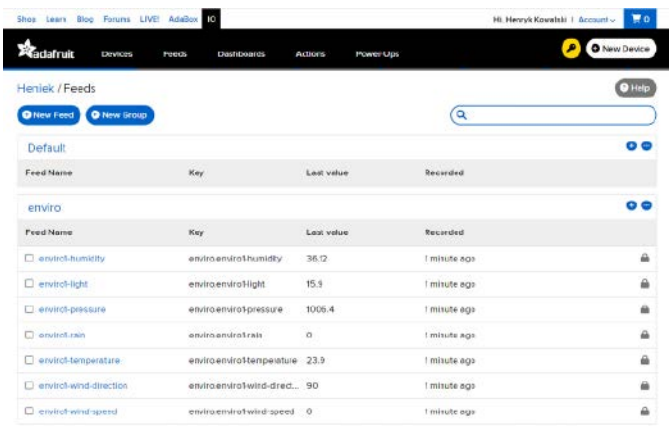
Aby zobaczyć swoje odczyty w Adafruit IO, musisz wejść na stronę https://io.adafruit.com/. Odczyty powinny zacząć pojawiać się na tej stronie, gdy płytka wyśle dane. Ustawiony jest odstęp wysyłania na 5 minut. Odczyt z każdego czujnika płytki Enviro Weather automatycznie pojawi się jako inny kanał [nickname]-[reading name] w ramach grupy (enviro). Lista parametrów udostępnianych przez płytkę Enviro Weather dla chmury Adafruit IO jest pokazana w GitHubie[17]. Jednak obecnie udostępniane kanały w Adafruit IO nieco się różnią. Należy pamięć, że płytka dostarcza wiele kanałów, a w przypadku darmowego konta można wyświetlać ich maksymalnie 10.

54. Kliknij na grupę enviro i rozwiń listę kanałów z wartościami pomiarów (**rysunek 5**).

Pobrane dane można zaprezentować w formie graficznej.

55. Kliknij „Dashboards" na górnym pasku menu.
56. Wybierz „Create new dashboard". Wpisz nazwę nowego pulpitu. W tej chwili nic tu nie ma.
57. Kliknij ikonę koła zębatego w prawym górnym rogu.
58. Wybierz opcję *Create New Block*.
59. Wybierz typ prezentacji danych w kanale.
60. Rozwiń listę kanałów i zaznacz odpowiedni.
61. Wpisz opisy i ustaw parametry wyświetlania.
62. Kliknij *Create block*.

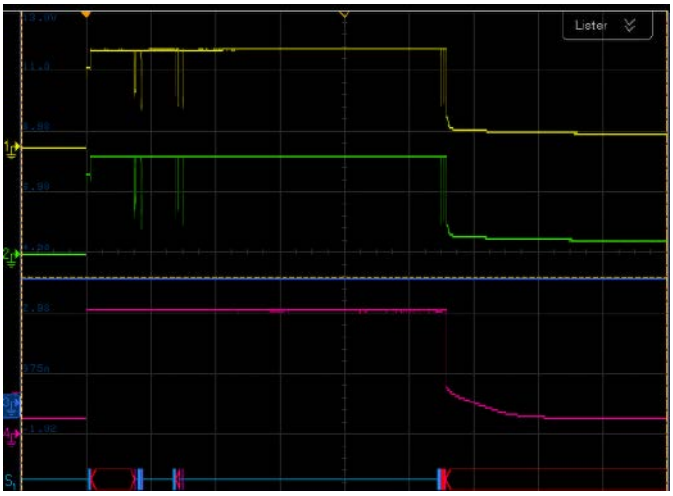
Można wyświetlać więcej bloków (**rysunek 6**). Bloki można przesuwać i zmieniać ich rozmiar za pomocą opcji „Edit Layout". Po odłączeniu płytki od zasilania i ponownym podłączeniu wykonywane



Rysunek 5. Strona Adafruit IO z zakładką wartości kanałów



Rysunek 6. Strona Adafruit IO z zakładką pulpitu



Rysunek 7. Blok pomiaru i transmisji danych płytki Enviro Weather

jest automatyczne dołączenie do chmury Adafruit IO. Istnieje możliwość podłączenia do chmury Adafruit IO więcej niż jednej płytki Enviro Weather. Jednak darmowe konto pozwala na obsługę maksymalnie 10 kanałów.

Praca płytki Enviro Weather z zasilaniem zewnętrznym poprzez złącze akumulatora JST-PH

Płytka Enviro Weather może być zasilana z jednego źródła: poprzez gniazdko microUSB albo z zewnętrznego napięcia – poprzez złącze akumulatora JST-PH. Producent zaleca, aby – po podłączeniu zasilania – nacisnąć przycisk *POKE*.

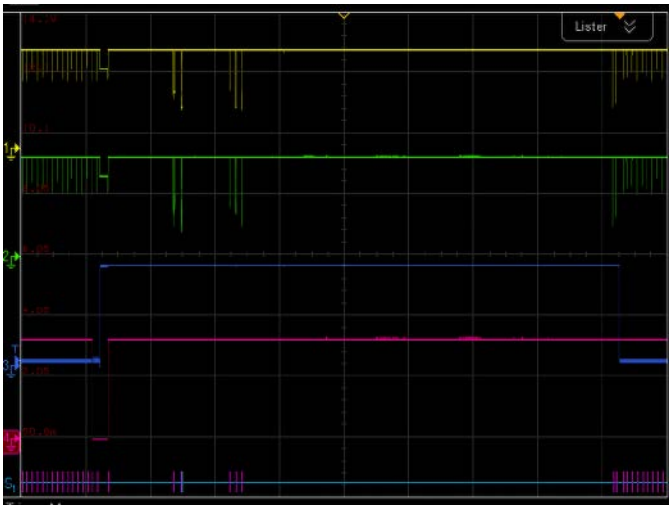
W ramach badań do gniazdka BAT (JST-PH) został dołączony naładowany akumulator Li-Po 3,7 V (z napięciem 4,12 V). Badania zostały przeprowadzone po wykonaniu konfiguracji płytki i bez podłączonego czujnika deszczu oraz czujników kierunku i prędkości wiatru. Po podłączeniu zasilania, przez ok. 11 s trwa blok pomiaru oraz transmisji danych poprzez Wi-Fi. W tej fazie pulsuje biała dioda ACTIVITY. Następnie procesor wchodzi w uśpienie. Cały czas pracuje przetwornica 3,3 V (szyna V+_A0 3,3 V) oraz zegar RTC. Pobór prądu maleje do ok. 35 µA.

Transmisja na szynie I²C podczas bloku pomiaru i transmisji danych została pokazana na **rysunku 7**. W kanale CH1 jest pokazany sygnał SCL, a w CH2 – sygnał SDA szyny I²C. Zdekodowane transmisje są widoczne w linii S1 w postaci niebieskich, pionowych kresek. Kanał CH3 odpowiada natomiast za pomiar szyny V+_A0 (stałe 3,29 V), a w kanale CH4 pokazano napięcie szyny VSYS.

Ze względu na ograniczoną liczbę kanałów oscyloskopu, stan następnych dwóch sygnałów zobrazowano na **rysunku 8**. Zachowują się one tak samo w przypadku zasilania z szyny USB, jak i z wejścia BATT. W kanale CH4 (rysunek 8) pokazany został sygnał /INT. W kanale CH3 (rysunek 8) widnieje sygnał HOLD_VSYS_EN.

Sygnał /INT wystawiany przez RTC powoduje włączenie zasilania na szynę VSYS i obudzenie procesora. Procesor wystawia sygnał HOLD_VSYS_EN (wyjście GP2), który podtrzymuje zasilanie VSYS na czas trwania bloku. Następnie procesor kasuje znacznik przerwania timera TM w rejestrze sterującym układu RTC, co powoduje

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 8. Blok pomiaru i transmisji danych płytki Enviro Weather podczas zasilania z USB

zdjęcie sygnału /INT. Na szynie I²C wykonywane jest sprawdzenie odpowiedzi układów na szynie I²C w zakresie adresów od 0x12 do 0x77. W przypadku płytki Enviro Weather aktywne są trzy adresy: 0x23 – czujnik światła, 0x51 – RTC oraz 0x77 – sensor ciśnienia. Następnie wykonywany jest odczyt czasu i daty z RTC oraz danych z czujników ciśnienia i światła. Na koniec bloku następuje ponowne konfigurowanie timera układu RTC na budzenie procesora za 5 minut. Zdjęcie sygnału HOLD_VSYS_EN przez procesor powoduje wyłączenie zasilania szyny VSYS.

Log pracy aplikacji Enviro, po włączeniu zasilania płytki Enviro Weather przez USB, został pokazany na rysunku 4. W stosunku do bloku pomiarowego, dodatkowo wykonywane jest wtedy konfigurowanie układów scalonych: RTC, czujnika światła i ciśnienia, oraz wpisanie aktualnego czasu i daty (pobranych z sieci Wi-Fi) do układu RTC.

Praca płytki Enviro Weather z zasilaniem USB

Płytka Enviro Weather rozpoczyna pracę po podłączeniu zasilania 5 V do szyny VBUS płytki Raspberry Pi Pico W. Zasilanie z szyny VSYS jest też podawane w sposób ciągły na wejście przetwornicy 3,3 V, co sprawia, że cały czas obecne jest zasilanie na szynie V+_A0 dla zegara RTC. Sygnały /INT oraz HOLD_VSYS_EN są ignorowane.

Transmisja na szynie I²C podczas bloku pomiaru i transmisji danych przy zasilaniu z USB została pokazana na rysunku 8. W trakcie trwania wspomnianego bloku na szynie I²C wykonywane są dostępy do układów – tak samo, jak przy zasilaniu z wejścia BAT. Jednak po zakończeniu bloku pomiaru procesor nie przechodzi w uśpienie, lecz w aktywnej pętli bada co 100 ms stan bitu znacznika przerwania zegara RTC. Cały czas włączone pozostaje napięcie na szynie VSYS oraz V+_A0. Średni pobór prądu spada do ok. 60 mA.

Po wykryciu przerwania procesor kasuje znacznik oraz przechodzi do obsługi bloku pomiaru i transmisji danych.

Jeśli do płytki Raspberry Pi Pico W zostały wlutowane złącze goldpin, to całość można – zamiast z szyny USB – zasilać poprzez pin VSYS [10]. Jednak wtedy płytka Enviro Weather będzie pracować tak, jak z zasilaniem USB.

Próby zestawu Enviro Weather z podłączonymi czujnikami deszczu i wiatru pokazują poprawne wybudzanie procesora po zadziałaniu czujnika deszczu oraz odczyty prędkości i kierunku w chmurze Adafuit IO.

Podsumowanie

Zestaw stacji pogodowej Enviro Weather (PIM640), po zmontowaniu według bardzo dokładnego opisu oraz podłączeniu zasilania, zaczął od razu pracować. Trochę brakuje wyczerpującego opisu sposobu konfiguracji systemu za pomocą smartfona. Nieco zagmatwany jest również sposób aktualizacji oprogramowania firmowego – za to dołączanie do chmury Adafruit IO działa bez zastrzeżeń. Istnieją też trzy inne sposoby udostępniania danych. W sumie jest to spory projekt o wielu składnikach i występowanie pewnych niedogodności jest w pełni zrozumiałe.

Brakuje natomiast opisu sposobu działania oprogramowania płytki Enviro Weather. Dopiero z logu i analizy kodu można się dowiedzieć, że płytka inaczej działa z zasilaniem z USB – a inaczej z zasilaniem bateryjnym. Płytka przy dołączaniu tego drugiego nie zawsze startuje stabilnie. Całość wymaga zatem wykonania dalszych badań.

W przeprowadzonych próbach nie testowano komunikacji Wi-Fi. W zeszłym roku został udostępniony driver Bluetooth do układu transmitera CYW43439 (z obsługą Wi-Fi oraz Bluetooth). Natomiast w połowie roku pojawiło się na GitHubie firmy Pimoroni oprogramowanie do obsługi BLE na płytkę Enviro Weather, jednak do teraz brak jakiegokolwiek opisu tego rozwiązania czy też kompatybilnej aplikacji (np. mobilnej) do odbioru danych. A rozwiązanie takie jest warte uwagi ze względu na dziesięciokrotne zmniejszenie poboru prądu podczas transmisji BLE.

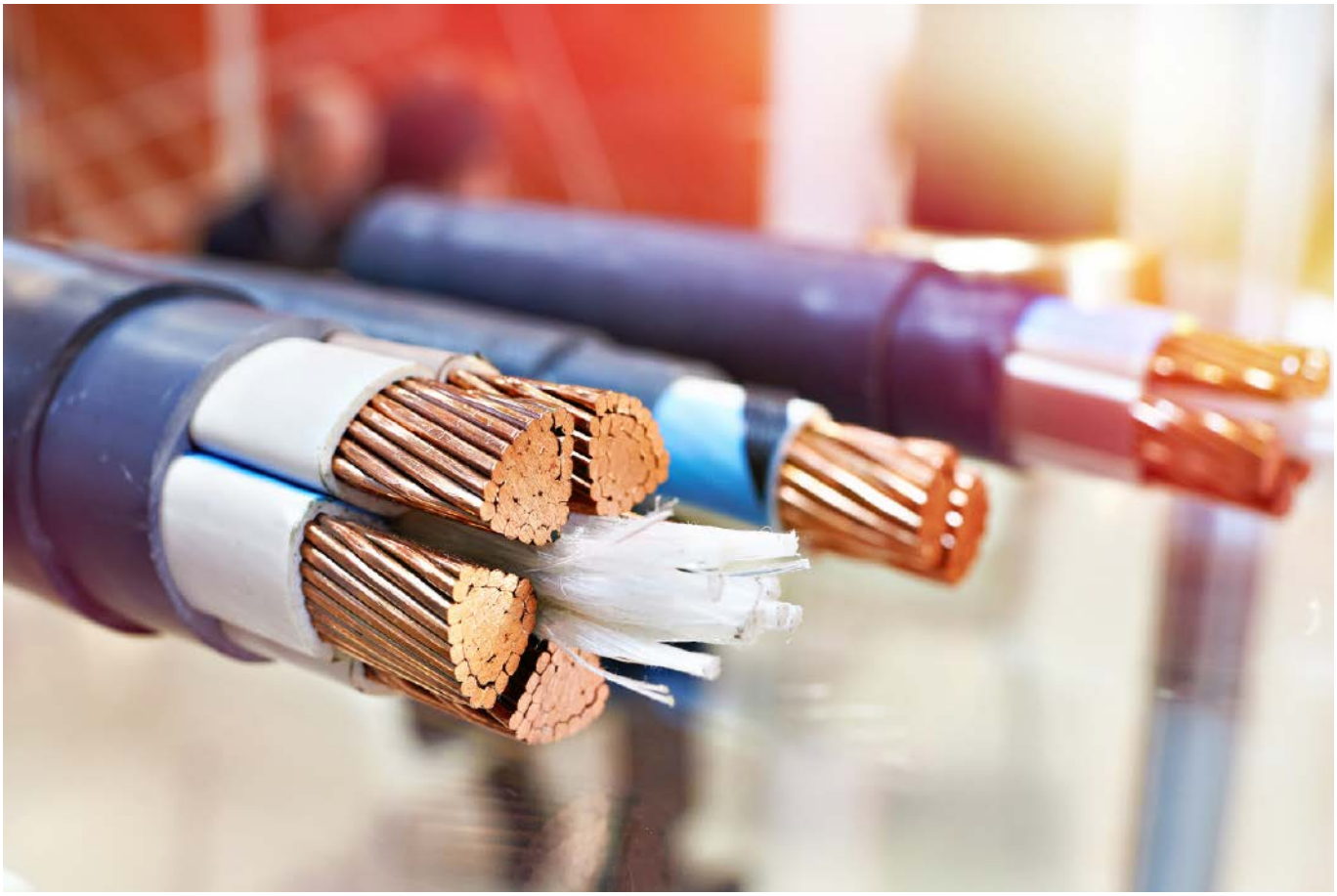
Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska

Autor składa podziękowania Panu Zbigniewowi Szymańskiemu za skuteczne próby pracy z płytką Enviro Weather.

Literatura:

[1] Weather Meter Kit (SEN-15901), SparkFun Electronics, https://tiny.pl/dt4r2
[2] Enviro Weather (Pico W Aboard) – Weather Station Kit (PIM640), Pimoroni, https://tiny.pl/dt4rs
[3] Weather Meter Hookup Guide, SparkFun Electronics, SparkFun Electronics, https://tiny.pl/dt4r6
[4] Build your own weather station, Raspberry Pi Foundation, https://tiny.pl/dt4rv
[5] Getting Started with Enviro (Pico W Aboard), Pimoroni, https://tiny.pl/dt4r3
[6] Wind and Rain Sensors for Weather Station (COM-B020), Pimoroni, https://tiny.pl/dt49q
[7] SparkFun weather:bit – micro:bit Carrier Board (DEV-15837), SparkFun Electronics, https://tiny.pl/dt49x
[8] Weather HAT + Weather Sensors Kit, Pimoroni, https://tiny.pl/dt49m
[9] Enviro Weather (Pico W Aboard), (PIM628), Pimoroni, https://tiny.pl/dt497
[10] Raspberry Pi Pico and Pico W, https://tiny.pl/dt49r
[11] BME280 temperature, pressure, humidity sensor, https://tiny.pl/dt49w
[12] LTR-559 light and proximity sensor (datasheet), https://tiny.pl/dt49c
[13] PCF85063A Tiny Real-Time Clock/Calendar with Alarm Function and I²C-Bus, NXP, https://tiny.pl/dt49d
[14] Enviro MicroPython firmware, Pimoroni, https://tiny.pl/dt49f
[15] Getting Started with Enviro, GitHub, Pimoroni, https://tiny.pl/dt495
[16] Adafruit IO, Pimoroni, https://tiny.pl/dt491
[17] Enviro Weather, GitHub, Pimoroni, https://tiny.pl/dt49j
[18] Upgrading Firmware, Pimoroni, https://tiny.pl/dt49p
[19] Pimoroni Pico Libraries and Examples, https://tiny.pl/dt49l
[20] Thonny Python IDE, https://tiny.pl/dt494

eprasa.pl 11da584bde



Instalacje nisko- i wysokoprądowe

Integracja urządzeń elektronicznych z instalacją zasilającą czy też elementami wykonawczymi wymaga sprawnego posługiwania się (dostępnym w aktualnej rynkowej ofercie) okablowaniem, a także konektorami, złączami i rozmaitymi akcesoriami przeznaczonymi do montażu oraz zabezpieczania przewodów. Co więcej, podczas projektowania i budowy instalacji należy być świadomym wymogów narzuconych przez rozmaite normy branżowe. Dlatego też w poniższym artykule przyjrzymy się wybranym zagadnieniom z pogranicza elektroniki oraz elektryki.

Choć zagadnienie pracy na styku układów elektronicznych oraz instalacji zasilających i sterowniczych może w pierwszej chwili kojarzyć się głównie z takimi obszarami aplikacyjnymi, jak urządzenia automatyki przemysłowej, sprzęt AGD czy też automotive, to w istocie zakres ten jest znacznie szerszy. Tematyka instalacji elektrycznych współistniejących z obwodami drukowanymi wewnątrz obudowy urządzenia bądź szafy sterowniczej kryje – wbrew pozorom – szereg pułapek, które mogą dać o sobie znać w najmniej oczekiwanym momencie. Niewłaściwie dobrany przekrój przewodów sieciowych, niedopasowanie rodzaju złączki do budowy kabla, czy wreszcie niedostateczne zabezpieczenie końcówek przewodów przed zwarciem w wyniku przypadkowego odpięcia lub oderwania, mogą nie tylko stworzyć realne zagrożenie dla użytkownika i/lub samego urządzenia, ale także skutecznie uniemożliwić uzyskanie wymaganej certyfikacji.

W artykule szeroko omówimy rodzaje przewodów przeznaczonych do różnych typów instalacji oraz stosowane w nich materiały izolacyjne, podamy także szereg przydatnych informacji dotyczących doboru okablowania zasilającego w określonych aplikacjach. Zaprezentujemy zagadnienia związane ze złączami zaciskanymi i przeznaczonymi do nich narzędziami, a ostatnią część artykułu poświęcimy osłonom do przewodów i wiązek kablowych.

Parametry elektryczne przewodów

Dobór okablowania urządzeń (przede wszystkim w zakresie zasilania) podyktowany jest zwykle w pierwszej kolejności maksymalnymi wartościami prądu oraz napięcia pracy – nic więc dziwnego, że właśnie te parametry w największym stopniu warunkują konstrukcję i dobór materiałów, z których produkowane są przewody.

Na **wartość maksymalnego napięcia roboczego** wpływają takie czynniki, jak grubość i rodzaj materiału izolacji wewnętrznej oraz (jeśli mamy do czynienia z bardziej złożoną konstrukcją, np. wielożyłową lub podwójnie izolowaną) – także zewnętrznej osłony przewodu, czyli tzw. płaszcza. W przypadku przewodów sieciowych do głosu dochodzą tu normy DIN VDE 0298 i IEC 183 – parametry

eprasa.pl 11da584bde

Tabela 1. Nominalne napięcia kabli sieciowych (http://t.ly/4JzwJ)

Napięcia nominalne U0/U [kV]	Obwód 3-fazowy	Obwód 1-fazowy	
		Oba przewody fazowe izolowane	Jeden przewód fazowy uziemiony
0,6/1	1	1,2	0,6
3,6/6	6	7,2	3,6
6/10	10	12	6
12/20	20	24	12
18/30	30	36	18

Tabela 2. Maksymalne dopuszczalne napięcia pracy kabli sieciowych (http://t.ly/4JzwJ)

Napięcia nominalne U0/U [kV]	Obwód 3-fazowy	Obwód 1-fazowy	
		Oba przewody fazowe izolowane	Jeden przewód fazowy uziemiony
0,6/1	1,2	1,4	0,7
3,6/6	7,2	8,3	4,1
6/10	12	14	7
12/20	24	28	14
18/30	36	42	21

napięciowe okablowania są zapisywane w postaci pary liczb U0/U, gdzie U0 oznacza napięcie nominalne pomiędzy przewodem a otoczeniem kabla (np. metalową otuliną lub ziemią, jeżeli mamy do czynienia z przewodem przeznaczonym do zakopania), zaś U – napięcie nominalne zmierzone między sąsiadującymi przewodami fazowymi. Zalecane szczytowe napięcie pracy jest rzecz jasna znacznie niższe, niż określone przez producenta napięcie próby wytrzymałościowej. W **tabeli 1** zebrano wartości nominalne sieciowych przewodów zasilających w obwodach 1- i 3-fazowych, zaś **tabela 2** prezentuje wartości maksymalnych dopuszczalnych napięć pracy, odpowiadające poszczególnym poziomom U0/U z tabeli 1.

Rezystancja izolacji, determinująca możliwość pracy przewodów w szczególności w warunkach wysokiego napięcia i/lub w niekorzystnych warunkach środowiskowych, może być podana aż na trzy różne sposoby. Najprostszy z nich korzysta z podstawowej jednostki oporności, czyli Ω i jest często stosowany w przypadku kabli sprzedawanych w odcinkach o długości do 1 km – konkretna wartość rezystancji stanowi wynik pomiaru próbnego, dokonywanego przez określenie prądu płynącego wskroś izolacji po przyłożeniu do niej stałego napięcia testowego. W notach katalogowych producentów można także spotkać się z wartością **rezystancji właściwej**, czyli rezystywności – ta stanowi już stricte właściwość materiału, dlatego odnosi się do jednostkowej objętości i jest najczęściej wyrażana w Ω·cm (przykładowo – izolacje wykonane na bazie PVC oferują zazwyczaj rezystywność powyżej



Fotografia 1. Miernik przenośny Brymen BM878 z funkcją pomiaru rezystancji izolacji przy napięciu testowym przestrajanym w zakresie 50...1000 V (http://t.ly/e_lHJ)



Fotografia 2. Pomiary rezystancji izolacji kabla ziemnego dokonywane za pomocą miernika Sonel MIC-10k1 (http://t.ly/1Mk_g)

20 GΩ·cm). W przypadku odcinków dłuższych od 1 km omawiany parametr jest często podawany po przeliczeniu na podstawie rezystywności oraz stosunku średnicy zewnętrznej żyły (wraz z izolacją) do średnicy samego tylko przewodnika. W takim przypadku spotykana w praktyce jednostka przyjmuje postać MΩ·km lub GΩ·km.

Na rynku dostępne są rozmaite narzędzia umożliwiające pomiar rezystancji izolacji – proste, pojedyncze pomiary mogą być wykonywane za pomocą niektórych multimetrów przenośnych (**fotografia 1**), choć w zastosowaniach przemysłowych czy budowlanych znacznie łatwiej i szybciej można zrealizować to zadanie przy użyciu wyspecjalizowanych mierników, pozwalających na automatyczne badanie kilku parametrów po jednorazowym podłączeniu przyrządu do badanego kabla (**fotografia 2**).

Rezystancja żyły (przewodnika) jest najczęściej podawana w Ω/km, a wynika bezpośrednio z rodzaju zastosowanego metalu (miedź, aluminium, itd.) oraz – rzecz jasna – przekroju poprzecznego żyły. W przypadku kabli miedzianych znaczenie ma także technologia obróbki metalu – miedź beztlenowa (OFC), czysta chemicznie (tj. praktycznie pozbawiona domieszek innych metali oraz tlenu) zapewnia znacznie dłuższą żywotność i odporność na korozję, ale w przypadku przewodów zasilających jest stosowana przede wszystkim przez projektantów związanych z branżą Hi-Fi audio oraz audiofili (**fotografia 3**).

Parametry mechaniczne i środowiskowe przewodów

Temperatura to jeden z kluczowych parametrów ograniczających możliwości pracy przewodów w określonych sytuacjach i często jest ona podawana jako dwa zakresy – osobno dla warunków montażu (lub pracy dynamicznej, tj. przy powtarzalnym zginaniu) oraz pracy



Fotografia 3. Wysokiej klasy kabel sieciowy z żyłami OFC przeznaczony do systemów audio klasy Hi-Fi (http://t.ly/HMWwR)

eprasa.pl 11da584bde

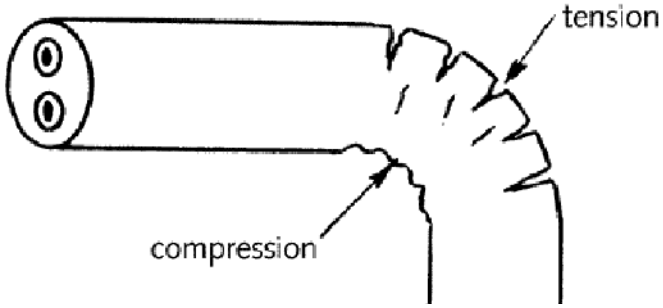
statycznej (gdy przewód pozostaje nieruchomy w ustalonej pozycji, np. w korytku kablowym lub wewnątrz szafy sterowniczej). Ze względu na szybsze zużycie izolacji w ekstremalnych temperaturach, pierwszy z podanych zakresów jest najczęściej wyraźnie węższy od drugiego. Warto dodać, że znacznie większe narażenie izolacji płynie zazwyczaj nie tyle ze strony środowiska pracy kabla, co ze strat mocy na rezystancji żył – ciepło wydzielane podczas pracy przy dużym obciążeniu oddziałuje bowiem bezpośrednio na izolację wewnętrzną oraz (pośrednio) na płaszcz. Więcej informacji na ten temat można znaleźć w dalszej części artykułu.



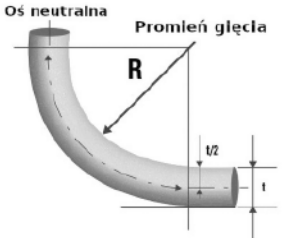
Fotografia 4. Peszel ochronny odporny na działanie promieniowania UV (http://t.ly/WghGU)

Odporność na warunki środowiskowe – przewody przeznaczone do pracy w szczególnie trudnym otoczeniu – np. na zewnątrz budynków, pod wodą, w obecności agresywnych chemikaliów, czy też dostosowane do zakopania w ziemi – muszą wykazywać odporność na szereg czynników mogących z łatwością prowadzić do degradacji materiałów izolacyjnych. Promieniowanie ultrafioletowe, ozon, spaliny, oleje i smary, alkohole oraz inne środki dezynfekcyjne (głównie w aplikacjach medycznych), związki silnie kwasowe lub zasadowe – to zaledwie część długiej listy źródeł narażenia, z którymi powinni liczyć się konstruktorzy rozmaitych instalacji oraz urządzeń. Powstała zatem (i jest wciąż rozszerzana) spora grupa przewodów, spełniających zarówno te wymagania, jak i szereg dodatkowych (np. odporność na skręcanie, właściwości samogasnące oraz wiele innych). Jako przykład można wymienić rodzinę produktów ÖLFLEX marki Lapp Kabel, przeznaczoną do stosowania w profesjonalnych instalacjach w różnych branżach techniki. Rozwiązaniem problemów związanych z działaniem niektórych czynników narażenia izolacji może być rzecz jasna zastosowanie odpowiednich osłon, np. peszli odpornych na promieniowanie UV (**fotografia 4**).

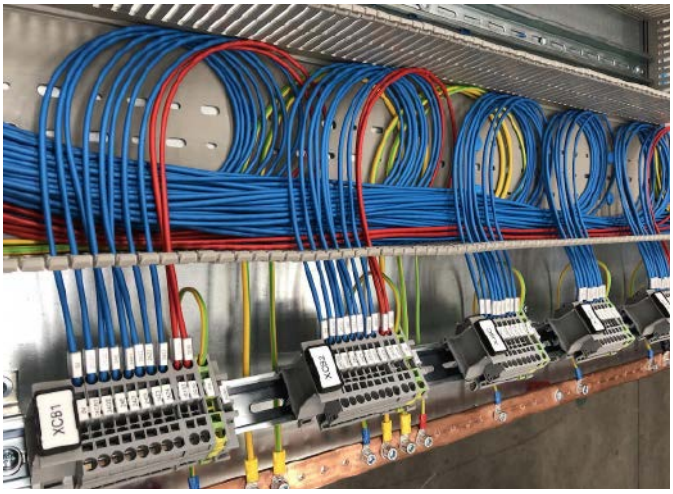
Minimalny promień gięcia wynika z szeregu zagadnień konstrukcyjnych przewodu – na parametr ten bezpośrednio wpływa nie tylko średnica zewnętrzna całości, ale także liczba, przekrój i budowa żył, obecność ewentualnych ekranów oraz elementów wzmacniających, jak również typ i grubość izolacji. Uwzględnienie minimalnego promienia zginania przewodu już na etapie projektu instalacji pozwala na zachowanie konstrukcji w stanie nienaruszonym, a przy tym niweluje ryzyko powstawania uszkodzeń izolacji bądź wewnętrznych pęknięć przewodników, wynikających z silnych naprężeń ściskających i rozciągających (**rysunek 1**). Im bardziej elastyczny (i zwykle także cieńszy) przewód, tym mniejszy może być promień, przy którym nie występują jeszcze naprężenia wewnętrzne mogące skutkować np. złamaniem jednej z żył. Zwykle wartość ta jest odnoszona do średnicy zewnętrznej przewodu i stanowi jej wielokrotność (np. $12\times\varnothing_z$). Należy zwrócić uwagę na fakt, że promień gięcia jest określany jako promień wewnętrzny, utożsamiany z wymiarami zaokrąglonej powierzchni, na której opięty zostałby dany przewód – patrz **rysunek 2** (dotyczy to także przypadków, w których kabel w rzeczywistości pozostaje niepodparty albo przylega tylko do wewnętrznych ścianek obudowy urządzenia bądź szafy sterowniczej – **fotografia 5**). Warto dodać, że w przypadku kabli płaskich (**fotografia 6**) omawiany parametr obowiązuje rzecz jasna dla zginania w „naturalnej" osi, tj. równoległej do dłuższego wymiaru przekroju przewodu. W szczególnych przypadkach niezbędna może okazać się także odporność przewodu na skręcanie w jego osi długiej (**fotografia 7**) – tego typu sytuacje występują powszechnie w rozmaitych mechanizmach, w tym w przegubach robotów przemysłowych. Dobór odpowiedniego kabla może zniwelować konieczność stosowania złączy obrotowych (lub montowania kabla o nadmiarowej długości), o ile rzecz jasna zakres obrotów jest ograniczony np. do ±180°/m bądź ±360°/m. Należy bowiem wziąć pod uwagę, że rzeczywisty zakres dopuszczalnego ruchu obrotowego zależy liniowo od długości odcinka poddawanego skręcaniu – wynika to wprost z ograniczenia maksymalnych naprężeń skręcających, którym podlega wewnętrzna struktura przewodu.



Rysunek 1. Ilustracja uszkodzeń izolacji kabla powstałych w wyniku naprężeń występujących podczas nadmiernego zginania. *Tension* – naprężenia rozciągające, *compression* – naprężenia ściskające (http://t.ly/K84Gl)



Rysunek 2. Ilustracja definicji promienia gięcia w przypadku kabla o przekroju okrągłym (na podst. http://t.ly/yC3rt)



Fotografia 5. Promień gięcia dotyczy w równym stopniu zarówno przewodów opiętych na zaokrąglonej powierzchni, jak i montowanych swobodnie (http://t.ly/sK0vI)



Fotografia 6. Przykładowy przewód płaski marki Lapp Kabel z serii Ölflex (http://t.ly/m3x2U)

Klasa giętkości – aby móc łatwiej ocenić giętkość żył, producenci określają (oprócz minimalnego promienia gięcia, który także się z tym zagadnieniem silnie wiąże), również tzw. klasę giętkości żył. Według normy PN-EN 60228 klasa 1 dotyczy żył jednodrutowych przeznaczonych do instalacji stałych, klasa 2 – żył wielodrutowych,



Fotografia 7. Niektóre rodzaje przewodów (np. Chainflex CFROBOT marki IGUS) mogą być bezpiecznie stosowane przy powtarzalnych naprężeniach skręcających w szerokim zakresie kątowym (http://t.ly/Ab_FR)

eprasa.pl 11da584bde

także do instalacji statycznych, klasa 5 – żył wielodrutowych giętkich, zaś klasa 6 – żył wielodrutowych bardzo giętkich. W katalogach producentów można nawet natrafić na szczegółowe informacje dotyczące budowy przewodników, np. liczby i średnicy drucików splecionych w ramach pojedynczej żyły.

Przekroje przewodów w świetle norm branżowych

Niezwykle istotnym zagadnieniem podczas doboru okablowania do określonej aplikacji jest ustalenie minimalnego przekroju żył, pozwalającego zapewnić wymaganą obciążalność prądową. Producenci przewodów instalacyjnych i sterowniczych podają często w swoich materiałach katalogowych zalecane średnice i przekroje okablowania, które umożliwią osiągnięcie określonego amperażu danego połączenia – za przykład niech posłuży **tabela 3**, opracowana na podstawie informacji ze strony internetowej marki Cicoil. Tego typu tabele są doskonałą pomocą, ale tylko w przypadku pierwszego przybliżenia – jak to zwykle bywa w codziennej praktyce, niewiele parametrów można traktować zero-jedynkowo. Należy bowiem wziąć pod uwagę również dopuszczalny przyrost temperatury przewodu pozostającego pod ciągłym obciążeniem (**tabela 4**), a także współczynniki korekcyjne dla różnych warunków otoczenia (**tabela 5**). Czy przytoczone tabele w zupełności „załatwiają" temat obciążalności prądowej? Zdecydowanie nie!

Tabela 3. Zalecane przekroje i średnice przewodów oraz maksymalne obciążenie prądowe – na podst. materiałów firmy Cicoil (http://t.ly/Wq-x4)

Przekrój wg AWG	Przekrój żyły [mm²]	Średnica żyły [cal]	Średnica żyły [mm]	Rezystancja [Ω/ft]	Rezystancja [Ω/km]	Maksymalne natężenie prądu (okablowanie chassis – pojedyncze przewody)
OOOO	107,219	0,46	11,684	0,049	0,16072	380
OOO	85,011	0,4096	10,40384	0,0618	0,202704	328
OO	67,432	0,3648	9,26592	0,0779	0,255512	283
0	53,488	0,3249	8,25246	0,0983	0,322424	245
1	42,409	0,2893	7,34822	0,1239	0,406392	211
2	33,624	0,2576	6,54304	0,1563	0,512664	181
3	26,665	0,2294	5,82676	0,197	0,64616	158
4	21,149	0,2043	5,18922	0,2485	0,81508	135
5	16,766	0,1819	4,62026	0,3133	1,027624	118
6	13,298	0,162	4,1148	0,3951	1,295928	101
7	10,551	0,1443	3,66522	0,4982	1,634096	89
8	8,367	0,1285	3,2639	0,6282	2,060496	73
9	6,631	0,1144	2,90576	0,7921	2,598088	64
10	5,261	0,1019	2,58826	0,9989	3,276392	55
11	4,168	0,0907	2,30378	1,26	4,1328	47
12	3,308	0,0808	2,05232	1,588	5,20864	41
13	2,627	0,072	1,8288	2,003	6,56984	35
14	2,082	0,0641	1,62814	2,525	8,282	32
15	1,652	0,0571	1,45034	3,184	10,44352	28
16	1,308	0,0508	1,29032	4,016	13,17248	22
17	1,040	0,0453	1,15062	5,064	16,60992	19
18	0,823	0,0403	1,02362	6,385	20,9428	16
19	0,653	0,0359	0,91186	8,051	26,40728	14
20	0,519	0,032	0,8128	10,15	33,292	11
21	0,412	0,0285	0,7239	12,8	41,984	9
22	0,327	0,0254	0,64516	16,14	52,9392	7
23	0,259	0,0226	0,57404	20,36	66,7808	4,7
24	0,205	0,0201	0,51054	25,67	84,1976	3,5
25	0,162	0,0179	0,45466	32,37	106,1736	2,7
26	0,128	0,0159	0,40386	40,81	133,8568	2,2
27	0,102	0,0142	0,36068	51,47	168,8216	1,7
28	0,080	0,0126	0,32004	64,9	212,872	1,4
29	0,065	0,0113	0,28702	81,83	268,4024	1,2
30	0,051	0,01	0,254	103,2	338,496	0,86
31	0,040	0,0089	0,22606	130,1	426,728	0,7
32	0,032	0,008	0,2032	164,1	538,248	0,53
33	0,026	0,0071	0,18034	206,9	678,632	0,43
34	0,020	0,0063	0,16002	260,9	855,752	0,33
35	0,016	0,0056	0,14224	329	1079,12	0,27
36	0,013	0,005	0,127	414,8	1360	0,21
37	0,010	0,0045	0,1143	523,1	1715	0,17
38	0,008	0,004	0,1016	659,6	2163	0,13
39	0,006	0,0035	0,0889	831,8	2728	0,11
40	0,005	0,0031	0,07874	1049	3440	0,09

Po pierwsze, określone rodzaje przewodów różnią się konstrukcją (w tym przede wszystkim rodzajem materiału zastosowanego do produkcji izolacji), a zatem ich zachowanie pod względem termicznym będzie w pewnym stopniu różniło się od pozornie identycznego (lub bardzo zbliżonego) okablowania, ale wykonanego z innych materiałów. Jako przykład przywołajmy tutaj tabelę określającą wartości znamionowe prądu dla przewodów HELUTHERM 145 marki Helukabel (**tabela 6**). Jak widać, amperaż zależy nie tylko od przekroju żył, ale także od sposobu montażu przewodów, a nawet… odległości pomiędzy nimi. W praktyce należy jeszcze uwzględnić (nieujęte w tabeli 6) współczynniki korekcyjne odniesione do liczby żył zamontowanych obok siebie. A to wszystko dotyczy wyłącznie pracy tego jednego, określonego typu przewodów w warunkach otoczenia o temperaturze nieprzekraczającej 30°C i to w odpowiednio wentylowanych przestrzeniach, które nie będą podatne na akumulowanie ciepła…

Po drugie, istnieje pokaźna grupa norm zawierających szczegółowe wytyczne dotyczące omawianego zagadnienia, zaś wytyczne te różnią się w zależności od branży. Należy w tym miejscu dodać,

eprasa.pl 11da584bde

Tabela 4. Zależność temperatury żyły od natężenia płynącego przez nią prądu – dane dla przewodników o przekroju od 30AWG do 10AWG (http://t.ly/fJUUW)

Przekrój wg AWG	80°C	90°C	105°C	125°C	150°C	200°C	250°C
	Natężenie prądu w pojedynczej żyle [A]						
30	2	3	3	3	3	4	4
28	3	4	4	5	5	6	6
26	4	5	5	6	6	7	8
24	6	7	7	8	8	10	11
22	8	9	10	11	12	13	14
20	10	12	13	14	15	17	19
18	15	16	18	20	22	24	29
16	18	20	24	26	29	32	37
14	20	25	33	40	40	45	39
12	25	30	45	50	50	55	54
10	35	40	58	70	70	75	73

Tabela 5. Wartości współczynników korekcyjnych dla temperatur otoczenia od 30 do 200°C (dot. danych z tabeli 4, http://t.ly/fJUUW)

Temperatura otaczającego powietrza [°C]	Współczynnik korekcyjny						
30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
40	0,88	0,90	0,92	0,95	0,96	0,97	0,98
50	0,75	0,80	0,82	0,89	0,91	0,93	0,95
60	0,58	0,67	0,73	0,83	0,87	0,91	0,95
70	0,35	0,52	0,61	0,76	0,82	0,87	0,93
80	–	0,30	0,46	0,69	0,76	0,84	0,90
90	–	–	0,30	0,61	0,71	0,80	0,87
100	–	–	–	0,51	0,65	0,77	0,85
125	–	–	–	–	0,50	0,66	0,72
150	–	–	–	–	–	0,54	0,65
200	–	–	–	–	–	–	0,49

że liczne schematy sposobów mocowania przewodów podobne do zaprezentowanych na **rysunkach 3...6** (i do których odnosi się tabela 6), można spotkać w obszernej normie 60364-5-52, zaadaptowanej na polskim gruncie jako PN-HD 60364-5-52:2011 (Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Oprzewodowanie). Poszczególne zapisy standardu traktują m.in. o rodzaju izolacji (np. PVC, EPR, materiały mineralne), metalu, z którego wykonany jest przewodnik (miedź, aluminium), typie ośrodka (powietrze, gleba), temperaturach przewodnika oraz otoczenia, sposobie ułożenia przewodów, liczbie żył umieszczonych w pakiecie (wiązce) lub obok siebie itp.

Innym przykładem może być norma 60601-1, opisująca wymagania w zakresie bezpieczeństwa podstawowego i funkcjonowania zasadniczego medycznych urządzeń elektrycznych. W **tabeli 7** zebrano wymagane przekroje żył przewodu sieciowego przy obciążeniach

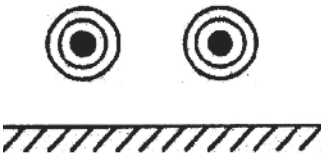
Tabela 6. Znamionowe wartości prądu dla przewodów z serii HELUTHERM 145 marki Helukabel (opis w tekście). Źródło: http://t.ly/Bsv0y

Sposób instalacji	Na powietrzu (rysunek 3)	Na powierzchni, nieprzylegająco (rysunek 4)	Na powierzchni, przylegająco (rysunek 5)	W wężach ochronnych, kanałach lub szafach (rysunek 6)
Przekrój żył [mm²]	Prąd znamionowy [A]			
0,25	13	12	9	7
0,33	17	15	11	9
0,5	19	18	12	10
0,75	24	23	17	13
1	31	30	20	17
1,5	39	36	25	20
2,5	51	48	33	26
4	68	65	45	36
6	88	84	58	46
10	121	116	80	64
16	160	152	106	85
25	211	200	140	111
35	261	248	172	138
50	320	304	211	169
70	411	391	272	217
95	502	476	331	265
120	587	558	387	310
150	680	646	449	359
185	781	743	516	413
240	931	884	614	492

Tabela 7. Wymagania normy 60601-1 w zakresie przekroju poprzecznego żył przewodu zasilającego (PN-EN 60601-1:2011)

Prąd znamionowy [A]	Nominalne pole przekroju żył [mm²]
I ≤ 6	0,75
6 < I ≤ 10	1
10 < I ≤ 16	1,5
16 < I ≤ 25	2,5
25 < I ≤ 32	4
32 < I ≤ 40	6
40 < I ≤ 63	10

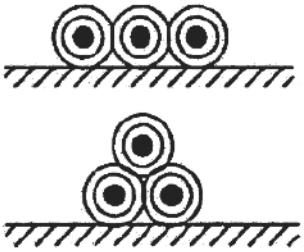
znamionowych w zakresie do 63 A. Co ważne, norma wymusza stosowanie takiej samej grubości przewodów nie tylko w stosunku do głównego przewodu zasilającego, ale także do pozostałego oprzewodowania wewnętrznego w części sieciowej wyrobu. Warto dodać:



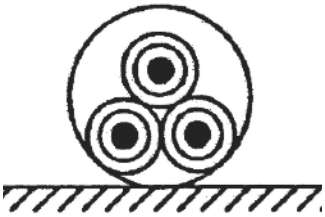
Rysunek 3. Przewody zamontowane na wolnym powietrzu (http://t.ly/im_yz)



Rysunek 4. Przewody zamontowane na powierzchni w sposób nieprzylegający (http://t.ly/im_yz)



Rysunek 5. Przewody zamontowane na powierzchni w sposób przylegający (http://t.ly/im_yz)



Rysunek 6. Przewody zamontowane w wężu lub kanale ochronnym (http://t.ly/im_yz)

eprasa.pl 11da584bde

Tabela 8. Porównanie najczęściej stosowanych materiałów izolacyjnych stosowanych do produkcji kabli (http://t.ly/zkyRq)

Nazwa		Polichlorek winylu	Polietylen	Poliuretan	Politetra-fluoretylen	Kopolimer tetrafluoretylenu i heksafluorpropylenu	Etylen tetra-fluoretylenu	Kauczuk chloroprenowy	Kauczuk silikonowy	Kauczuk etylenowo-propylenowy	Termoplastyczny elastomer poliolefinowy	Termoplastyczny elastomer poliestrowy
Skrót	Specjalne TPE	PVC	PE	PUR	PTFE	FEP	ETFE	CR	SI	EPDM	TPE-O	TPE-E
Oznaczenie (wg VDE)	-	Y	2Y	11Y	5Y	6Y	7Y	5G	2G	3G	-	12Y
Zakres temperatur pracy [°C]	–50...+120	–30...+70	–50...+70	–50...+90	–190...+260	–100...+ 200	–100...+150	–40...+100	–60...+180	–30...+120	–40...+120	–70...+125
Stała dielektryczna	2,4	4	2,3	4,0...6,0	2,1	2,1	2,6	6,0...8,0	2,8...3,2	3,2	2,7...3,6	3,7 – 5,1
Rezystancja właściwa [Ω·cm]	1015	1012...1015	1017	1012	1018	1018	1016	1013	1015	1014	5 x 1014	1012
Absorpcja wody (@ 20°C) [%]	1...2	0,4	0,1	1,5	0,01	0,01	0,01	1	1	0,02	1,5	0,3...0,6
Odporność: warunki atmosferyczne	●●●●	●●	●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●	●●●	●●●●
Odporność: działanie paliw	●●	●●●	●●●	●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●	●	●●●	●●●	●●
Odporność: działanie olejów	●●● *	●●●	●●●	●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●	●●●	●●●	●●●	●●●
Palność	zapalny	samogas-nący	zapalny	samogasnący**	niezapalny	niezapalny	niezapalny	samogasnący	trudnozapalny	zapalny	zapalny	zapalny

* dot. odporności na biooleje, ** tylko przy stosowaniu odpowiednich domieszek

tematyka określania obciążalności przewodów okazała się na tyle złożona, że doczekała się nawet… osobnego standardu o numerze IEC 60287-1-1:2023 CMV, traktującego tylko i wyłącznie o metodach obliczania ratingu prądowego oraz strat w przewodach(!).

Materiały izolacji okablowania

Kolejnym istotnym zagadnieniem związanym z doborem przewodów do instalacji elektrycznych jest rodzaj materiału zastosowanego przez producenta do wykonania izolacji. Podstawowy podział izolatorów wynika z ich zachowania w warunkach podwyższonej temperatury. Do polimerów termoplastycznych, czyli zmieniających po podgrzaniu swój stan skupienia do postaci płynu o wysokiej lepkości, należą m.in. polichlorek winylu (PVC, zwany także polwinitem), teflon (w odmianach PTFE, FEP czy PFA), polietylen (PE), polipropylen (PP), a także elastomery pod postacią TPE. Natomiast tworzywa termoutwardzalne to materiały, które (w wyniku obróbki termicznej) nabierają odpowiedniej twardości dzięki wytworzeniu trwałych wiązań chemicznych w strukturze polimeru. Materiały te oferują stabilne właściwości mechaniczne nawet w warunkach stosunkowo wysokich temperatur. Do omawianej grupy tworzyw należy zaliczyć m.in. polietylen chlorowany (CPE), neopren (CP), kauczuk etylenowo-propylenowy (EPR), polietylen sieciowany (XLP), polietylen chlorosulfonowany (CSPE), czy też szeroko stosowany (m.in. w przewodach pomiarowych i kablach wysokonapięciowych) silikon. Poszczególne materiały różnią się nie tylko „odpowiedzią" na wahania temperatury pracy, ale także parametrami elektrycznymi, odpornością chemiczną, palnością, czy też poziomem absorpcji wody. W **tabeli 8** zebrano najważniejsze dane na temat dwunastu najczęściej spotykanych materiałów izolacyjnych.

Standardy kolorystyczne izolacji przewodów

O ile w przypadku kabli sygnałowych przyporządkowanie barwy izolacji poszczególnych żył często może być całkowicie dowolne i zależne tylko od ustaleń projektanta, o tyle w świecie instalacji elektrycznych reguły są zdecydowanie bardziej rygorystyczne. Nie ma w tym nic dziwnego – możliwość jednoznacznego określenia potencjału/połączenia danego przewodu na podstawie jego barwy ma fundamentalne znaczenie dla bezpieczeństwa instalatorów, serwisantów i użytkowników.

Przykładowo, norma VDE 0293-308 określa sposoby kodowania kolorystycznego przewodów wielożyłowych, stosowanych w instalacjach niskonapięciowych do zasilania lub rozdziału energii. Standard przewiduje osobne zestawy barw dla wersji z żółto-zielonym przewodem ochronnym (PE) oraz bez niego:

- przewód 2-żyłowy: **niebieski**/**brązowy**,
- przewód 3-żyłowy: **brązowy**/**czarny**/**szary** lub **PE**/**niebieski**/**brązowy**,
- przewód 4-żyłowy: **brązowy**/**czarny**/**szary**/**niebieski** lub **PE**/**brązowy**/**czarny**/**szary**,
- przewód 5-żyłowy: **brązowy**/**czarny**/**szary**/**niebieski**/**PE** lub **niebieski**/**brązowy**/**3× czarny** (kodowane białymi nadrukami identyfikacyjnymi).

Ściśle określone wymagania odnośnie do kolorów kodujących poszczególne żyły przewodu sieciowego (oraz okablowania wewnętrznego części sieciowej) definiuje także przywołana wcześniej norma 60601-1, która jasno określa co następuje:

- izolacja żółto-zielona może być stosowana wyłącznie w przewodach uziemienia ochronnego i funkcjonalnego oraz przewodach wyrównawczych,
- przewód neutralny powinien być koloru jasnoniebieskiego,
- kolory żył w przewodzie zasilania sieciowego powinny być zgodne z wymogami normy IEC 60227-1 lub IEC 60245-1 (co w przypadku zasilania jednofazowego jest równoznaczne z brązową barwą izolacji przewodu fazowego).

eprasa.pl 11da584bde



Fotografia 8. Konektory, złączki i piny przeznaczone do zaciskania na przewodach jednożyłowych (http://t.ly/sa6Q4)



Fotografia 11. Połączenie uziemienia ochronnego wykonane za pomocą przewodów zakończonych końcówkami oczkowymi (http://t.ly/RLjPt)

Co ciekawe, norma 60601-1 wymusza stosowanie żółto-zielonej izolacji żyły ochronnej **na całej długości** przewodu sieciowego, ale w przypadku połączeń wewnątrz urządzenia wymagane jest zastosowanie owego zestawu barw **przynajmniej na zakończeniach przewodów**.

Rodzaje złączy i końcówek zaciskanych

Złącza i końcówki kablowe przeznaczone do zaciskania stanowią złoty standard w świecie instalacji elektrycznych. Na rynku można znaleźć dziesiątki rozmaitych kształtów konektorów (**fotografia 8**), a każdy z nich występuje zwyczajowo w kilku...kilkunastu rozmiarach. Konektory oczkowe (**fotografia 9**) i widełkowe (**fotografia 10**) współpracują z zaciskami śrubowymi, przy czym pierwsze z nich znajdują zastosowanie najczęściej w wykonywaniu połączeń uziemienia (**fotografia 11**), w ramach których współpracują z odpowiednio zwymiarowaną śrubą (zaciskiem). Końcówki widełkowe, z uwagi na możliwość montażu niewymagającego całkowitego zdemontowania śruby, są natomiast chętnie stosowane w połączeniu z terminalami śrubowymi, np. złączami barierowymi w zasilaczach średniej i dużej mocy. Warto przy tym zwrócić uwagę na ilość dostępnego miejsca pomiędzy brzegami przedziału złącza (ściankami korpusu izolacyjnego) a śrubą – w zależności od konstrukcji złącza i wymiaru śruby, konieczne może być zastosowanie końcówki widełkowej o kształcie standardowym lub zwężanym (**fotografia 12**).

Konektory prostokątne, nazywane też płaskimi bądź – potocznie – nasuwkami (**fotografia 13**) są szeroko stosowane od kilkudziesięciu lat, praktycznie w niezmienionej formie. Ich zaletą jest możliwość szybkiego i łatwego łączenia oraz rozłączania obwodów bez użycia narzędzi (w przeciwieństwie do opisanych wcześniej konektorów oczkowych i widełkowych). Dobrej jakości konektory, za sprawą powtarzalnych i precyzyjnie wykonanych wywinięć blachy, zapewniają stabilne połączenie ze współpracującym stykiem, zaś dodatkowe, centralnie umieszczone wypustki w konektorach żeńskich umożliwiają blokowanie wtyku w docelowej pozycji, co utrudnia przypadkowe rozłączenie. Konektory płaskie występują w trzech najczęściej spotykanych rozmiarach: 2,8 mm, 4,8 mm oraz 6,3 mm, przy czym baczną uwagę należy zwrócić na grubość styku męskiego – wszystkie trzy wspomniane powyżej rodzaje końcówek są produkowane w wersjach o grubości 0,5 mm oraz 0,8 mm.



Fotografia 9. Przykładowe końcówki oczkowe izolowane (http://t.ly/oBi4J)



Fotografia 10. Przykładowe końcówki widełkowe nieizolowane (http://t.ly/pSLDo)

W omawianej grupie konektorów zaciskanych występują ponadto także rozwiązania rzadziej spotykane w codziennej praktyce. Należą do nich m.in. końcówki typu igiełkowego (**fotografia 14**) oraz zbliżone do nich końcówki płaskie (tzw. *blade terminals*) – **fotografia 15**. Obydwa te rodzaje konektorów dobrze sprawdzają się we współpracy z niektórymi złączami śrubowymi oraz kostkami zaciskowymi.

Do tej samej kategorii produktów elektroinstalacyjnych można zaliczyć także końcówki rurkowe (**fotografia 16**), przeznaczone do ochrony odizolowanych końców przewodów wielodrutowych (linkowych) przed rozczapierzaniem bądź odłamywaniem delikatnych drucików w trakcie montażu w złączu śrubowym. Podobnie jak pozostałe opisywane tutaj konektory, także końcówki tulejkowe występują w wersji nieizolowanej (**fotografia 17**), którą w praktyce spotyka się jednak nieporównanie rzadziej – zaletą sztywnej osłonki izolacyjnej jest bowiem dodatkowa ochrona żyły przed złamaniem, czego nie zapewnia sama tylko metalowa rurka zaciśnięta na odizolowanym odcinku przewodnika. W pewnych sytuacjach bardzo pomocne okazują się także odpowiednio poszerzone końcówki, przeznaczone do wykonywania połączeń dwuprzewodowych (**fotografia 18**) – należy przy tym pamiętać, że nadają się one do współpracy z przewodami o tym samym, ściśle określonym przekroju i stosunkowo cienkiej izolacji, stąd zaciśnięcie na niektórych rodzajach przewodów może być utrudnione



Fotografia 12. Porównanie końcówek widełkowych w rozmiarze standardowym (po lewej) oraz zwężanym (po prawej) – http://t.ly/kJwhR



Fotografia 13. Przykładowe konektory płaskie w wersji izolowanej (http://t.ly/dwGAH)



Fotografia 14. Izolowane końcówki zaciskane typu igiełkowego (http://t.ly/PoCla)



Fotografia 15. Izolowane końcówki zaciskane typu *blade* (spłaszczone) http://t.ly/9ON_P

eprasa.pl 11da584bde



Fotografia 16. Izolowane końcówki tulejkowe (http://t.ly/OgqMO)



Fotografia 17. Nieizolowane końcówki tulejkowe (http://t.ly/jpEgw)

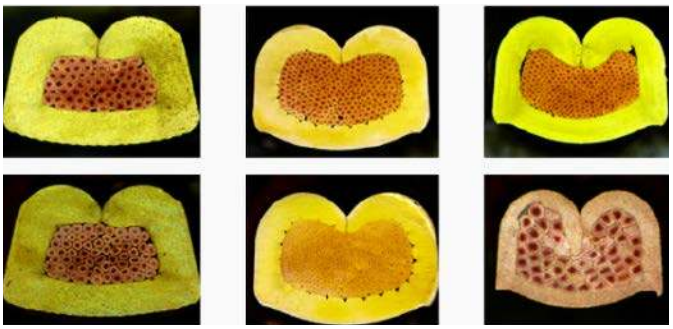


Fotografia 18. Podwójne końcówki tulejkowe w różnych rozmiarach (http://t.ly/kfPD2)

lub niemożliwe. Ten typ akcesoriów przydaje się zwłaszcza do wykonywania połączeń w modułach przemysłowych (np. sterownikach PLC), gdzie zachodzi potrzeba spięcia kilku styków w jeden obwód – przykład można zobaczyć na **fotografii 19**.

Zaciskanie końcówek kablowych

Proces zaciskania końcówek i konektorów może wydawać się banalnie prosty – wystarczy wszak umieścić odizolowany odcinek żyły wewnątrz elementu stykowego i solidnie zacisnąć szczęki narzędzia. Nie wszyscy użytkownicy zdają sobie jednak sprawę z tego, jak wielkie znaczenie dla niezawodności oraz bezpieczeństwa instalacji ma zachowanie odpowiednich

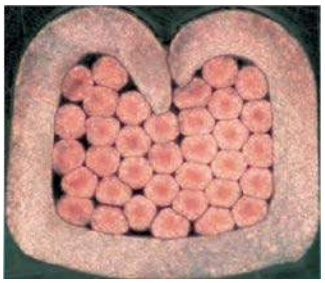


Fotografia 20. Mikrofotografie zgładów wykonane przy użyciu automatycznego systemu do wizyjnej kontroli jakości zaciskania konektorów (http://t.ly/7S2lW)

warunków procesu zaciskania oraz uzyskanie wysokiej powtarzalności wszystkich jego parametrów.

Na **fotografii 20** można zobaczyć mikrofotografie kilku przekrojów (tzw. zgładów) prezentujących części zaciskowe konektorów współpracujące z żyłą (drugi, większy zacisk – obecny w konektorach płaskich, oczkowych i widełkowych – jest przeznaczony do zaciśnięcia na izolacji przewodu). Z pozoru sześć obrazów zebranych na fotografii 20 różni się głównie strukturą samego przewodnika (liczbą i rozmiarami drucików składających się na linkę) oraz grubością blachy, z której wykonano samo złącze. Ekspert zobaczy jednak tutaj kilka problemów, świadczących o nie do końca zoptymalizowanym przebiegu procesu zaciskania. Aby lepiej zobrazować wybrane z nich, przyjrzyjmy się kolejnym fotografiom, na których ukazano bardziej „drastyczne" przypadki.

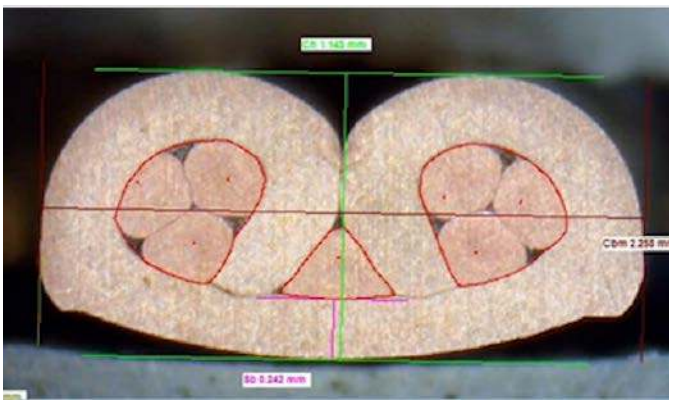
- Zbyt płytkie (słabe) dociśnięcie części zaciskowej prowadzi do powstania luk pomiędzy sąsiadującymi drucikami linki, co grozi obluzowaniem przewodu, a w skrajnym przypadku – jego wysunięciem z konektora (**fotografia 21**).
- Niewłaściwy dobór rozmiaru konektora do przekroju przewodu powoduje podwinięcie blaszek konektora wokół zbyt cienkiego przewodnika (**fotografia 22**) lub niedostateczne dociśnięcie linki (w przypadku przewodu zbyt grubego).
- Stosowanie uszkodzonej zaciskarki (np. w wyniku wypracowania kowadełka,



Fotografia 21. Przekrój nieprawidłowo zaciśniętego konektora. Zbyt płytkie zaciśnięcie doprowadziło do powstania luk pomiędzy sąsiadującymi drucikami, głównie po lewej stronie oraz na dole (http://t.ly/622tS)

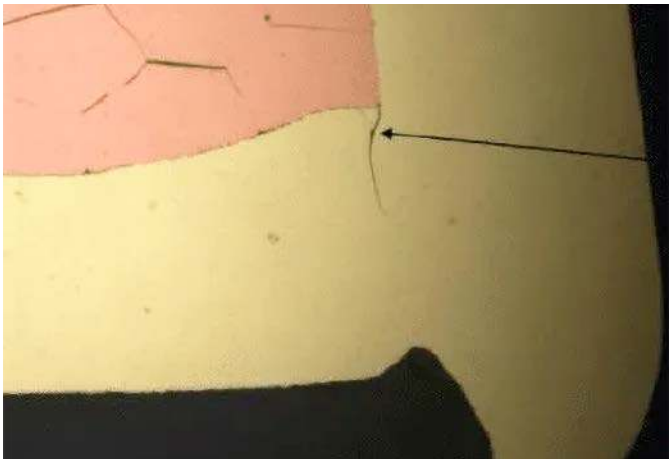


Fotografia 19. Zastosowanie końcówek podwójnych do wykonania połączeń w topologii daisy-chain (http://t.ly/SFdpr)



Fotografia 22. Przekrój nieprawidłowo zaciśniętego konektora. Przewód jest zbyt cienki w stosunku do rozmiarów konektora, co doprowadziło do silnego zaciśnięcia i podwinięcia blaszek wokół drucików (http://t.ly/622tS)

eprasa.pl 11da584bde



Fotografia 23. Przykład mikropęknięcia konektora jako skutek uszkodzenia kowadełka zaciskarki (http://t.ly/y9O6m)

czyli końcówki roboczej jednej ze szczęk) może doprowadzić do powstania mikropęknięć w strukturze konektora (**fotografia 23**), co w aplikacjach narażonych na drgania lub naprężenia mechaniczne grozi obluzowaniem, a w skrajnym przypadku – całkowitym pęknięciem metalowej końcówki.

Automatyzacja procesu obróbki i diagnostyki połączeń zaciskanych

Kwestia niezawodności w przypadku nieprawidłowo zaciśniętych konektorów jest na tyle istotna i złożona, że powstały nawet wyspecjalizowane systemy przeznaczone tylko i wyłącznie do manualnej, półautomatycznej lub automatycznej realizacji procedury oceny wizyjnej połączeń. Próbkę w postaci konektora zaciśniętego na przewodzie poddaje się najpierw precyzyjnemu cięciu w płaszczyźnie prostopadłej do osi długiej badanej końcówki, a uzyskaną w ten sposób powierzchnię szlifuje się za pomocą specjalnych tarcz obrotowych. Proces przygotowania materiału testowego obejmuje ponadto czyszczenie elektrolityczne. Dopiero tak obrobiony preparat można sfotografować korzystając z mikroskopu cyfrowego, a uzyskany obraz przesłać do oprogramowania analitycznego, oferującego zwykle obszerny zestaw automatycznych pomiarów i rozmaitych funkcji wspomagających (należą do nich m.in. algorytmy ułatwiające segmentację obrazu). Przykładowe urządzenia można zobaczyć na **fotografiach 24** i **25**. Systemy mikrofotograficznej analizy zgładów są szeroko stosowane m.in. w przemyśle motoryzacyjnym, gdyż właśnie tam konektory zaciskane stanowią najbardziej rozpowszechniony sposób łączenia elementów instalacji, a wspomniane wcześniej narażenie na uszkodzenia (drgania, naprężenia mechaniczne, wilgoć, zmiany temperatur, etc.) wymuszają utrzymanie najwyższej możliwej jakości połączeń. Mało tego – w sprzedaży



Fotografia 24. Automat marki Sinowon do przygotowywania i analizy przekrojów terminali zaciskanych (http://t.ly/J5GAh)



Fotografia 25. Półautomatyczny system do cięcia i mikrofotografii zgładów konektorów zaciskanych – SawInspect System 6 (http://t.ly/WnCyB)

dostępne są nawet wyspecjalizowane maszyny przeznaczone do precyzyjnego badania siły zerwania przewodu zakończonego konektorem – przykład ukazano na **fotografii 26**.

Jak widać, zapewnienie odpowiedniej jakości połączeń zaciskanych stanowi nie lada wyzwanie dla firm zajmujących się wielkoseryjną produkcją przewodów konfekcjonowanych i wiązek kablowych. Ręczne zaciskarki (**fotografia 27**) nadają się tylko do zastosowań serwisowych oraz produkcji prototypowej lub małoseryjnej, w ramach której liczba konektorów zaciskanych podczas produkcji jednego egzemplarza urządzenia jest relatywnie niewielka. Ograniczeń mamy tutaj kilka, a bodaj najważniejsze stanowi ergonomia pracy użytkownika – zmęczenie ręki daje o sobie znać tym szybciej, im konektory są większe (a zatem – im większą siłę trzeba przyłożyć do rękojeści narzędzia). Dlatego też na rynku dostępne są dziesiątki urządzeń półautomatycznych (**fotografia 28**), realizujących część procesu (w tym tę najbardziej obciążającą fizycznie, czyli samo zaciskanie) w sposób zmechanizowany. Najbardziej rozbudowane pozostają rzecz jasna automaty (**fotografia 29**), które – za sprawą wyspecjalizowanych mechanizmów oraz zaawansowanego oprogramowania sterującego – są w stanie przeprowadzić proces przygotowania oraz zaciskania w sposób całkowicie autonomiczny: oprócz elementu najważniejszego, czyli zestawu precyzyjnych szczęk narzędziowych, wyposażone są także w automatyczne



Fotografia 26. Tester siły zerwania do badania jakości połączeń zaciskanych (http://t.ly/DQRQc)

eprasa.pl 11da584bde



Fotografia 27. Przykładowa zaciskarka ręczna z wymiennymi szczękami (http://t.ly/xh-Mz)



Fotografia 29. Przemysłowy automat przeznaczony do zaciskania konektorów (http://t.ly/dC7kf)

podajniki taśmy z konektorami, podajniki przewodu, systemy cięcia i zdejmowania izolacji z przewodów, a nawet specjalne mechanizmy prostowania przewodów, systemy monitorowania siły nacisku i jakości przewodnika oraz o wiele, wiele więcej.

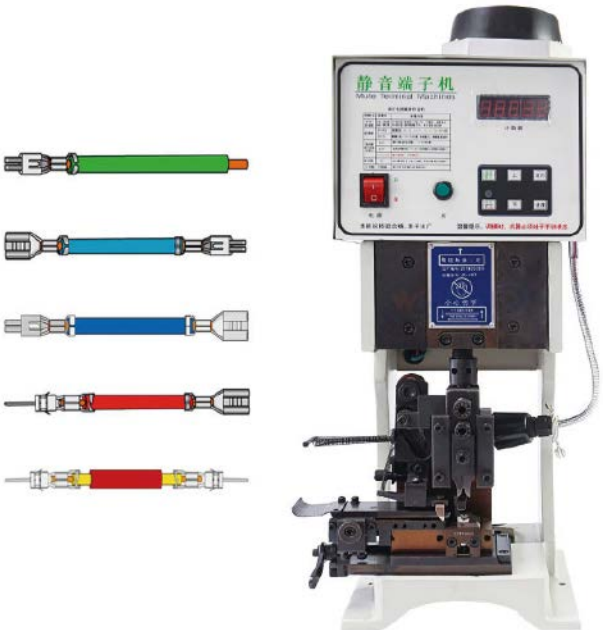
Elementy osłonowe do zabezpieczania i porządkowania wiązek

Ważnym elementem instalacji elektrycznej, stanowiącym zresztą o jakości jej wykonania, są różnego rodzaju elementy osłonowe, mocujące oraz porządkujące poszczególne części wiązek kablowych lub pojedyncze przewody. Do ochrony okablowania stosuje się m.in. rozmaite peszle, oploty i koszulki – poniżej wymienimy i pokrótce scharakteryzujemy najczęściej spotykane ich odmiany.

- **Rurki termokurczliwe** (**fotografia 30**) stanowią bodaj najbardziej rozpowszechnioną grupę elementów służących do podstawowej ochrony przed zwarciami oraz – pośrednio – także przed destrukcyjnym wpływem środowiska zewnętrznego na połączenia (głównie lutowane). W ofertach handlowych podawane są zwykle przede wszystkim następujące parametry rurek: średnica nominalna (wewnętrzna) przed skurczeniem, średnica wewnętrzna po maksymalnym skurczeniu, wytrzymałość napięciowa, temperatura kurczenia oraz – rzecz jasna – kolor. Ze stosunku pierwszych dwóch wymiarów wynika także oznaczenie, stosowane do określenia stopnia kurczliwości materiału, np. 2:1 czy 4:1. Warto wiedzieć, że specjalne odmiany rurek termokurczliwych są stosowane jako materiał eksploatacyjny w przenośnych, termicznych drukarkach etykiet – bezpośredni nadruk na odcinkach rurki pozwala na łatwe, czytelne i bardzo trwałe oznaczanie poszczególnych przewodów lub cienkich wiązek kablowych (**fotografia 31**).
- **Peszle poliamidowe** (węże ochronne) mają postać karbowanych rur o zróżnicowanych średnicach i są przeznaczone do podstawowej ochrony mechanicznej wiązek przewodowych, pracujących w warunkach umiarkowanego narażenia na uszkodzenie. Na rynku można nabyć zarówno węże nierozdzielne (zapewniające także ochronę przed wilgocią czy niektórymi substancjami chemicznymi), jak i rozdzielne (**fotografia 32**), umożliwiające elastyczne prowadzenie przewodów w bardziej złożonych systemach.
- **Stalowe węże ochronne** (**fotografia 33**) znajdują zastosowanie w aplikacjach, w których istnieje wysokie ryzyko poważnych uszkodzeń mechanicznych okablowania w wyniku działania narzędzi (np. kilofów),



Fotografia 30. Przykładowe rurki termokurczliwe (http://t.ly/kdLhO)



Fotografia 28. Półautomatyczna zaciskarka konektorów (http://t.ly/xzsif)



Fotografia 31. Kartridż z rurką termokurczliwą przeznaczony do współpracy z drukarkami etykiet marki Dymo (http://t.ly/5_Oaw)

eprasa.pl 11da584bde



Fotografia 32. Poliamidowy peszel rozdzielny marki Lapp Kabel (http://t.ly/ETuHB)



Fotografia 33. Stalowe węże ocynkowane do ochrony przewodów przed ciężkimi uszkodzeniami mechanicznymi (http://t.ly/npeq7)

kontaktu z kołami pojazdów, czy też „działalności" gryzoni. Dodatkową zaletą jest wysoka odporność zbrojeń stalowych na temperaturę oraz ich względnie wysoka elastyczność, wynikająca ze spiralnej konstrukcji.

- **Oploty poliestrowe** (**fotografia 34**) zapewniają podstawową ochronę przed uszkodzeniami mechanicznymi, np. w wyniku kontaktu z ostrym narzędziem lub krawędzią metalowej obudowy. Najczęściej można je spotkać w zastosowaniach konsumenckich (np. w wysokiej jakości kablach audio-wideo oraz USB), ale równie dobrze nadają się do aplikacji profesjonalnych, w których pełnią rolę organizera obejmującego wiązki cienkich przewodów jednożyłowych bądź wielożyłowych.
- **Oploty metalowe** (**fotografia 35**) występują zwykle w wykonaniach z miedzi, miedzi cynowanej lub stali. W zależności od materiału oferują zróżnicowaną odporność mechaniczną – najbardziej wytrzymałe są rzecz jasna oploty stalowe. Głównym zastosowaniem omawianych elementów jest ekranowanie przewodów wielożyłowych oraz wiązek kablowych przed emisją i odbiorem zakłóceń RFI, przy czym skuteczność ekranowania zależy (zwłaszcza w wyższych pasmach częstotliwości) od sposobu połączenia ekranu z obudową urządzenia.



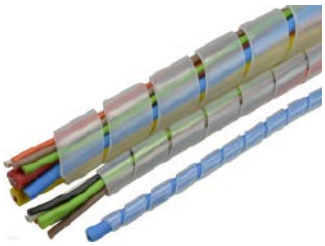
Fotografia 34. Oplot poliestrowy (http://t.ly/3EBl_)



Fotografia 35. Oplot miedziany (http://t.ly/JJXt_)



Fotografia 36. Izolacja termiczna wykonana na bazie koszulek z włókna szklanego (http://t.ly/qVkg9)



Fotografia 37. Oplot spiralny (http://t.ly/MHVTF)

- **Rurki termoizolacyjne** (**fotografia 36**) są spotykane wszędzie tam, gdzie zachodzi potrzeba ochrony przewodów przed skutkami nadmiernej ilości ciepła – stąd też koszulki tego typu można znaleźć w niemal wszystkich urządzeniach grzewczych (np. grzejnikach, kolbach lutowniczych, czajnikach elektrycznych, tosterach, etc.). Koszulki termoizolacyjne są najczęściej wykonywane na bazie włókna szklanego, dzięki czemu – obok doskonałej odporności termicznej – zapewniają także izolację elektryczną.
- **Oploty spiralne** (**fotografia 37**) są produkowane z cienkościennej rurki z miękkiego tworzywa sztucznego, nacinanej spiralnie w celu ułatwienia w(y)prowadzania przewodów do/z jej światła. Oploty spiralne występują w dość szerokim zakresie rozmiarów i pełnią dwie funkcje: porządkową (umożliwiają wygodne prowadzenie wiązek złożonych z kilku...kilkunastu przewodów jednożyłowych lub cienkich kabli wielożyłowych) oraz ochronną (zapewniają dość skuteczną ochronę przed przypadkowym złamaniem lub przecięciem izolacji, np. w wyniku kontaktu z ostrą krawędzią obudowy). Należy przy tym pamiętać, że przewody wprowadzone do wnętrza oplotu mogą i tak zostać uszkodzone, jeżeli zaostrzona krawędź wejdzie w kontakt z izolacją okablowania w kierunku równoległym do nacięcia oplotu – z tego też względu akcesoria te należy stosować z rozwagą, gdyż nie zawsze będzie można przyjąć założenie, że oplot zapewni stuprocentową ochronę przed uszkodzeniem okablowania.

Podsumowanie

W artykule omówiliśmy szereg kwestii związanych z doborem okablowania oraz przeznaczonych do niego akcesoriów, a także z wykonywaniem i diagnostyką połączeń zaciskanych. Jak można się zorientować na postawie lektury powyższego materiału, tematyka instalacji elektrycznych potrafi zaskoczyć złożonością zagadnień, które tylko z pozoru wydają się proste – dobór przekroju poprzecznego żył czy też koloru i materiału izolacji wymaga nierzadko zapewnienia zgodności z szeregiem rygorystycznych norm.

Równie szeroka jest tematyka jakości połączeń zaciskanych, wykonywanych na bazie popularnych konektorów. Okazuje się, że nawet zastosowanie wysokiej klasy zaciskarki ręcznej bądź (pół)automatycznej może nie wystarczyć do zapewnienia wymaganego efektu końcowego, dlatego w wielkoseryjnej produkcji przewodów konfekcjonowanych konieczna staje się implementacja zaawansowanych badań niszczących, bazujących na metodach analizy wizyjnej zgładów.

Ważnym elementem zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacyjnego instalacji elektrycznych jest także stosowna ochrona przewodów i wiązek kablowych. To zagadnienie także wiąże się z szeregiem wymogów normalizacyjnych, które jednak pominęliśmy łamach artykułu – ich implementacja wynika bowiem nierzadko w sposób pośredni z ogólnych wymogów normalizacyjnych, dotyczących m.in. sposobów bezpiecznego prowadzenia przewodów w zespołach ruchomych urządzeń przemysłowych i medycznych.

inż. Przemysław Musz, EP

eprasa.pl 11da584bde

Ulubiony Kiosk

Pobierz bezpłatnie multimedialne dodatki do tego wydania Elektroniki Praktycznej

Projekty, miniprojekty, materiały do artykułów i kursów oraz wiele innych!

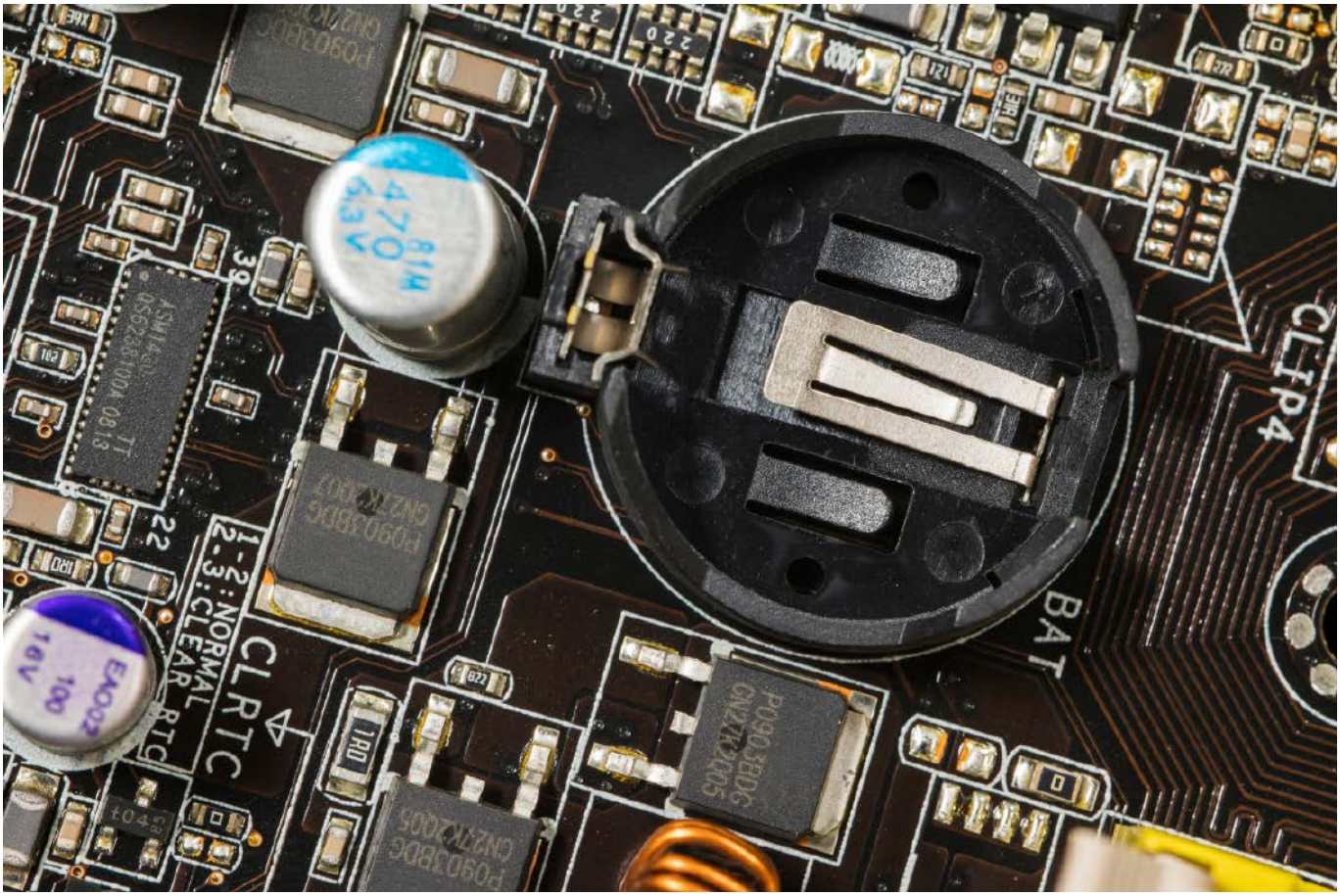


✱ **Kupiłeś magazyn** w Ulubionym Kiosku lub masz prenumeratę? Multimedialne dodatki będą odblokowane automatycznie!

✱ **Zakupiłeś czasopismo** u zewnętrznego dystrybutora? Odblokuj bibliotekę multimediów samodzielnie.

Szczegóły na **UlubionyKiosk.pl/media**

eprasa.pl 11da5b4bde

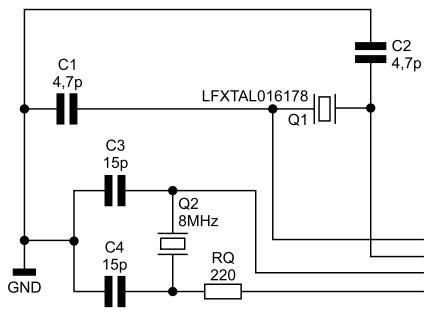


Wzbudzenie drgań rezonatorów kwarcowych 32768 Hz

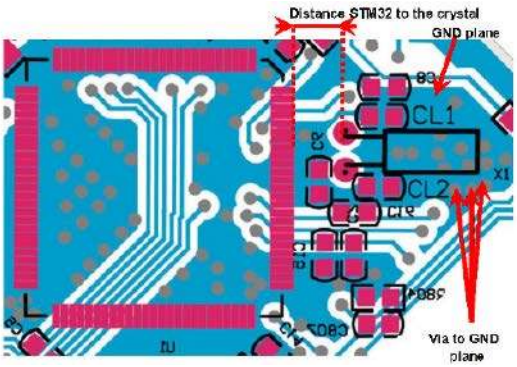
Wiele aplikacji mikrokontrolerów korzysta z wbudowanego generatora sygnału zegarowego niskiej częstotliwości jako taktowania RTC. Nic w tym dziwnego, bowiem cały rdzeń może tkwić w uśpieniu i pobierać przy tym znikomo małą ilość energii, zaś odmierzanie czasu przebiega niezależnie. Problemy pojawiają się podczas prób wzbudzenia kwarcu do oscylacji.

Kolejny problem zdiagnozowany podczas realizacji praktycznych układów daje się zauważyć w przypadku takich „pacjentów”, jak np. popularny mikrokontroler STM32F103RBT6. Pracuje on w układzie, który okresowo nadaje pakiet danych poprzez GPRS, a podczas realizacji tego zadania wymaga się minimalizacji poboru prądu. Oprócz zegara wysokiej częstotliwości (HSE), służącego do taktowania rdzenia, w tej aplikacji używany jest również sygnał zegarowy o niskiej częstotliwości (LSE) do odmierzania czasu. Całość jest zasilana z ogniw 18650 ze stabilizatorem o napięciu wyjściowym 3 V.

Pierwsza wersja otoczenia „zegarkowego” rezonatora kwarcowego, ukazana została na **rysunku 1**. Producent mikrokontrolera, firma ST, przestrzega przed używaniem kwarców o pojemności 12,5 pF, dopuszcza natomiast te o pojemności nie większej niż 7 pF. W nocie katalogowej znajduje się piękny wzór pozwalający obliczyć pojemność kondensatorów przy rezonatorze kwarcowym. Według moich obliczeń kondensatory 4,7 pF powinny być idealne do kwarcu LFXTAL016178 o pojemności obciążenia 6 pF.

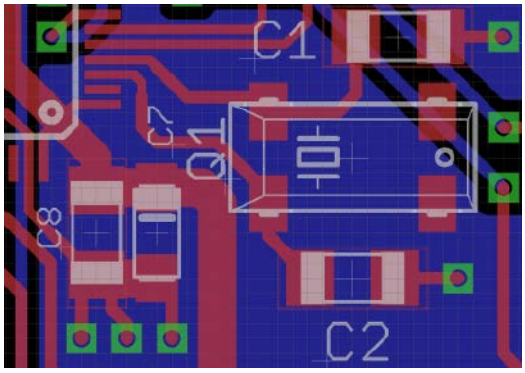


Rysunek 1. Schemat ideowy typowego podłączenia rezonatora kwarcowego



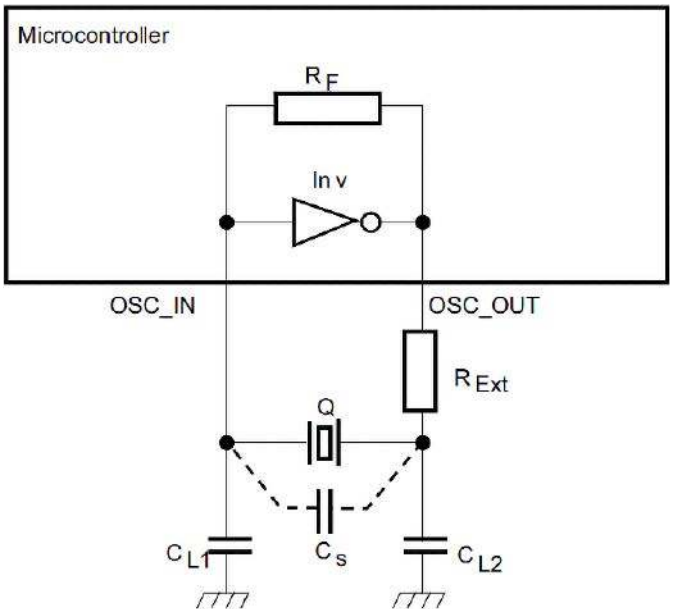
Rysunek 2. Przykład zalecanej topografii płytki drukowanej

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 3. Układ elementów i położenie ścieżek na płytce omawianego układu

Po podłączeniu program przechodzi do uruchomienia LSE i… zatrzymuje się. Kwarc nie wytwarza drgań. Dopiero po przytknięciu sondy oscyloskopu do wejścia generatora kwarcowego oscylacje się pojawiają. Druga płytka wypada jeszcze gorzej, kwarc w ogóle nie



Rysunek 4. Schemat ideowy generatora kwarcowego

rusza. Próbuję wymienić zarówno kwarc – na inny egzemplarz, jak i kondensatory – na takie o lekko odmiennej pojemności, jednak bez rezultatu. Układ rusza, kiedy jest jeszcze gorący po lutowaniu, lecz godzinę później dramat powraca: generator znów traci zdolność do samodzielnego wzbudzania oscylacji rezonatora kwarcowego.

Szukam więc winnych: gdzie zrobiłem błąd? Projektuję elektronikę już od wielu lat, różne rzeczy widziałem, niejedną pomyłkę popełniłem, lecz taka sytuacja nie zdarza mi się często: producent podaje wzory do obliczeń, stosuję się do nich, po czym uruchomienie układu kończy się kompletną klapą. Akurat układ STM32F103RBT6 ma generator kwarcowy o niskiej transkonduktacji, której na dodatek nie można w żaden sposób regulować, więc będzie on wybitnie czuły na wszelkie niedoskonałości układowe. Odszukałem zatem dokument o oznaczeniu AN2867, traktujący właśnie o projektowaniu oscylatorów dla mikrokontrolerów ST, po czym zacząłem go szczegółowo wertować.

Pierwszą rzeczą, jaką zauważyłem, są bardzo restrykcyjne wymagania dotyczące obwodu drukowanego. Przykład takiej poprawnie zaprojektowanej płytki znajduje się na **rysunku 2**. Odległość między rezonatorem w obudowie THT a mikrokontrolerem wynosząca dosłownie 2…3 mm (na rysunku nie uwidoczniono skali) oraz elementy w obudowach 0603 lub nawet 0402 wyglądają pięknie. Tymczasem moja rzeczywistość okazała się nieco inna i obejmowała kwarc w relatywnie dużej obudowie SMD, elementy 1206 (wymóg klienta) oraz druk dwustronny (**rysunek 3**). Nie ma tu mowy o tak małych odległościach między podzespołami, jak wspomniane wcześniej, ponieważ same komponenty są po prostu duże. W moim projekcie jako ekranowanie dla kwarcu dałem płaszczyznę miedzi na dolnej warstwie, tymczasem ST bardzo poważnie traktuje wykonywanie „otoczek" z masy zarówno wokół samego rezonatora, jak i współpracujących z nim elementów. Co ciekawe, układ z rysunku 2, podany jako przykład poprawnego projektu, nie spełnia tych wymogów i to może się wydawać podejrzane.

Uzasadnieniem dla szczególnych wymagań dotyczących ekranowania podzespołów było zmniejszenie ich wrażliwości na zewnętrzne zakłócenia elektromagnetyczne. Tyle że mój układ był wystarczająco odporny, gdyż w ogóle się nie włączał! Gdyby na wejściu oscylatora pojawiały się zakłócenia, miałyby one szanse zainicjować drgania kwarcu, jednak do tego etapu w ogóle nie dochodziło. Przyjrzałem się zatem samemu układowi oscylatora, który znajduje się na **rysunku 4**. Ot, zwykły generator w układzie Pierce'a, nic

REKLAMA

UWAGA! Tylko prenumeratorzy czasopism „Elektronika dla Wszystkich", „Elektronika Praktyczna", „Świat Radio" oraz „Elektronik" mogą korzystać z atrakcyjnych rabatów w Sklepie AVT:

- ✓ do 50% na wydania specjalne czasopism Wydawnictwa AVT
- ✓ 20% na kity w wersji A (płytki drukowane do projektów AVT)
- ✓ 10% na pozostałe wersje kitów: (A+, B, C, D)
- ✓ 10% na książki
- ✓ 5% na pozostałe produkty z oferty sklepu

Ponadto każdy prenumerator ww. czasopism korzysta z rabatów od 30% do 50% na zakup czasopism z oferty www.UlubionyKiosk.pl

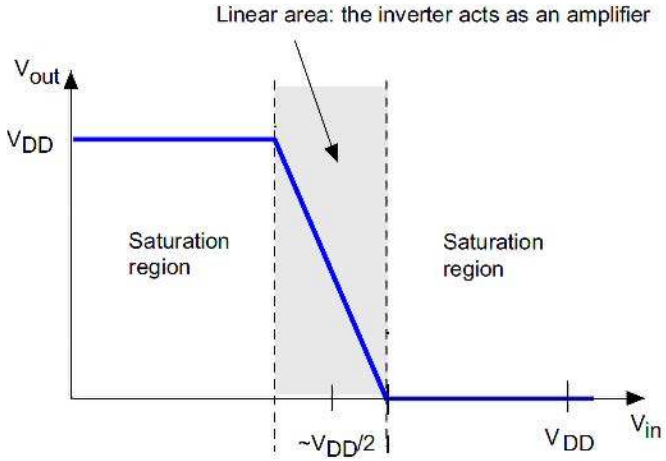


KLUB AVT ELEKTRONIKA

Jak uzyskać rabat? Podczas zamówienia powołaj się na swój numer prenumeraty – otrzymasz go mailowo po zakupie prenumeraty wraz z kartą członkowską Klubu AVT-Elektronika.

Regulamin Klubu AVT-Elektronika znajdziesz na stronie https://sklep.avt.pl/klub-avt-elektronika

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 5. Charakterystyka przejściowa inwertera w generatorze

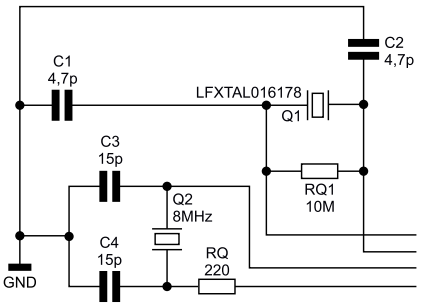
Tabela 1. Typowe wartości rezystorów RF w obwodzie sprzężenia zwrotnego generatora

Frequency	Feedback resistor range
32768 kHz	10 to 25 MΩ
1 MHz	5 to 10 MΩ
10 MHz	1 to 5 MΩ
20 MHz	470 kΩ to 5 MΩ

odkrywczego. Rezystor R_{EXT} jest stosowany w sytuacjach, w których mogłoby dochodzić do przesterowania kwarcu, jednak w generatorach LSE z reguły się ich nie stosuje.

Charakterystyka przejściowa tego tworu powinna wyglądać tak, jak na **rysunku 5**. Jeżeli inwerter znajdował się w obszarze nasycenia, niewiele mogło mu pomóc. Trzeba byłoby go skłonić do wejścia w obszar liniowy, kiedy to zachowywał się jak zwykły wzmacniacz odwracający, gdyż tylko wtedy miałyby szansę powstawać jakieś oscylacje. Mój układ z jakichś powodów nie chciał utrzymać inwertera w obszarze liniowym.

Zainteresował mnie rezystor R_F, ponieważ powinien on przecież linearyzować inwerter – ujemne sprzężenie zwrotne, które realizuje, do tego właśnie dąży. Według schematu z rysunku 5 powinien się on znajdować wewnątrz mikrokontrolera. Tymczasem **tabela 1** sugeruje, że ten rezystor należy podłączyć dodatkowo, jakby nie był wbudowany w strukturę układu. Przeprowadziłem więc szybki test: odlutowałem wszystkie elementy współpracujące z generatorem LSE



Rysunek 6. Schemat ideowy po modyfikacji

i do jego wejścia podłączyłem regulowany zasilacz poprzez rezystor 10 MΩ. Gdyby R_F istniał w układzie, próg przerzutu inwertera w oscylatorze wypadałby przy napięciu innym niż połowa napięcia zasilającego (**rysunek 5**). Tymczasem obserwacja napięcia na wyjściu tegoż inwertera przy zmieniającym się napięciu wejściowym potwierdziła, że R_F nie jest wbudowany w układ, ponieważ charakterystyka przejściowa wykazuje bardzo strome przejście właśnie w połowie napięcia zasilającego. Bingo!

Idąc za ciosem, dodałem R_F samodzielnie. Stosowałem już kiedyś tę sztuczkę, gdy ATtiny24 nie chciał wzbudzać drgań w „zegarkowym" rezonatorze kwarcowym, lecz tutaj nie chciałem uciekać się do podobnej metody, ponieważ miałem na uwadze, że ten rezystor jest już wbudowany. Po modyfikacji schemat wygląda jak na **rysunku 6**. Na próbę wlutowałem rezystor 10 MΩ w obudowie 0805 pod rezonatorem kwarcowym w kilku egzemplarzach tego układu, wykonanych na potrzeby testowania prototypów. Efekt okazał się wspaniały: wszystkie układy zadziałały idealnie od pierwszego uruchomienia, zmierzona częstotliwość drgań LSE wynosiła tyle, ile trzeba (brak odstrojenia od częstotliwości rezonansowej kwarcu), ponadto uruchomienie LSE następuje w niezauważalnie krótkim czasie. Tymczasem nota katalogowa zakłada typowy czas potrzebny do uruchomienia LSE na poziomie 3 s. Pobór energii przez układ nie zmienił się z kolei ani trochę. Nie zauważyłem też jakiejś wyjątkowej podatności LSE na zakłócenia elektromagnetyczne. Mówiąc krotko – jeden rezystor zmienił wszystko na lepsze.

Michał Kurzela, EP

Bibliografia

1. AN2867. Application note: Oscillator design guide for STM8AF/AL/S, STM32 MCUs and MPUs

REKLAMA

Nie przegap kwietniowego wydania „Elektroniki dla Wszystkich"

przejrzysz i kupisz na
www.ulubionykiosk.pl



eprasa.pl 11da584bde

Przejrzyj i zamów archiwalne wydania

ELEKTRONIKI PRAKTYCZNEJ



















www.UlubionyKiosk.pl

Przesyłka **GRATIS**

eprasa.pl 11da584bde



Oszczędzanie energii w teorii i w praktyce (1)

Gdyby porównać pobór mocy współczesnej elektroniki przenośnej z elektroniką z czasów dawniejszych, łatwo zauważyć, jak kolejne technologie dramatycznie to zapotrzebowanie redukowały. Współczesne układy potrafią pracować, pobierając tak mało prądu, że prędzej bateria rozsypie się ze starości, niż układowi skończy się energia. Mówimy o teorii – bo w praktyce może być nieco inaczej, a noty katalogowe niezwykle energooszczędnych układów na pierwszych stronach prezentują zawsze najlepszy możliwy scenariusz i nieczęsto okazuje się on realistyczny.

Projektant elektroniki, który nigdy wcześniej nie próbował przedłużyć życia układu zasilanego bateryjnie lub akumulatorowo, może nie zdawać sobie sprawy z różnych problemów, ograniczeń i trików w świecie ultraniskiego poboru prądu. Może też się zastanawiać, po co w ogóle redukować pobór energii. Przecież nie brakuje relatywnie tanich baterii i akumulatorów, ogniwa fotowoltaiczne są produkowane masowo, a każdy potencjalny użytkownik danego produktu ma pod ręką kilka ładowarek USB i innych. Warto zatem omówić parę przykładów z życia wziętych, by zobaczyć praktyczne zalety zaciskania pasa w obszarze poboru mocy.

Przykładem bliskim sercom (i portfelom) wielu Polaków są podzielniki ciepła. Te zasilane bateryjnie urządzenia mierzą (w teorii, bo praktyka zależy od uczciwości zarządcy systemu) realne zużycie energii na ogrzewanie mieszkania, co pozwala pracownikom administracji obliczyć wysokość rachunku za to ogrzewanie. Teoretycznie rozwiązanie to pozwala tym, którzy wolą niższą temperaturę, płacić mniej – podczas gdy preferujący temperatury „tropikalne” będą musieli liczyć się z wyższymi rachunkami. Podzielnik jest relatywnie prostym układem, zawiera bowiem tylko kilka czujników temperatury, czujniki chroniące przed sabotażem ze strony lokatorów oraz układ do łączności radiowej. Na jednej, niewymiennej baterii takie urządzenie powinno pracować nawet dekadę lub dłużej, dlatego zaprojektowane jest z myślą o maksymalnym ograniczeniu poboru energii, przy czym największym problemem okazuje się tu ograniczenie prądu zasilania przez sam nadajnik.

Innym praktycznym przykładem może być opaska monitorująca aktywność fizyczną użytkownika. Popularne (i tanie) trackery często wymagają niemal codziennego ładowania wbudowanego akumulatora litowo-jonowego. Głównym „prądożercą” jest zwykle czujnik tętna i natlenienia krwi – zmiana częstotliwości pomiaru na znacznie niższą może wydłużyć czas między ładowaniami do nawet miesiąca. Drugim elementem opaski pochłaniającym dużo energii jest układ łączności Bluetooth, zwłaszcza gdy opaska ma pokazywać powiadomienia ze smartfona. Transceiver potrafi zredukować czas pracy urządzenia do mniej niż doby. Na drugim końcu skali znajdują się trackery, które nie mają wspomnianych wcześniej funkcji ani nawet kolorowego wyświetlacza LCD czy OLED, za to na jednej, miniaturowej baterii pracują ponad rok.

Osobną klasę urządzeń stanowią układy monitorujące środowisko naturalne, zwłaszcza te przeznaczone do pracy bez nadzoru przez długie miesiące, z dala od cywilizacji. Trudno będzie przekonać dzikie zwierzę, by – poza urządzeniem śledzącym jego migrację

eprasa.pl 11da584bde

– nosiło też „parasol” z ogniw fotowoltaicznych. Takie konstrukcje trzeba bezwzględnie zasilać bateryjnie; muszą być one również małe, lekkie i odporne na możliwe uszkodzenia. Podobnie urządzenia monitorujące środowisko naturalne na terenach lasów czy parków narodowych nie powinny się rzucać w oczy ani tym bardziej szpecić naturalnego piękna leśnych pejzaży nieestetycznymi źródłami energii odnawialnej. W obu wypadkach wyzwaniem będzie łączność radiowa, przy czym śledzenie zwierząt może wymagać odbiornika GPS, który również potrafi być prądożerny.

Mógłbym przywołać o wiele więcej podobnych przykładów. Zamiast tego przejdę do analizy rozwiązań problemu, która jest tu istotniejsza niż wskazanie gotowych urządzeń. Zaczniemy od odrobiny teorii i przeglądu not katalogowych, ale będziemy operować na praktycznych przykładach.

Wymagania układu i budżet energetyczny

Rozpoczynając nowy projekt wymagający oszczędzania energii, warto przyjąć kilka podstawowych założeń dotyczących: czasu pracy urządzenia, dostępnego miejsca na źródło zasilania oraz jego budżetu energetycznego. Często właśnie rozmiar zdecyduje o tym, jaki będzie nasz budżet energetyczny i jak długo urządzenie będzie mogło pracować bez wymiany baterii lub doładowywania akumulatora. Jeśli jednak wymiary obudowy nie mają znaczenia, a liczy się czas pracy, to możemy zacząć od określenia potrzebnego budżetu (zamiast dostępnego) – i dobrać najmniejsze źródło zasilania, jakie da się znaleźć.

Drugą, równie istotną informacją są wymagania względem funkcjonalności urządzenia, a także czasu i częstotliwości jej realizacji. Oczywiste jest bowiem, że układ pracujący cały czas będzie potrzebował średnio o wiele więcej energii niż układ aktywowany sporadycznie. Czasem projektant (lub zleceniodawca projektu) zakłada, że układ musi pracować non stop, podczas gdy w rzeczywistości wystarczy praca cykliczna. Dobrym przykładem będzie tu układ do śledzenia migracji dzikich zwierząt. Nie musimy bowiem wiedzieć, gdzie zwierzę jest w każdej minucie, często wystarczy zanotowanie lokalizacji raz na godzinę albo rzadziej. Informacje te można też zbierać w pamięci układu i przekazywać raz na dobę lub rzadziej. Podobnie monitor jakości powietrza nie musi jej badać częściej niż co kilka minut, choć częstotliwość zdawania raportów może być wyższa. Zupełnie inaczej wygląda sytuacja urządzenia medycznego w rodzaju rozrusznika serca czy stymulatora mózgu – takie urządzenie nie dość, że pracuje przez cały czas, monitorując stan pacjenta, to jeszcze musi być na tyle małe, by dało się wszczepić i jednocześnie zapewniać 6...10 lat nieprzerwanej pracy. Ale nawet taki system w rzeczywistości nie pracuje cały czas. W praktyce układ monitorujący dokonuje pomiarów z częstotliwością adekwatną do pasma badanego parametru życiowego (rytmu serca czy fali mózgowej), po czym – po wykryciu niewłaściwej wartości – podejmuje właściwe działanie. W czasie (tj. między kolejnymi akwizycjami) gdy układ nie musi nic robić, zazwyczaj „śpi”, redukując zapotrzebowanie na energię.

Zatem: jak można określić potrzebny lub/i dostępny budżet energetyczny? Dostępny budżet zależy od użytego źródła energii. Za to wymagany budżet jest determinowany przez szereg różnych czynników. W przypadku mikrokontrolerów będzie to napięcie zasilania, częstotliwość taktowania, użyte peryferia oraz procent czasu, jaki mikrokontroler spędza w stanie uśpienia (oraz – w niektórych rodzinach – od głębokości uśpienia). Inne elementy, np. czujniki, przetworniki i wzmacniacze operacyjne, też mają różne zapotrzebowanie na energię, zależnie od napięcia zasilania i od tego, czy aktywnie pracują, czy też są w stanie wyłączenia (wiele układów obecnie wyposażanych jest w taką funkcjonalność). Nawet rodzaj użytych kondensatorów i wartości rezystorów mogą mieć znaczący wpływ na pobór prądu. Standardową praktyką stało się na przykład umieszczanie w projekcie przynajmniej jednego kondensatora elektrolitycznego do filtrowania zasilania, choć często będzie ich nawet kilka...kilkanaście. Niektórych Czytelników może zaskoczyć fakt dość wysokiego prądu upływu tego typu kondensatorów.

Wspomniałem wcześniej, że pobór prądu w przypadku mikrokontrolerów zależy od napięcia zasilania, taktowania, używanych peryferiów i czasu wykonywania programu oraz czasu uśpienia układu. Czas wykonywania programu jest dość trudny do określenia, zwłaszcza gdy kod napisany został w języku wysokopoziomowym. Okres uśpienia bywa łatwiejszy do określenia, bo zwykle decyduje o nim czas potrzebny któremuś z peryferiów do realizacji swojego zadania lub timer (np. SysTick bądź Watchdog). Dobrym przykładem może okazać się akwizycja pomiarów dokonywana przez przetwornik ADC. Tematem określania i sprawdzania timingów wykonywania programu oraz uśpienia zajmiemy się później.

W notach katalogowych znajdziemy pobory prądu układów w różnych sytuacjach i przy różnych napięciach zasilania, wyrażonych w (zazwyczaj) miliamperach lub mikroamperach. Załóżmy, że chcemy wiedzieć, ile energii układ potrzebuje na sekundę lub godzinę, jeśli na przykład przez 2,7 ms pobiera 21 µA, a potem przez 120 ms jest uśpiony i pobiera 1,1 µA. Obliczenia są zaskakująco proste. Najpierw

REKLAMA

SEMICON®

• Przewody
• Złącza
• Wiązki



Złącza zatrzaskowe typu push-pull:
- Jednopinowe
- Wielopinowe
- Światłowodowe
- Hybrydowe



Złącza i przewody IDC:
- Złącza PCB
- Terminale zasilające



Przewody:
- Wielożyłowe
- Audio/wideo
- Nawojowe
- Miedziane oploty

Semicon Sp. z o.o.

ul. Zwoleńska 43/43a, 04–761 Warszawa, 22 615–73–71
semicon.com.pl zamowienia@semicon.com.pl

Innowacyjne produkty
Innowacyjne technologie

sumujemy czas aktywnej pracy oraz czas uśpienia – i obliczamy ich udział:

$$120\ \text{ms} + 2{,}7\ \text{ms} = 122{,}7\ \text{ms}$$
$$1/122{,}7\ \text{ms} \cdot 2{,}7\ \text{ms} = 0{,}0022$$
$$1/122{,}7\ \text{ms} \cdot 120\ \text{ms} = 0{,}9977$$

Teraz możemy przemnożyć te udziały w czasie przez pobierany prąd i je zsumować:

$$(0{,}0022 \cdot 21\ \mu\text{A}) + (0{,}9977 \cdot 1{,}1\ \mu\text{A}) = 1{,}14367\ \mu\text{A}$$

Jest to średni pobór prądu na sekundę. Możemy tę wartość przeliczyć na (mikro)waty, mnożąc przez napięcie zasilania układu – lub przeliczyć na miliamperogodziny. Do uzyskanej wartości można też doliczyć pobór prądu przez poszczególne układy peryferyjne, zarówno w czasie pracy, jak i bezczynności. Warto te obliczenia przeprowadzić w odniesieniu do różnych napięć zasilania. Wracając do przykładu, policzmy zapotrzebowanie energii w mAh:

$$1{,}14367\ \mu\text{A} \cdot 60 \cdot 60 = 4{,}117212\ \text{mAh}$$

To całkiem dobry wynik przy naszych założeniach. Oznacza on, że na parze baterii alkalicznych w rozmiarze AAA (typowa pojemność wynosi 1200 mAh) taki układ będzie pracował około 12 dni, przy założeniu, iż pobór prądu nie spadnie wraz ze spadkiem napięcia zasilania, a baterie zostaną całkowicie rozładowane. Jeśli potrzebny będzie dłuższy czas działania, można oczywiście użyć pojemniejszych baterii albo alternatywnego źródła zasilania. Warto jednak rozważyć optymalizację projektu pod kątem poboru prądu oraz czasu wykonywania programu.

Tabela 1. Parametry popularnych baterii i akumulatorów

	Bateria cynkowo-węglowa	Bateria alkaliczna	Akumulator NiMH
Napięcie nominalne (V)	1,5	1,5	1,2
Napięcie rozładowania (V)	0,9	0,9	0,9...1
Rozmiar:	Typowa pojemność (mAh)		
AAA	640	1200	800...1200
AA	1100	2700	1700...2800
C	3800	8000	4500...6000
D	8000	12000	3000...10000
6F22 (9V)	400	560	175...300

Tabela 2. Parametry różnych typów ogniw tego samego rozmiaru

Oznaczenie	LR44	SR44	SR44W	SR44SW	PR44
Nazwa zwyczajowa baterii	Alkaliczna	Srebrowa	Srebrowa High drain	Srebrowa Low drain Long life	Cynkowo-powietrzna
Napięcie nominalne	1,5 V	1,55 V	1,55 V	1,55 V	1,4 V
Napięcie rozładowania	1,2 V	1,2 V	1,2 V	1,2 V	1,2 V
Pojemność typowa	110 mAh	150 mAh	165 mAh	160 mAh	630 mAh
Prąd rozładowania	100 µA	200 µA	250 µA	180 µA	16 mA

Baterie i akumulatory

Zasilanie urządzenia z baterii lub akumulatorów wydaje się dość prostym rozwiązaniem. Na rynku nie brakuje ogniw o najróżniejszych kształtach, pojemnościach, napięciach i składach chemicznych. Temat jest na tyle obszerny, że można poświęcić mu nawet kilka artykułów, ale na nasze potrzeby wystarczy proste zestawienie kluczowych parametrów, by mieć jakie takie pojęcie o dostępnych opcjach. Zacznijmy zatem od najpopularniejszych typów baterii i akumulatorów (**tabela 1**).

Jak widać, popularne swego czasu baterie typu 6F22 mają wyjątkowo małą pojemność, a ich jedyną zaletę stanowi dość wysokie napięcie nominalne wynoszące 9 V. Bateria taka bowiem zawiera w sobie sześć mniejszych ogniw połączonych szeregowo. Obecnie większość układów zoptymalizowana jest do pracy z niższymi napięciami, a i nie brakuje na rynku optymalnych, energooszczędnych przetwornic do układów potrzebujących napięć wyższych.

Drugą, bardzo popularną rodziną ogniw stosowanych w przenośnych urządzeniach, zwłaszcza gdy mają być one kompaktowe, stanowią baterie guzikowe, zwane też pastylkowymi lub zegarkowymi. Na rynku dostępne są liczne typy ogniw, różniące się użytymi materiałami elektrod oraz elektrolitu, co wpływa też na ich charakterystyczne napięcia i pojemności. **Tabela 2** prezentuje porównanie ogniw jednego, popularnego rozmiaru R44, czyli 11,6 mm średnicy i 5,4 mm grubości. Prefiks określa typ, a opcjonalny sufiks dodatkowe właściwości.

Ogniwa cynkowo-powietrzne w tym zestawieniu wydają się bardzo atrakcyjne, ale mają one istotną wadę – wysokie samorozładowanie po zerwaniu plomby. O ile poprawnie przechowywane baterie mogą zachować pojemność przez kilka lat, o tyle z chwilą zdjęcia plomby i wystawienia elektrolitu na działanie powietrza ogniwo będzie pracować zaledwie przez kilka tygodni. Baterie te znalazły zastosowanie w aparatach słuchowych, gdzie często potrzebna jest nie tylko duża pojemność, ale także spora wydajność prądowa.

Warto spojrzeć jeszcze na rodzinę guzikowych baterii litowych, których oznaczenie zaczyna się od litery C. Baterie te są relatywnie tanie i występują w szerokiej gamie rozmiarów, a przy tym oferują wyższe napięcie zasilania. **Tabela 3** prezentuje parametry ogniw tego typu w różnych rozmiarach. Napięcie nominalne wynosi 3 V, a napięcie ogniwa rozładowanego 2 V.

Tabela 3. Parametry guzikowych ogniw litowych

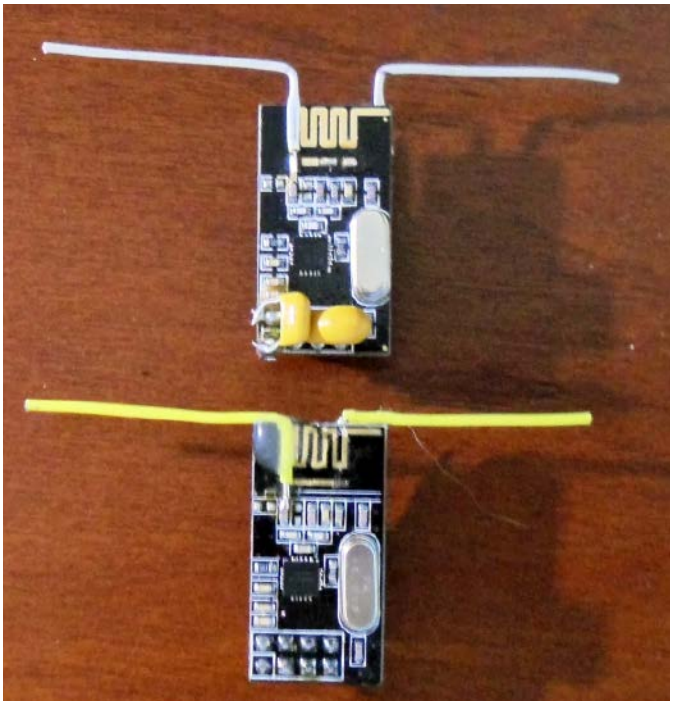
Typ	Średnica (mm)	Grubość (mm)	Pojemność typowa (mAh)
CR1216	12,5	1,6	25
CR1220	12,5	2	36
CR1616	16	1,6	65
CR1632	16	3,2	140
CR2016	20	1,6	90
CR2025	20	2,5	160
CR2032	20	3,2	220
CR2430	24,5	3	300
CR2450	24,5	5	600

Akumulatory litowo-jonowe i litowo-polimerowe są istotnie zróżnicowane pod względem pojemności i rozmiarów – od płaskich ogniw, niewiele większych od baterii LR44, po ogniwa większe nawet od baterii typu D. Opisywane źródła energii oferują dobry stosunek pojemności do rozmiaru, z napięciem w pełni naładowanego ogniwa wynoszącym 4,2 V. To właśnie te akumulatory pozwoliły na stworzenie samochodów elektrycznych i hybrydowych, które są użyteczne; ponadto niemal każde urządzenie mobilne używa właśnie tego typu akumulatorów. Niestety, wadami opisanych ogniw są: ich wątpliwa ekologia, spore zagrożenie pożarowe w razie zwarcia, a do tego ryzyko, że uszkodzone lub wyeksploatowane ogniwa pryzmatyczne, zamknięte w foliowych opakowaniach, rozsadzą urządzenie, w którym się znajdują. Mimo to cieszą się one niesłabnącą popularnością – i na rynku nie brakuje przeznaczonych do nich układów scalonych i modułów zarządzających, zabezpieczających czy też balansujących.

W poszukiwaniu oszczędności (energii)

Możliwości ograniczenia poboru prądu zależą od wytycznych projektowych. Jeśli docelowe zastosowanie wymaga mikrokontrolera, można dobrać układ mniej lub bardziej energooszczędny, zależnie

eprasa.pl 11da584bde



Fotografia 1. Chińskie moduły z układami nRF24L01+ firmy Nordic z dorobioną anteną typu dipol dla znacznej poprawy zasięgu

od potrzebnych peryferiów. Jeśli konieczne jest przetwarzanie sygnałów analogowych, można dobrać potrzebne wzmacniacze operacyjne, przetworniki ADC czy DAC i inne elementy o niskim poborze prądu. Ba, nawet wybór rzędu wielkości rezystorów może znacząco poprawić energooszczędność. Podobnie rzecz się ma w przypadku wyboru sensorów: współcześnie produkowane komponenty często oferują dużą dokładność i niski pobór prądu, głównie dzięki rynkowi smartfonów i smartwatchy.

Kolejnym, istotnym źródłem niepotrzebnych strat są liniowe stabilizatory napięcia. Nie powinno się ich stosować wcale, chyba że jest to wymóg projektowy nie do przeskoczenia. Lepszym rozwiązaniem okazują się przetwornice impulsowe. Z jednej strony mają wysoką sprawność (przekraczającą 85...90%) i pozwalają uzyskać napięcia przewyższające napięcie zasilania, a także zmieniać jego polaryzację, z drugiej zaś – generują zakłócenia, co w pewnych sytuacjach nie jest cechą pożądaną. Same pobierają też pewien prąd, nawet w stanie uśpienia (jeśli ta funkcjonalność jest dostępna). Dlatego rozwiązaniem optymalnym okazuje się taki dobór komponentów, by stosowanie przetwornic stało się całkowicie zbędne. Należy wówczas brać pod uwagę minimalne napięcie pracy, dostarczane przez źródło energii, na przykład baterię lub akumulator, zbliżające się do stanu całkowitego rozładowania.

Największymi „prądożercami" będą jednak układy łączności radiowej. Im większy wymagany zasięg i im wyższa wymagana prędkość transmisji, tym większą moc musi mieć układ nadawczy. Dobrej klasy układy LoRa potrafią osiągnąć zasięg kilku kilometrów, jeśli po drodze nie ma żadnych przeszkód, ale okupione jest to poborem 20...50 mA przy napięciu zasilania 2,8...3,6 V. Optymalnym rozwiązaniem w tej sytuacji staje się włączanie zasilania układu radiowego tylko na czas transmisji i wysyłanie większych pakietów informacji, ale rzadziej. Powodem jest fakt, że od włączenia zasilania do osiągnięcia gotowości do nadawania mija trochę czasu. Powtarzanie tej sekwencji startowej w przypadku każdego pakietu do przesłania znacząco podnosi koszt energetyczny ponoszony przez urządzenie. Jeśli łączność odbywa się na popularnym paśmie ISM, jak na przykład 2,4 GHz, warto wybrać któryś z wyższych kanałów, gdyż większość inżynierów i zwykłych użytkowników nie zmienia domyślnego kanału (widać to, gdy sprawdza się zajętość kanałów Wi-Fi). Zwykle pierwszy i ostatni kanał mają po kilka(naście) pozycji, podczas gdy kanały bliższe środka dostępnego pasma są często praktycznie puste. Odnośnie do używania samego Wi-Fi, to ta forma łączności jest wyjątkowo prądożerna, gdyż znalezienie sieci, autoryzacja, a następnie znalezienie docelowego serwera, autoryzacja na nim, by na końcu przesłać kilka(set) bajtów może trwać nawet kilka sekund, z czego zaledwie promil stanowić będzie przekazanie właściwego pakietu danych. Dlatego używanie sieci Wi-Fi w przypadku urządzeń IoT ma sens praktycznie tylko wtedy, gdy urządzenia te są na stałe włączone do instalacji elektrycznej.

Warto też pamiętać, że anteny mikropaskowe stosowane w gotowych modułach radiowych mają wzmocnienie 4...8 dB, ale przy tym ów parametr zależy mocno od orientacji – zachowują się one nieco podobnie do anten kierunkowych. W dodatku nie każdy taki moduł został wykonany poprawnie. Dla przykładu wystarczy spojrzeć na popularne wśród hobbystów chińskie klony modułów z układem nRF24L01+ firmy Nordic. Transceivery te mają mocno ograniczony zasięg przez błędnie wykonaną antenę mikropaskową i źle dobrane elementy dopasowujące. Jeden z hobbystów, sfrustrowany zasięgiem wspomnianych układów, zmodyfikował swoje egzemplarze, dodając im prosty dipol (**fotografia 1**), co zwiększyło zasięg ponaddwukrotnie. Moduły te są relatywnie proste w użyciu i – przy odpowiednim doborze kanału oraz ograniczeniu prędkości transmisji – potrafią osiągać zasięg liczony w setkach metrów, pobierając prąd na poziomie 11,3 mA w trybie nadawania oraz 13,5 mA w trybie odbioru. Układy oferują też specjalny tryb pracy pozwalający przesłać do 32 bajtów danych, z automatyczną retransmisją i automatycznym potwierdzeniem odbioru, przy czym firma Nordic chwali się, że w tym trybie średni pobór prądu wynosi tylko 0,1 mA. W przypadku urządzenia zasilanego bateryjnie to nadal może być trochę za dużo.

Na zakończenie

Oszczędzanie energii jest zagadnieniem dość szerokim, zwłaszcza jeśli weźmiemy pod uwagę bogactwo ofert producentów komponentów elektronicznych. W następnych częściach cyklu przyjrzymy się bliżej tym ofertom oraz poznamy różne triki przydatne w oszczędzaniu energii. W przygotowaniu jest też przynajmniej jeden praktyczny projekt, demonstrujący omawiane zagadnienia, wraz z pomiarami rzeczywistego poboru prądu. Zajmiemy się ponadto poszukiwaniami najbardziej energooszczędnej formy komunikacji radiowej.

Paweł Kowalczyk, EP

REKLAMA



eprasa.pl 11da584bde

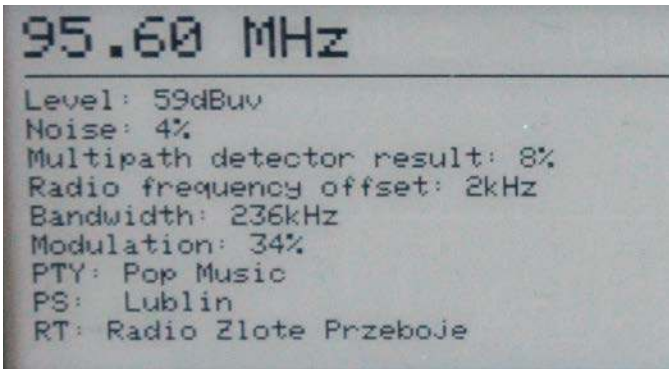
Odbiornik FM zbudowany na układzie TEF6686

Na łamach „Elektroniki Praktycznej” niejednokrotnie opisywane były projekty odbiorników FM. Mimo że w tym temacie trudno przedstawić coś innowacyjnego, prezentowany projekt zawiera kilka interesujących rozwiązań, takich jak nietypowy – wzorowany na analogowych odbiornikach – interfejs użytkownika oraz rzadko spotykany moduł tunera. Moduł ten dostarcza sporo danych dotyczących parametrów odbieranego sygnału, co pozwala zaimplementować ciekawe funkcjonalności.



Powodem skonstruowania radioodbiornika była chęć poznania stosunkowo mało popularnego modułu tunera radiowego z użytym układem TEF6686 firmy NXP Semiconductors. Jego producent jako główne zastosowanie wymienia aplikacje z branży automotive oraz wysokiej klasy konsumencki sprzęt audio. Ze względu na doskonałe parametry odbioru upodobały go sobie w szczególności osoby interesujące się tzw. DX-ingiem, czyli nasłuchem odległych stacji radiowych. Dostępność modułu z tym układem na polskim rynku jest niewielka, jednak przy odrobinie chęci można go znaleźć na zagranicznych portalach aukcyjnych. Jednym z założeń projektu było uzyskanie unikalnego, nawiązującego do analogowych urządzeń interfejsu użytkownika. Dlatego też istotnym elementem omawianego odbiornika stał się wyświetlacz w technologii e-papieru. Podobne wyświetlacze są stosunkowo rzadko używane w tego typu aplikacjach, a dzieje się tak ze względu na ich wysoką cenę oraz niezadowalającą szybkość odświeżania zawartości. Na szczęście w ostatnim czasie pojawiły się modele w akceptowalnych cenach oraz zapewniające dobre parametry dynamiczne. Do projektu wybrany został 2,9-calowy model firmy WeAct, o rozdzielczości 296×128 pikseli, co gwarantuje dobre wrażenia estetyczne. Przy doborze panelu istotne było, aby dany model obsługiwał tzw. *partial update,* czyli częściowe przeładowanie treści na ekranie. Dzięki temu możemy osiągnąć zadowalającą responsywność interfejsu użytkownika. Dostępne są również biblioteki do obsługi tego wyświetlacza, co bardzo ułatwia implementację.

Centralnym elementem odbiornika jest mikrokontroler ESP32 (na płytce Devkit V1). Omawiany projekt nie stawia specjalnych wymagań co do mocy obliczeniowej bądź peryferiów mikrokontrolera. Wspominany model został wybrany głównie ze względu na logikę 3,3 V, na której operuje. Pozostałe elementy również pracują w logice 3,3 V, co eliminuje konieczność stosowania konwertera poziomów. Całości dopełnia enkoder obrotowy z wbudowanym przyciskiem, który umożliwia obsługę wszystkich funkcji za pomocą jednej gałki.



Fotografia 1. Tryb Parameters

Obsługa

Po uruchomieniu urządzenie przechodzi w tryb skanowania całego użytecznego pasma FM. Na ekranie rysowana jest skala przypominająca analogowe odbiorniki. Zaraz pod nią mamy wykres prezentujący jakość sygnału na poszczególnych częstotliwościach.

Obsługa odbiornika podzielona jest na 4 tryby: *Seek*, *Manual*, *Threshold* oraz *Parameters*.

Tryb *Seek*

Po zakończeniu skanowania odbiornik przechodzi w tryb *Seek* i ustawia się na pierwszej stacji, której jakość odbioru przekracza zadany próg. Próg odbioru zaznaczony jest na wykresie linią przerywaną. Obrót gałki enkodera w lewo/prawo przestawia odbiór na poprzednią/następną stację spełniającą kryteria odbioru.

Tryb *Manual*

Krótkie wciśnięcie gałki enkodera w trybie *Seek* zmienia tryb na *Manual*. W trybie tym obrót enkodera przestawia odbiór na poprzednią/następną częstotliwość, niezależnie od jakości odbieranego sygnału.

Tryb *Threshold*

Wciśnięcie gałki w trybie *Manual* powoduje zmianę trybu na *Threshold*. W tym trybie możemy zmieniać próg wymaganej jakości sygnału, który brany jest pod uwagę w trybie *Seek*. Podczas kręcenia gałką w lewo/prawo, linia przerywana na wykresie jakości sygnału przesuwa się w górę lub w dół.

Tryb *Parameters*

Wciskając gałkę enkodera w trybie *Threshold*, przechodzimy do trybu *Parameters*. Wyświetlają się tutaj parametry dotyczące jakości odbioru aktualnej stacji oraz dane z RDS (**fotografia 1**).

Wartości parametrów są aktualizowane przez cały czas, dzięki czemu możemy obserwować, jak położenie anteny wpływa na parametry odbioru. Opcja ta może spodobać się bardziej wnikliwym użytkownikom odbiornika. Na ekranie wyświetlają się następujące parametry:

- poziom sygnału [dBuV],
- poziom szumów (USN) [%],
- detekcja efektu wielodrożności (multipath) [%],

eprasa.pl 11da584bde

```
[env:esp32dev]
platform = espressif32
board = esp32dev
framework = arduino
lib_deps =
    zinggjm/GxEPD2@^1.5.3
    igorantolic/Ai Esp32 Rotary Encoder@^1.6
    ciuri/TEF6686Library@^1.0.4
monitor_speed = 115200
```

Listing 1. Plik konfiguracyjny platformio.ini

```
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  esp_sleep_enable_ext0_wakeup(GPIO_NUM_14, 0);
  pinMode(ROTARY_ENCODER_A_PIN, INPUT_PULLUP);
  pinMode(ROTARY_ENCODER_B_PIN, INPUT_PULLUP);
  pinMode(ENABLE_POWER_TEF6686_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(ENABLE_POWER_TEF6686_PIN, HIGH);
  rotaryEncoder.begin();
  rotaryEncoder.setup(readEncoderISR);
  radioApp.Start();
  display.init(115200, true, 50, false);
  display.setPartialWindow(0, 0, display.width(), display.height());
  display.setRotation(3);
  xTaskCreate(UpdateScreen, "UpdateScreen", 20000, &radioApp, 5, NULL);
  radioApp.ScanAll(10);
}
```

Listing 2. Ciało procedury inicjalizacji systemu

- przesunięcie częstotliwości (offset) [kHz],
- szerokość pasma częstotliwości pośredniej (IF, Intermediate Frequency bandwidth) [kHz],
- głębokość modulacji FM [%],
- PTY (Program Type),
- PS (Programme Service),
- RT (Radio Text).

W każdym z powyższych trybów na wyświetlaczu znajdują się również informacje Programme Service (PS) oraz Radio Text (RT) z RDS. Długie naciśnięcie gałki powoduje przejście urządzenia w tryb uśpienia. Wybudzenie z trybu uśpienia następuje przez krótkie naciśnięcie gałki.

Oprogramowanie

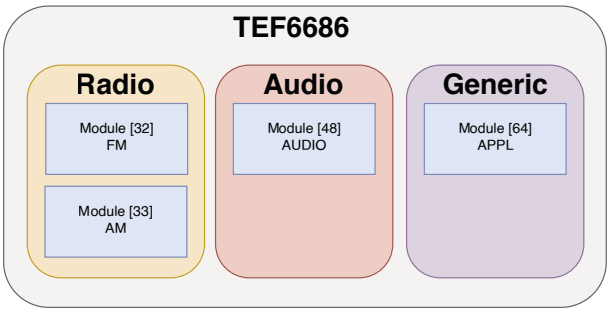
Projekt firmware został zbudowany przy użyciu narzędzia PlatformIO, które stanowi doskonałą alternatywę popularnego środowiska Arduino IDE. Za pomocą PlatformIO można przeprowadzić cały proces developmentu w edytorze Visual Studio Code firmy Microsoft (włącznie z wgraniem programu do mikrokontrolera). PlatformIO dba również o zarządzanie zależnościami, czyli zewnętrznymi bibliotekami (o ile korzystamy z nich w naszym programie). Każdy projekt korzystający z PlatformIO zawiera plik *platformio.ini*, który opisuje parametry projektu, takie jak użyty mikrokontroler, framework, lista zależności, itp. W naszym projekcie wygląda tak, jak na **listingu 1.**

Program zaraz po starcie wywołuje funkcję *setup*() (**listing 2**), która odpowiada za inicjalizację peryferiów, a także uruchamia task RTOS obsługi wyświetlacza. Konfigurowany jest również pin odpowiedzialny za wybudzenie mikrokontrolera ze stanu uśpienia.

Po inicjalizacji następuje wejście w tryb skanowania jakości sygnału dla całego pasma. Tworzona jest mapa poziomu sygnału (**listing 3**), na podstawie której powstaje wykres widma sygnału.

```
void RadioApp::ScanAll(int step)
{
    scanning = true;
    tef.Tune_To(tef.MODULE_FM, FREQ_DISPLAY_MIN);
    do
    {
        qualityOK = 0;
        tef.Tune_To(tef.MODULE_FM, tef.Currentfreq + step);
        delay(50);
        tef.UpdateQualityStatus();
        qualityMap[tef.Currentfreq] = tef.quality.Level;
    } while (tef.Currentfreq < FREQ_DISPLAY_MAX);
    scanning = false;
    tef.Tune_To(tef.MODULE_FM, FREQ_MIN);
    Seek(10);
    tef.Audio_Set_Mute(0);
}
```

Listing 3. Metoda odpowiedzialna za skanowanie pełnego pasma odbiorczego



Rysunek 1. Struktura logiczna układu TEF6686

W głównej pętli programu (funkcja *loop()*) wywoływane jest cykliczne pobranie danych z tunera (m.in. dane RDS, informacje o jakości sygnału) oraz obsługa enkodera. Do obsługi wspomnianego enkodera służy biblioteka *Ai Esp32 Rotary Encoder*.

Komunikacja z układem tunera odbywa się przez przesyłanie danych na magistralę I²C za pomocą standardowej biblioteki *Wire.h*. Z dokumentacji układu TEF6686 wynika, że zawiera on 4 logiczne moduły: *FM, AM, AUDIO, APPL* (**rysunek 1**). Każdy z nich ma przypisany identyfikator. W zależności od wywoływanej funkcji musimy każdą komendę adresować do odpowiedniego logicznego modułu.

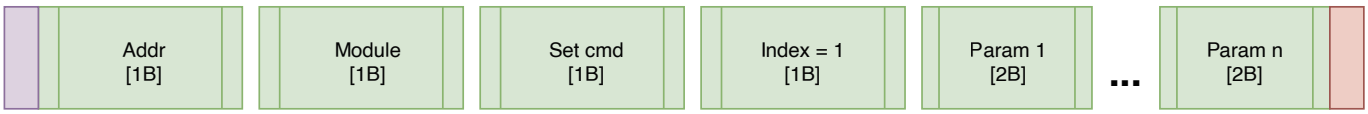
W praktyce komunikację rozpoczynamy, wywołując metodę *beginTransmission*. Następnie – wywołując funkcję „write" – przesyłamy do bufora kolejno: Module, Cmd, Index, Param_1 ... Param_n. Kończymy, wywołując *endTransmission, a* tym samym wysyłając dane z bufora do urządzenia.

Strukturę ramki zapisu danych pokazuje **rysunek 2:**

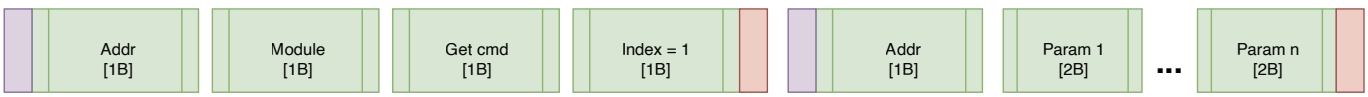
- *Addr* – adres urządzenia na magistrali,
- *Module* – identyfikator logicznego modułu,
- *Cmd* – identyfikator komendy,
- *Index* – indeks parametru (zawsze równy 1),
- *Param 1...n* – parametry dla komendy (2 bajty na każdy parametr).

Jeśli chcemy odczytać jakieś dane z naszego tunera, realizujemy opisane wyżej kroki dla interesującej nas komendy żądania danych, a następnie używamy metody *Wire.requestFrom*. Później, za pomocą metody *Wire.read*, odbieramy tyle bajtów, ile zwróciła nam funkcja *Wire.requestFrom*.

Struktura ramki żądania danych zaprezentowana została na **rysunku 3.**



Rysunek 2. Struktura ramki zapisu danych



Rysunek 3. Struktura ramki żądania danych

eprasa.pl 11da584bde

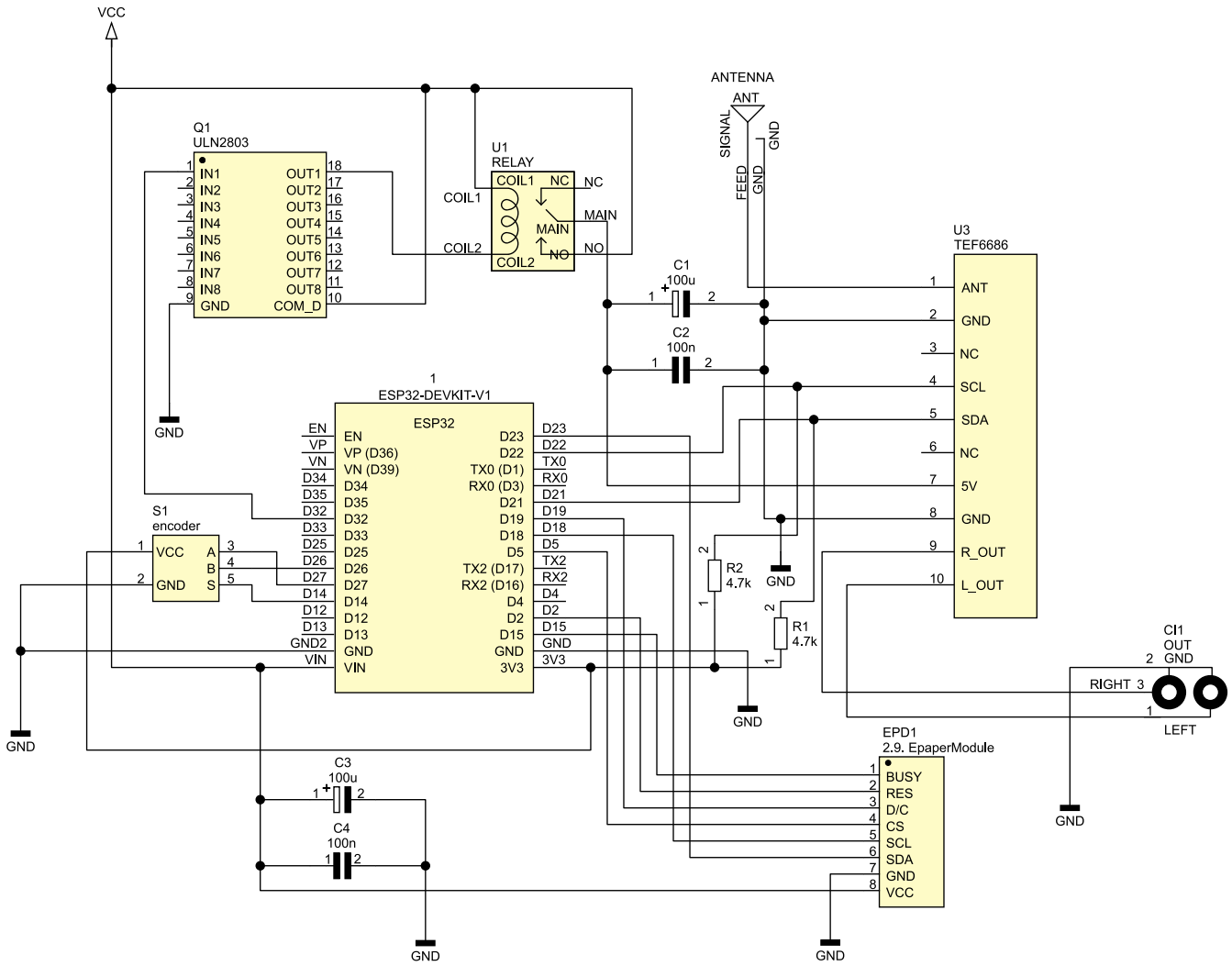
Wykaz elementów:

Rezystory:
4,7 kΩ (2 szt.)

Kondensatory:
100 µF/16 V (2 szt.)
100 nF (2 szt.)

Półprzewodniki:
ULN2803

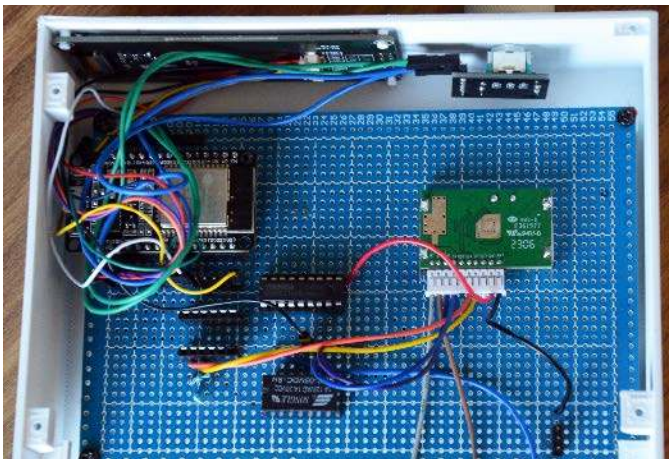
Pozostałe:
Moduł tunera TEF6686
ESP32 Devkit V1
Wyświetlacz e-paper WeAct 2,9”
Przekaźnik 5 V
Enkoder obrotowy
Gniazdo RCA stereo
Gniazdo antenowe
Gniazdo USB-C



Rysunek 4. Schemat odbiornika

Metody obsługujące komunikację widoczne są na **listingu 4**.

Program cyklicznie odpytuje moduł tunera o aktualną jakość sygnału i parametry odbioru. Zaimplementowane jest to w metodzie *Update QualityStatus* (**listing 5**). W tym przypadku, po starcie transmisji, jako pierwszy bajt wysyłamy identyfikator modułu równy 32 (*Module FM*), a po nim następuje numer komendy (*Get cmd*) równy 128. Kolejny bajt to index, który zawsze jest równy 1. Następnie wykonujemy żądanie 7 parametrów wyjściowych (każdy z nich to 2 bajty) – są one umieszczane w tablicy *result*. Kolejne elementy tej tablicy są przyporządkowane do struktury *Quality*.



Fotografia 2. Wnętrze prototypu podczas budowy

Gorąco zachęcam do zapoznania się z dokumentacją tunera TEF6686. Znajdziemy tam opis wszystkich funkcji oraz szczegóły dotyczące komunikacji z modułem. W naszym odbiorniku układ pracuje na ustawieniach fabrycznych. Warto jednak poeksperymentować z parametrami i sprawdzić, jak wpływają na odbiór sygnału radiowego.

Wyświetlacz oparty jest na sterowniku SSD1680 i obsługiwany za pomocą biblioteki *GxEPD2*. Komunikacja odbywa się przez magistralę SPI. Cała obsługa grafiki zawarta jest w pliku *Graphics.h*. W funkcji *UpdateScreen()*, która uruchamia się cyklicznie w oddzielnym zadaniu RTOS, znajdziemy wszystkie elementy związane z rysowaniem elementów interfejsu graficznego.

Montaż i uruchomienie

Ze względu na bardzo prostą budowę prototyp został zmontowany na uniwersalnej płytce drukowanej (**fotografia 2**).

Całość zasilana jest z zewnętrznego zasilacza 5 V (gniazdo USB). Kondensatory C1, C2, C3, C4 służą do filtrowania napięcia zasilającego.

eprasa.pl 11da584bde

Rezystory R1 i R2 podciągają szynę I²C do napięcia 3,3 V. Zarówno do tunera, mikrokontrolera, jak i wyświetlacza podane jest napięcie 5 V (moduł tunera ma wewnętrzny regulator napięcia na 3,3 V). Enkoder pobiera zasilanie z pinu 3,3 V na płytce mikrokontrolera ESP32.

Chociaż układ TEF6686 ma opcję przejścia w tryb standby, wybrana została opcja całkowitego odłączenia zasilania od modułu tunera w trybie uśpienia. Aby to umożliwić, użyto przekaźnika, który załączany jest przy starcie odbiornika. Do sterowania przekaźnikiem służy popularny układ Darlingtona ULN2803. Gdy odbiornik przechodzi w tryb uśpienia, na wyjściu sterującym przekaźnikiem pojawia się stan niski, co powoduje rozłączenie styków. Wszystkie moduły operują na takich samych poziomach logicznych, co eliminuje konieczność stosowania konwertera poziomów napięć. Warto wspomnieć, że użyty moduł tunera TEF6686 ma wyprowadzenia w rastrze 2 mm, co utrudnia przylutowanie go do płytki lub umieszczenie w popularnych złączach. W prototypie zastosowany został konektor JST-PH 2 mm, w celu ułatwienia montażu. Wyjście audio układu TEF6686 zostało wyprowadzone bezpośrednio do złączy RCA radioodbiornika. Prawidłowo złożony układ wymaga oczywiście zaprogramowania mikrokontrolera. Aby uniknąć zakłóceń wpływających na parametry odbioru, należy dobrze rozplanować rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej oraz podłączyć do masy wszystkie wymagane punkty.

Obudowa została zaprojektowana w aplikacji Fusion 360, a następnie wydrukowana na drukarce 3D z użyciem filamentu PLA (**rysunek 5**).

```
void TEF6686I²CComm::GetCommand(uint8_t module, uint8_t cmd, uint16_t *response, uint8_t responseLength)
{
    Wire.beginTransmission(DEVICE_ADDR);
    Wire.write(module);
    Wire.write(cmd);
    Wire.write(1);
    Wire.endTransmission();
    uint8_t dataLength = Wire.requestFrom(DEVICE_ADDR, (uint8_t)(responseLength * 2));
    for (int i= 0; i< dataLength / 2; i++)
    {
        uint8_t msb = Wire.read();
        uint8_t lsb = Wire.read();
        response[i] = msb << 8 | lsb;
    }
}

void TEF6686I²CComm::SetCommand(uint8_t module, uint8_t cmd, uint16_t *params, uint8_t paramsCount)
{
    Wire.beginTransmission(DEVICE_ADDR);
    Wire.write(module);
    Wire.write(cmd);
    Wire.write(1);
    for (int i= 0; i< paramsCount; i++)
    {
        uint8_t msb = params[i] >> 8;
        uint8_t lsb = params[i];
        Wire.write(msb);
        Wire.write(lsb);
    }
    Wire.endTransmission();
}
```

Listing 4. Metody obsługujące komunikację z modułem TEF6686

```
void TEF6686::UpdateQualityStatus()
{
    uint16_t result[7];
    tefI²CComm.GetCommand(MODULE_FM, 128, result, 7);
    quality.AF_UpdateFlag = ((result[0]>>15 & 1)==1);
    quality.QualityTimeStamp = (uint16_t)(result[0] & 0x3ff);
    quality.Level = result[1];
    quality.Noise = result[2];
    quality.Wam = result[3];
    quality.Offset = result[4];
    quality.Bandwidth = result[5];
    quality.Modulation = result[6];
}
```

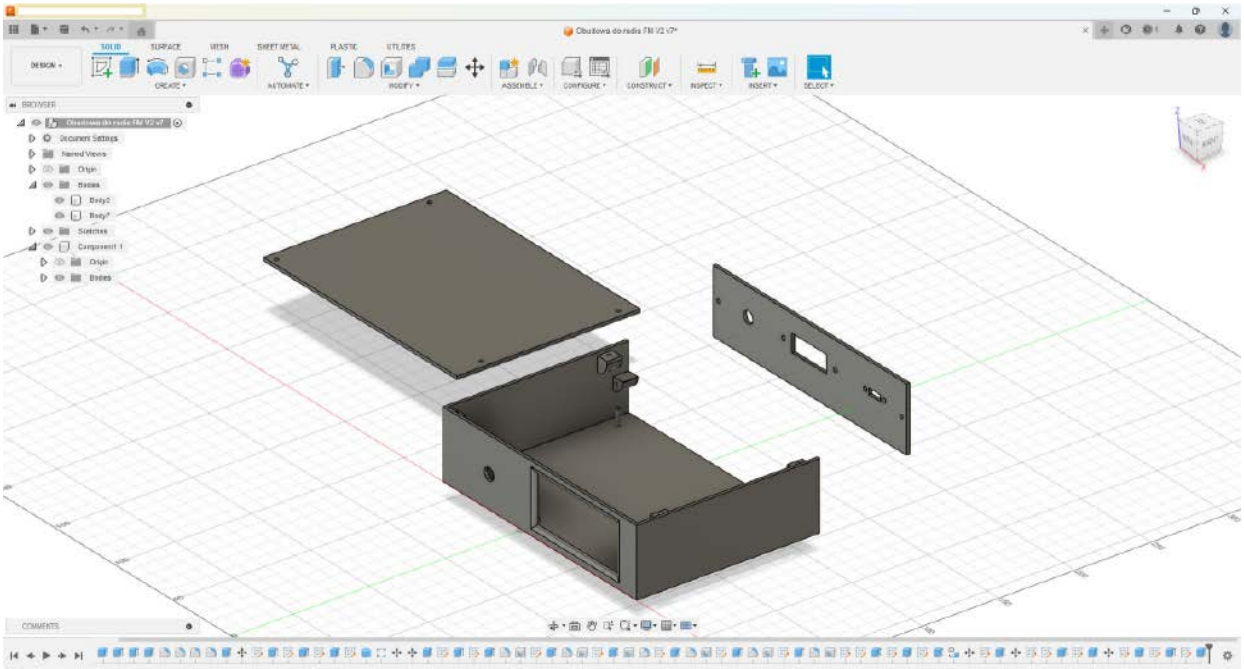
Listing 5. Metoda pobierająca dane o jakości sygnału

Podsumowanie

Omawiany odbiornik tylko w niewielkim stopniu korzysta z potencjału układu TEF6686. Zachęcam Czytelników do zapoznania się z jego dokumentacją i testowania na własną rękę, gdyż stwarza on ogromne możliwości.

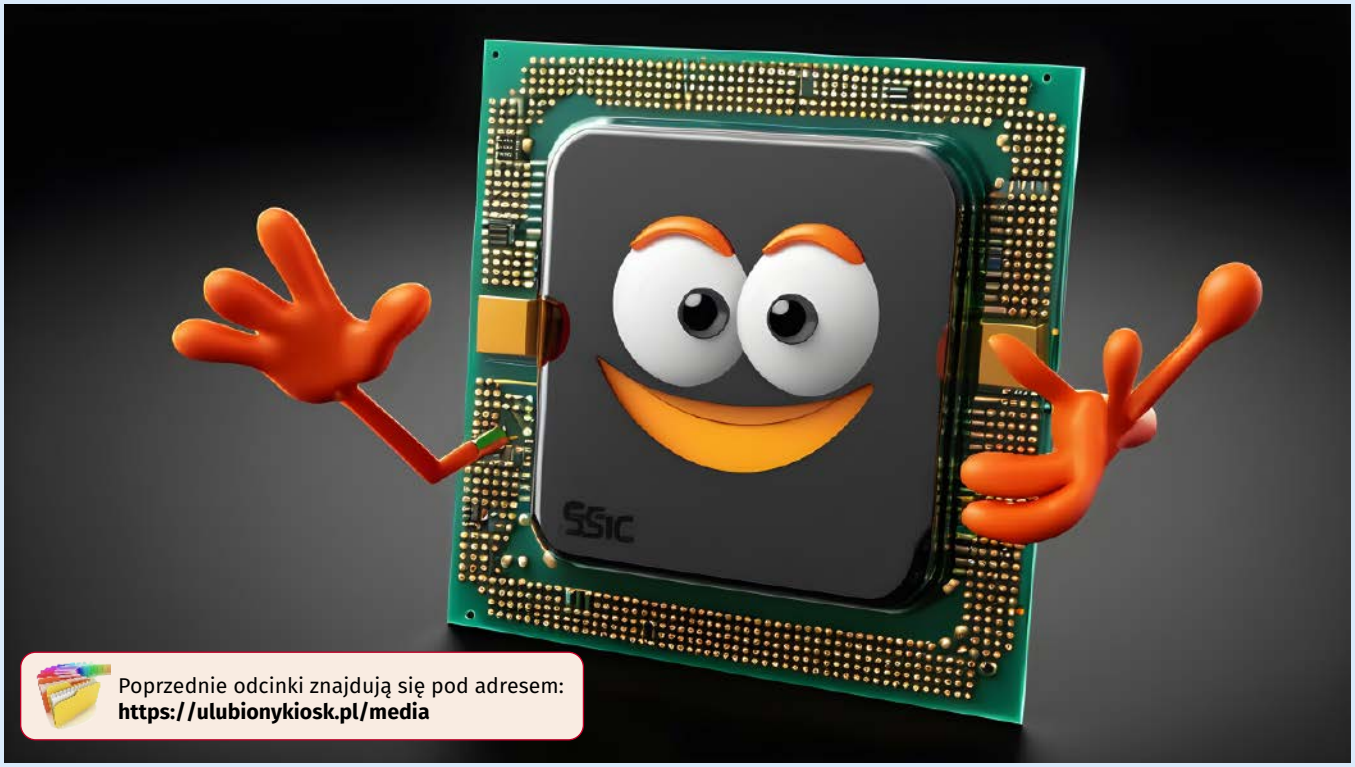
Paweł Ciuraj

Linki:
1. Kod źródłowy firmware odbiornika: https://github.com/ciuri/FMRadio_TEF6686
2. Kod źródłowy biblioteki TEF6686: https://github.com/ciuri/TEF6686Library
3. Prezentacja działania: https://www.youtube.com/watch?v=SLm9plsBgm0



Rysunek 5. Proces projektowania obudowy w programie Fusion 360

eprasa.pl 11da584bde



Poprzednie odcinki znajdują się pod adresem:
https://ulubionykiosk.pl/media

Kurs FPGA Lattice (18)

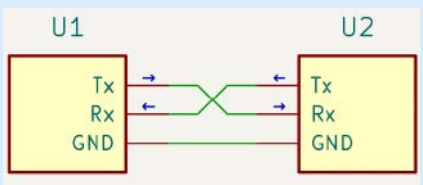
Nadajnik UART

Interfejs UART, czyli Universal Asynchronous Receiver-Transmitter, jest jednym z podstawowych narzędzi do komunikacji między urządzeniami. Standard ten ma już kilkadziesiąt lat, ale mimo to wciąż jest szeroko stosowany. Nawet najprostsze mikrokontrolery mają wbudowany UART, a te bardziej rozbudowane mają nawet po kilka ich instancji. W najnowszym odcinku kursu FPGA nauczymy się, jak zrobić nadajnik UART, a w kolejnym odcinku opracujemy odbiornik.

Trochę teorii

Zacznijmy od omówienia, jak w ogóle działa interfejs UART. Daje on możliwość połączenia ze sobą dwóch urządzeń, tak by były równorzędne. Oba urządzenia wyposażone są w nadajnik i odbiornik. Pin nadajnika zwyczajowo oznacza się symbolem Tx, natomiast pin odbiornika nazywa się Rx. Spójrz na **rysunek 1**, na którym pokazano najczęściej stosowany schemat połączeń dwóch układów, komunikujących się poprzez UART. Wyjście Tx jednego układu połączone jest z wejściem Rx drugiego, a więc w standardzie UART linie transmisyjne krzyżują się w charakterystyczny sposób. Jeżeli komunikacja ma być jednokierunkowa, wystarczy tylko jedna linia transmisyjna. Oba urządzenia muszą mieć wspólną masę.

Istnieje możliwość dodania jeszcze kolejnych sygnałów odpowiedzialnych za tzw. *hardware handshake*, czyli informacje o tym, że nadajnik ma jakieś dane do wysłania, że odbiornik może je odebrać itp. Jednak nie będziemy wchodzić w szczegóły tej funkcjonalności, bo współcześnie są one już tylko zaszłością historyczną.



Rysunek 1. Schemat połączenia dwóch urządzeń z interfejsem UART

Zobacz więcej:
- Repozytorium modułów używanych w kursie: https://github.com/leonow32/verilog-fpga
- Projekt w programie Diamond: https://tiny.pl/dtf3g

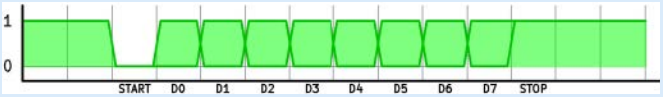
W omawianym interfejsie nie ma podziału na master i slave, z którym spotkamy się w przypadku I²C czy SPI. Każde urządzenie może rozpocząć nadawanie w dowolnej chwili, a odbiornik w drugim urządzeniu musi te dane odebrać i ewentualnie zapisać do bufora. Komunikacja w obie strony może zachodzić niezależnie od siebie. Możliwa jest także transmisja w obu kierunkach w tym samym czasie, czyli komunikacja full-duplex.

Interfejs UART, jak sama nazwa wskazuje, jest asynchroniczny. Oznacza to, że pomiędzy urządzeniami nie ma żadnego sygnału zegarowego. Zarówno nadajnik, jak i odbiornik muszą mieć swoje własne zegary, które synchronizują ze sobą na początku każdej ramki transmisyjnej. Ponadto muszą być one odpowiednio dokładne, aby transmisja przebiegała prawidłowo.

Przykład transmisji jednego bajtu przez UART przedstawiono na **rysunku 2**. W stanie spoczynkowym linie transmisyjne pozostają w stanie

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 2. Pojedyncza 8-bitowa ramka transmisji

Tabela 1. Zestawienie typowych szybkości transmisji

Baud rate [b/s]	Długość bitu [µs]	Długość ramki [µs]	Transfer [B/s]
9600	104,1666667	1041,666667	960
19200	52,08333333	520,8333333	1920
28800	34,72222222	347,2222222	2880
38400	26,04166667	260,4166667	3840
57600	17,36111111	173,6111111	5760
115200	8,680555556	86,80555556	11520
230400	4,340277778	43,40277778	23040
460800	2,170138889	21,70138889	46080
921600	1,085069444	10,85069444	92160
1000000	1	10	100000

wysokim. Ramka danych rozpoczyna się bitem startu, który zawsze jest reprezentowany przez stan niski – to sygnał dla odbiornika, że ma uruchomić swój zegar i rozpocząć próbkowanie linii transmisyjnej.

Następnie nadawane są bity danych, w kolejności od najmłodszego do najstarszego. Najczęściej mamy do czynienia z transmisją 8-bitową. Czasami wykorzystuje się ramki 9-bitowe. Standard przewiduje także możliwość 7-, 6- czy nawet 5-bitowych, ale możliwość ta raczej nie ma praktycznego zastosowania. Dane mogą mieć dodatkowo bit parzystości lub nieparzystości, którego celem jest weryfikacja poprawności transmisji. Często jednak pomija się go, ponieważ taka metoda kontroli jest mało skuteczna, a obecność dodatkowego bitu sprawia, że transmisja zajmuje więcej czasu.

Każda ramka kończy się bitem stopu, który zawsze ma stan wysoki. Opcjonalnie można ustawić dwa bity stopu (jeszcze nigdy nie spotkałem się jednak z sytuacją, w której ktoś faktycznie stosowałby takie rozwiązanie). Jeżeli jest to ostatnia ramka, wówczas linia pozostaje w stanie wysokim, a jeżeli nie, to następuje zbocze opadające i mamy kolejny bit startu (stan niski). Zwróć uwagę, że przesyłając dane 8-bitowe, musimy w rzeczywistości przesłać 10 bitów.

Istnieje dość sporo standardowych prędkości transmisji (*baud rate*), wyrażonych w bitach na sekundę, co pokazano w **tabeli 1**. Niestety, wartości te są „dziwne”. W rezultacie czas trwania pojedynczego bitu jest niewymierny – nie sposób osiągnąć dokładnie takich przedziałów czasu, dzieląc jakąś typową częstotliwość kwarcu, jak np. 10 MHz, 20 MHz, 25 MHz, przez liczbę całkowitą. Trzeba zastosować dzielnik frakcjonalny, kwarc o nietypowej częstotliwości lub... pogodzić się z faktem, że uzyskany timing będzie trochę niedokładny. W naszym przykładzie zadowolimy się trzecią opcją.

Podczas ćwiczeń z tego odcinka kursu opracujemy moduł, który – po naciśnięciu przycisku – wyśle przez UART prosty komunikat tekstowy „Hello”. Moduł nadawczy będzie miał możliwość konfiguracji jedynie prędkości transmisji. Długość ramki danych ustawimy na 8 bitów, bez możliwości zmiany. Nie będziemy stosować bitów parzystości, a na końcu ramki transmisyjnej znajdzie się jeden bit stopu. Jest to najczęściej stosowana konfiguracja.

Moduł StrobeGeneratorTicks

Do realizacji nadajnika i odbiornika potrzebujemy modułu, który będzie precyzyjnie wyznaczał odstępy czasu. Wielokrotnie w tym kursie stosowaliśmy moduł **StrobeGenerator**, który ustawiał stan wysoki na swoim wyjściu co pewien czas, określony w mikrosekundach. Taka rozdzielczość okazuje się jednak niewystarczająca na potrzeby komunikacji przez UART.

Zapewne większość Czytelników pomyśli, że aby rozwiązać ten problem, należy zmienić rozdzielczość z mikrosekund na nanosekundy. Owszem, jest to prawidłowe rozwiązanie, jednak wywołuje dość nieoczekiwany problem w Lattice Synthesis Engine. W jednej sekundzie jest miliard nanosekund, częstotliwość zegara wyrażona jest w milionach herców, a żądane odstępy czasu mogą być bardzo małe lub bardzo duże. Lattice Synthesis Engine obsługuje obliczenia na liczbach 32-bitowych ze znakiem, co oznacza, że największa liczba, jaką jest w stanie przetworzyć, to 2.147.483.647. Głównym problemem okazuje się fakt, że w przypadku przekroczenia maksymalnej wartości syntezator nie zgłosi żadnego błędu! Nadmiarowa część liczby zostaje obcięta i wynik traktowany jest nadal jako zwykła zmienna 32-bitowa, co prowadzi do nieprawidłowego działania układu. Trzeba przyznać, że jest to dość poważny błąd w Lattice Diamond... podczas gdy w Icarus Verilog obliczenia na dużych liczbach działają prawidłowo.

Obejdziemy problem dookoła, tworząc moduł podobny do **StrobeGenerator**, który już znamy. Różnić będzie się tylko tym, że zamiast czasu w mikrosekundach, podawać będziemy liczbę taktów zegarowych, jaka ma mijać między impulsami stanu wysokiego na wyjściu **Strobe_o**. Przeanalizujmy kod pokazany na **listingu 1**.

W linii 1 tworzymy jedyny parametr modułu, który definiuje, co ile cykli zegarowych ma zostać wygenerowany stan wysoki na wyjściu modułu. Domyślna wartość 10 spowoduje, że przez 9 taktów zegarowych wyjście **Strobe_o** będzie w stanie niskim, a przez 1 takt – w stanie wysokim. Operacja ta będzie powtarzać się cyklicznie przez cały czas trwania stanu wysokiego na wejściu **Enable_i**.

Aby zrealizować tę operację, potrzebujemy licznika, który zostanie załadowany jakąś wartością na początku cyklu i z każdym taktem zegara będzie zmniejszany do zera. W linii 2 tworzymy parametr lokalny **MAXCOUNT** określający maksymalną wartość licznika, która równa jest żądanej liczbie taktów zegarowych pomniejszonej o jeden.

Następnie w linii 3 tworzymy parametr lokalny **WIDTH**, dzięki któremu określimy liczbę bitów niezbędną, by pomieścić maksymalną wartość licznika. Licznik **Counter** tworzymy w linii 4.

Przejdźmy do jedynego bloku **always** w tym module. W momencie resetu układu ładujemy licznik **Counter** jego wartością maksymalną (linia 5), a wyjście **Strobe_o**, które jest typu reg, ustawiamy w stan niski.

Dalsza praca układu warunkowana jest wejściem **Enable_i**, sprawdzanym w linii 6. Jeżeli pozostaje ono w stanie niskim, to moduł

```
// Plik strobe_generator_ticks.v

`default_nettype none
module StrobeGeneratorTicks #(
    parameter   TICKS   = 10                                    // 1
)(
    input wire  Clock,
    input wire  Reset,
    input wire  Enable_i,
    output reg  Strobe_o
);

    localparam MAXCOUNT = TICKS - 1;                            // 2
    localparam WIDTH = $clog2(MAXCOUNT + 1);                    // 3
    reg [WIDTH-1:0] Counter;                                    // 4

    always @(posedge Clock, negedge Reset) begin
        if(!Reset) begin
            Counter     <= MAXCOUNT;                            // 5
            Strobe_o    <= 1'b0;
        end else if(Enable_i) begin                             // 6
            if(!Counter) begin                                  // 7
                Counter  <= MAXCOUNT;                           // 8
                Strobe_o <= 1'b1;                               // 9
            end else begin
                Counter  <= Counter - 1'b1;                     // 10
                Strobe_o <= 1'b0;                               // 11
            end
        end else begin
            Counter <= MAXCOUNT;                                // 12
        end
    end
     endmodule
`default_nettype wire
```

Listing 1. Kod pliku strobe_generator_ticks.v

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 11da584bde

nie pracuje i licznik **Counter** ładowany jest wartością początkową (linia 12). Jeżeli natomiast to wejście jest w stanie wysokim, to moduł pracuje.

W linii 7 sprawdzamy, czy licznik **Counter** osiągnął już wartość zerową. Używamy w tym celu operatora negacji logicznej. Jeśli wartość zerowa została osiągnięta, ponownie ładujemy licznik wartością maksymalną, aby rozpocząć kolejny cykl pracy, a wyjście **Strobe_o** ustawiamy w stan wysoki. Jeżeli natomiast **Counter** nie ma wartości zerowej, wykonywane są linie 10 i 11, tzn. pomniejszamy stan licznika o jeden i ustawiamy wyjście **Strobe_o** w stan niski.

Przeprowadźmy na szybko symulację modułu **StrobeGeneratorTicks**. Nie będziemy tutaj prezentować kodu testbenchu, ponieważ wygląda banalnie (jest dostępny w linku 1). Przebiegi sygnałów uzyskane podczas symulacji przedstawiono na **rysunku 3**. Widzimy, że po zmianie stanu wejścia **Enable_i** z 0 na 1 licznik pomniejsza swoją wartość wraz z każdym taktem sygnału zegarowego. Na wyjściu **Strobe_o** widzimy krótkie szpilki stanu wysokiego, które pojawiają się co 10 taktów zegara.

Moduł UartTx

Istnieje bardzo wiele sposobów na implementację nadajnika UART w języku Verilog. W internecie można znaleźć mnóstwo rozwiązań tego problemu, od banalnych po bardzo zaawansowane. Starałem się, by rozwiązanie zaproponowane w tym odcinku kursu było proste do zrozumienia, ale także, by moduł był jak najbardziej użyteczny.

Koncepcja działania nadajnika UART jest następująca: po wystąpieniu żądania startu nadajnik ma przesłać 10 bitów (bit startu, osiem bitów danych oraz bit stopu). Każdy z tych bitów ma być wyprowadzany na wyjście **Tx_o** przez ściśle określony czas. Bity przeznaczone do transmisji zgrupujemy w 10-bitową zmienną typu wire. O tym, który z tych bitów będzie aktualnie nadawany, decydować będzie licznik inkrementowany od 0 do 9. Zatem w naszej konstrukcji pojawi się multiplekser, który ma 10 wejść danych i 4-bitowe wejście adresowe, sterowane przez wspomniany licznik. Zwiększanie stanu licznika będzie następowało co ściśle określony czas, zależny od żądanej szybkości transmisji. To zadanie powierzymy modułowi **StrobeGeneratorTicks**, który opracowaliśmy przed chwilą.

Przejdźmy teraz do analizy modułu nadajnika UART, którego kod pokazano na **listingu 2**.

Na liście parametrów mamy, jak zawsze, częstotliwość sygnału zegarowego **CLOCK_HZ**, a oprócz tego – żądaną szybkość transmisji **BAUD** w bitach na sekundę (linia 1). Domyślną wartość tego parametru ustawiamy na 115200 bit/s, ponieważ jest to jedna z najczęściej wybieranych prędkości transmisji przez UART. Lista portów modułu prezentuje się następująco:

- **Clock** – wejście sygnału zegarowego,
- **Reset** – wejście resetujące (aktywne w stanie niskim),
- **Start_i** – wejście informujące, że moduł ma zacząć transmitować dane doprowadzone do wejścia Data_i,
- **Data_i** – 8-bitowy port danych do wysłania,
- **Busy_i** – wyjście informujące o tym, że trwa wysyłanie danych; stan wysoki oznacza pracę,

```
// Plik uart_tx.v

`default_nettype none
module UartTx #(
    parameter CLOCK_HZ = 10_000_000,
    parameter BAUD     = 115200                              // 1
)(
    input wire Clock,
    input wire Reset,
    input wire Start_i
    input wire [7:0] Data_i,
    output wire Busy_o,
    output wire Done_o,
    output wire Tx_o
);

    // Timing
    wire NextBit;                                            // 2
    localparam TICKS_PER_BIT = CLOCK_HZ / BAUD;              // 3

    StrobeGeneratorTicks #(                                  // 4
        .TICKS(TICKS_PER_BIT)                                // 5
    ) StrobeGeneratorTicks_inst(
        .Clock(Clock),
        .Reset(Reset),
        .Enable_i(Busy || Start_i),                          // 6
        .Strobe_o(NextBit)                                   // 7
    );

    // Wyznaczanie aktualnie transmitowanego bitu
    // oraz sygnałów zajętości
    reg Busy;
    reg [3:0] Pointer /* synthesis syn_encoding = "sequential" */;
                                                             // 8
    reg [7:0] ByteCopy;                                      // 9

    always @(posedge Clock, negedge Reset) begin
        if(!Reset) begin                                     // 10
            ByteCopy <= 0;
            Busy     <= 0;
            Pointer  <= 0;
        end else if(Start_i) begin                           // 11
            ByteCopy <= Data_i;
            Busy     <= 1'b1;
            Pointer  <= 0;
        end else if(NextBit) begin                           // 12
            if(Pointer == 4'd9) begin                        // 13
                Busy    <= 1'b0;
                Pointer <= 4'd0;
            end else begin
                Pointer <= Pointer + 1'b1;                   // 14
            end
        end
    end

    wire [9:0] DataToSend;                                   // 15
    assign DataToSend = {1'b1, ByteCopy, 1'b0};              // 16

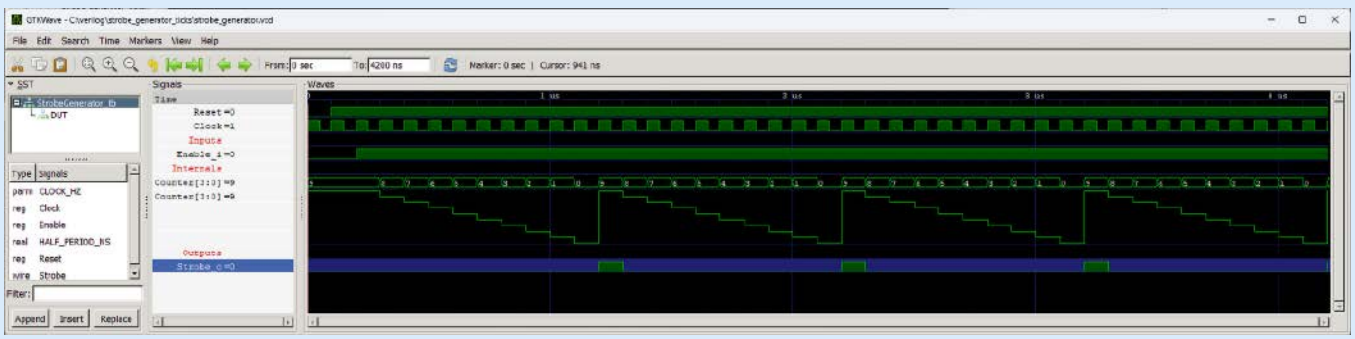
    // Przypisanie wyjść
    assign Tx_o = Busy ? DataToSend[Pointer] : 1'b1;         // 17
    assign Busy_o = Busy;                                    // 18
    assign Done_o = NextBit && (Pointer == 4'd9);            // 19

endmodule
`default_nettype wire
```

Listing 2. Kod pliku uart_tx.v

- **Done_o** – na tym wyjściu pojawia się stan wysoki na jeden cykl zegarowy po zakończeniu wysyłania danych,
- **Tx_o** – wyjście nadajnika UART, należy je połączyć z dowolnym pinem układu FPGA.

W pierwszej kolejności musimy zająć się generatorem impulsów wyznaczających zmianę nadawanego bitu. Na początku musimy ustalić, ile taktów zegarowych zajmuje wysłanie pojedynczego bitu. Obliczamy to w linii 3. Dzielimy częstotliwość zegara, która wyrażona jest liczbą taktów na sekundę przez liczbę bitów na sekundę. W rezultacie otrzymujemy liczbę taktów zegarowych na bit i wynik tego obliczenia



Rysunek 3. Symulacja modułu StrobeGeneratorTicks

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 11da584bde

zapisujemy do parametru lokalnego **TICKS_PER_BIT**. Należy mieć na uwadze, że tak obliczony wynik może trochę odbiegać od stricte matematycznego rozwiązania, ponieważ działamy tutaj na liczbach całkowitych, a nie rzeczywistych.

W linii 4 tworzymy instancję modułu typu **StrobeGenerator Ticks** o nazwie **StrobeGeneratorTicks_inst**. W linii 5 przekazujemy liczbę cykli zegarowych na bit, zapisaną w parametrze **TICKS_PER_BIT**.

Moduł **StrobeGeneratorTicks** ma działać tylko wtedy, kiedy nadajnik pracuje. Z tego powodu w linii 6 do wejścia **Enable_i** podajemy dwa sygnały, połączone operatorem OR – sygnał **Start_i**, pochodzący z wejścia modułu oraz **Busy**, który ustawiany jest w stan wysoki wtedy, kiedy moduł pracuje. Konstrukcja ta może na początku trochę dziwić, jednak ma ona swoje uzasadnienie. Chodzi o fakt, że zmienna **Busy** jest ustawiana dopiero w kolejnym cyklu zegara po wystąpieniu stanu wysokiego na wejściu **Start_i**. Gdybyśmy timer włączyli dopiero wtedy, kiedy **Busy** jest w stanie wysokim, to pierwszy nadawany bit byłby dłuższy, niż powinien o jeden takt zegarowy. Może ten jeden takt zegarowy nie jest bardzo istotny, ale zbudujemy nasz moduł w taki sposób, aby wszystkie bity miały dokładnie taki sam czas trwania.

Wyjście **Strobe_o** tego modułu (linia 7) połączone jest ze zmienną wire **NextBit**, która została zdefiniowana w linii 2. Zmienna ta odczytywana jest w bloku **always** w dalszej części kodu.

W linii 8 tworzymy 4-bitowy licznik **Pointer** wskazujący, który bit ramki transmisyjnej jest aktualnie udostępniony na wyjściu **Tx_o**. Przeskoczmy teraz do linii 15, gdzie tworzymy 10-bitową zmienną wire **DataToSend**, zawierającą wszystkie dziesięć bitów, które mają zostać wysłane. Wartość tej zmiennej przypisujemy, korzystając z operatora konkatenacji (linia 16), w którym scalamy bit startu, osiem bitów danych i bit stopu. Zwróć uwagę, że wykorzystujemy tutaj kopię danych do wysłania ze zmiennej reg **ByteCopy**, która zadeklarowana została w linii 9. Celem utrzymywania kopii danych wejściowych jest umożliwienie zmiany danych na wejściu **Data_i** w trakcie transmisji. Dzięki temu moduł będzie mógł mieć na swoim wejściu kolejny bajt przygotowany do wysyłki w następnej ramce.

Licznik **Pointer** jest traktowany przez Lattice Synthesis Engine jako rejestr maszyny stanów. Syntezator próbuje zoptymalizować algorytm, stosując kodowanie one-hot, czyli przetwarza 4-bitowy licznik na 16-bitowy rejestr, w którym tylko jeden z szesnastu bitów może być w stanie wysokim. W założeniu ma to przyspieszyć pracę układu i zwiększyć częstotliwość zegara, jednak w tym przypadku zwiększa jedynie (i to aż czterokrotnie) zapotrzebowanie na przerzutniki, a uzysk czasowy okazuje się niewielki. Z tego powodu w linii 8 umieszczamy dyrektywę syntezatora mówiącą, że rejestr maszyny stanu ma być sekwencyjny, tzn. ma to być standardowy licznik, tak jak to opiszemy dalej w kodzie.

Przejdźmy do bloku **always**, zawierającego całą logikę sekwencyjną transmitera UART. W stanie resetu zerujemy wszystkie zmienne typu reg (linia 10). Następnie podejmujemy działania w zależności od tego, czy spełniony jest jeden z dwóch poniższych warunków:

1. Jeżeli wejście **Start_i** jest w stanie wysokim (linia 11), to przepisujemy wejście **Data_i** do kopii **ByteCopy**, ustawiamy rejestr **Busy** w stan wysoki i zerujemy licznik wskazujący, który bit jest obecnie transmitowany.
2. Jeżeli sygnał **NextBit** jest w stanie wysokim (linia 12), to inkrementujemy licznik **Pointer** (linia 14) lub – jeżeli aktualnie ten licznik ma wartość 9 (linia 13), czyli wysyłany jest ostatni bit z ramki transmisyjnej – kończymy transmitować

```
// Plik uart_tx_tb.v

`timescale 1ns/1ns
`default_nettype none
module UartTx_tb();

    parameter CLOCK_HZ           = 1_000_000;
    parameter real HALF_PERIOD_NS = 1_000_000_000.0 / (2 * CLOCK_HZ);

    // Generator sygnału zegarowego
    reg Clock = 1'b1;
    always begin
        #HALF_PERIOD_NS;
        Clock = !Clock;
    end

    // Pamięć z wiadomością do wysłania
    reg [7:0] Memory [0:7];                                    // 1
    initial begin
        Memory[0] = "H";
        Memory[1] = "e";
        Memory[2] = "l";
        Memory[3] = "l";
        Memory[4] = "o";
        Memory[5] = 8'd0;
        Memory[6] = 8'd0;
        Memory[7] = 8'd0;
    end

    // Zmienne
    wire ByteTransmitBusy;                                     // 2
    wire ByteTransmitDone;                                     // 3
    reg  Reset         = 1'b0;
    reg  ManualRequest = 1'b0;                                 // 4

    // Wskaźnik do bajtu pamięci, który ma zostać
    // wysłany w następnej kolejności
    reg [2:0] Pointer;                                         // 5
    always @(posedge Clock, negedge Reset) begin
        if(!Reset) begin
            Pointer <= 0;
        end else if(ManualRequest || ByteTransmitDone) begin   // 6
            Pointer <= Pointer + 1'b1;                         // 7
        end else if(!ByteTransmitBusy) begin                   // 8
            Pointer <= 0;                                      // 9
        end
    end

    wire ByteTransmitRequest = ManualRequest ||                // 10
         (ByteTransmitDone && (Memory[Pointer] != 8'd0));

    // Instancja testowanego modułu
    UartTx #(                                                  // 11
        .CLOCK_HZ(CLOCK_HZ),
        .BAUD(100_000)                                         // 12
    ) UartTx_inst(
        .Clock(Clock),
        .Reset(Reset),
        .Start_i(ByteTransmitRequest),                         // 13
        .Data_i(Memory[Pointer]),                              // 14
        .Busy_o(ByteTransmitBusy),                             // 15
        .Done_o(ByteTransmitDone),                             // 16
        .Tx_o()
    );

    // Eksport wyników symulacji
    initial begin
        $dumpfile("uart_tx.vcd");
        $dumpvars(0, UartTx_tb);
    end

    // Sekwencja testowa
    integer i;
    initial begin
        $timeformat(-6, 3, "us", 12);
        $display("===== START =====");
        $display("Clock:        %9d", CLOCK_HZ);
        $display("Baud rate:    %9d", DUT.BAUD);
        $display("Ticks per bit:%9d",
            DUT.StrobeGeneratorTicks_inst.TICKS);

        @(posedge Clock);
        Reset <= 1'b1;

        repeat(99) @(posedge Clock);                           // 17
        ManualRequest <= 1'b1;
        @(posedge Clock);
        ManualRequest <= 1'b0;

        wait(Memory[Pointer] == 8'd0);                         // 18
        @(posedge ByteTransmitDone);
        repeat(100) @(posedge Clock);

        $display("====== END ======");
        $finish;
    end

    // Display transmitted bytes
    always begin                                               // 19
        @(posedge ByteTransmitRequest)                         // 20
        $display("%t Transmitting byte%d:%s",                  // 21
            $realtime,
            Pointer,
            Memory[Pointer]
        );
    end

endmodule
`default_nettype wire
```

Listing 3. Kod pliku uart_tx_tb.v

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 11da584bde

ostatni bit. Zatem ustawiamy **Busy** w stan niski, aby poinformować, że transmisja została zakończona.

Jeżeli żaden z opisanych warunków nie został spełniony, to w bloku **always** nic się nie dzieje. Równolegle pracuje moduł **StrobeGeneratorTicks**, który kontroluje, jak długo obecny bit ma być dostępny na wyjściu, zgodnie z oczekiwaną prędkością transmisji.

W linii 17 przypisujemy stan wyjścia **Tx_o** za pomocą operatora logicznego **:?** który znamy z C i C++. Jeżeli stan zmiennej **Busy** jest prawdziwy, to wtedy **Tx_o** jest łączone z bitem zmiennej **DataToSend** wskazywanym przez aktualny stan licznika **Pointer**, a jeżeli nie, to **Tx_o** ustawiamy na sztywno w stan wysoki.

Informację o zakończeniu pracy, dostępną na wyjściu **Done_o**, czerpiemy z sygnału **NextBit** (ustawianego w stan wysoki przy każdej zmianie transmitowanego bitu) oraz porównania zmiennej **Pointer** z liczbą 9, czyli maksymalną wartością tego licznika. Warunki te łączymy ze sobą operatorem AND, czyli muszą być one spełnione jednocześnie w tym samym takcie zegarowym.

Testbench modułu UartTx

Zgodnie z naszym zwyczajem, praktykowanym w wielu poprzednich odcinkach, opracujemy testbench, aby przeprowadzić symulację modułu, zbudowanego w tym odcinku kursu. Testbench nadajnika UART będzie wysyłał prosty komunikat tekstowy, zapisany w prostej pamięci ROM, jednak w celu zachowania maksymalnej prostoty nie będziemy tutaj korzystać z bloków EBR ani modułów opracowanych w 15 odcinku – pamięć z komunikatem tekstowym ma pojawić się tylko w testbenchu na potrzeby symulacji, a nie w kodzie syntezowanym do wykonywania przez układ FPGA.

Przeanalizujmy kod z **listingu 3**. Testbench zaczyna się standardowo, więc przeskoczymy od razu do linii 1. Deklarujemy tam 8-bitową pamięć **Memory**, która składa się tylko z ośmiu elementów, ponumerowanych od 0 do 7. Następnie, w bloku **initial**, który znajduje się poniżej, inicjalizujemy wszystkie osiem elementów pamięci. Pierwsze pięć bajtów utworzy napis „Hello”, a pozostałym trzem przypisujemy wartość zerową.

Dalej tworzymy kilka zmiennych: w liniiach 2 i 3 będą to zmienne **ByteTransmitBusy** i **ByteTransmitDone**, łączące wyjście testowanego modułu nadajnika UART (linie 15 i 16). Posłużą do sterowania logiką testbencha. Zmienna **ManualRequest** typu reg (linia 4) jest doprowadzona do wejścia **Start_i** testowanego modułu (linia 13) i służy do uruchomienia transmisji pierwszego bajtu.

Musimy zaimplementować prosty układ sekwencyjny, który będzie podawał do nadajnika UART kolejne bajty pamięci. Zastosujemy algorytm podobny do tego, który w module **UartTx** podawał kolejne bity na wyjście nadajnika. W tym celu tworzymy 3-bitowy licznik **Pointer** (linia 5). 3 bity wystarczą, by zaadresować pamięć mającą tylko osiem elementów.

Poniżej rozpoczyna się blok always, który wykonuje się równolegle do sekwencji testowej. W bloku **always** sprawdzane są tylko trzy proste warunki:

1. Jeżeli aktywny jest sygnał resetujący, to licznik **Pointer** jest zerowany.
2. Jeżeli w stanie wysokim są sygnały **ManualRequest** (rozpoczynający nadawanie bajtów z pamięci) lub **ByteTransmitDone** (informujący, że zakończono transmitowanie bajtu), to licznik **Pointer** zwiększany jest o jeden (linia 7).
3. Jeżeli nie jest prawdziwa zmienna **ByteTransmitBusy** (informująca, że nadajnik właśnie pracuje), to zerujemy licznik **Pointer** (linia 9).

Jeżeli żaden z tych warunków nie jest spełniony, to **Pointer** się nie zmienia. Jednocześnie pracuje moduł nadajnika.

W linii 10 tworzymy zmienną **ByteTransmitRequest** typu wire, która ma informować nadajnik, żeby rozpoczął nadawanie kolejnego bajtu danych. Została ona doprowadzona do wejścia **Start_i** nadajnika (linia 13). Zmienna ta jest ustawiana za pomocą operatora OR, łączącego ze sobą dwa warunki:

- Zmienna **ManualRequest** jest w stanie wysokim, czyli rozpoczynamy wysłanie pierwszego bajtu z pamięci.
- Zmienna **ByteTransmitDone** jest w stanie wysokim, czyli zakończyło się wysyłanie bajtu i można wysyłać kolejny, ale bajt pamięci aktualnie wskazywany przez **Pointer** nie może mieć wartości zerowej. Chodzi tu o zatrzymanie nadawania kolejnych bajtów z pamięci, kiedy zostanie wysłany ostatni znak, a pozostałe są zerami.

Dochodzimy wreszcie do instancji testowanego modułu w linii 11. Moduł konfigurujemy w taki sposób, aby prędkość transmisji wynosiła 100000 bitów na sekundę – celowo nie użyłem tutaj typowych „dziwnych” prędkości, jakie stosuje się w UART, aby ułatwić analizowanie wykresów symulacji. Ustawienie prędkości na 100000 bps sprawi, że wysyłanie jednego bajtu danych będzie trwało dokładnie 100 µs, co przy symulowanym zegarze o częstotliwości 1 MHz będzie trwało 100 taktów zegarowych.

Na początku sekwencji testowej printujemy na konsoli kilka komunikatów. Następnie czekamy przez 100 cykli zegarowych, co trwa łącznie 100 µs (linia 17). Po tym ustawiamy zmienną **ManualRequest** w stan wysoki na jeden cykl sygnału zegarowego. Powoduje to rozpoczęcie pracy nadajnika UART.

W linii 18 zawieszamy wykonywanie sekwencji testowej za pomocą instrukcji **wait()**. Sprawia ona, że układ czeka tak długo, aż warunek podany w nawiasach zostanie spełniony. W tym przypadku – oczekujemy, aż komórka pamięci wskazywana przez **Pointer** będzie mieć wartość zerową, co oznacza zakończenie ciągu znaków.

W linii 19 mamy jeszcze jeden blok **always**. Jego celem jest tylko wyświetlanie komunikatów na konsoli w momencie rozpoczęcia transmisji bajtu danych. Blok jest wykonywany w pętli nieskończonej i składa się jedynie z dwóch instrukcji. Pierwszą z nich jest oczekiwanie na zbocze rosnące sygnału **ByteTransmitRequest** (linia 20), które powoduje rozpoczęcie transmisji danych. Druga to instrukcja **$display**, wyświetlająca w konsoli symulatora informacje o aktualnym czasie, zawartości licznika **Pointer** oraz zawartości komórki pamięci wskazywanej przez ten licznik.

Listing 4 prezentuje skrypt wykonujący symulację w Icarus Verilog. Po zakończeniu symulacji powinniśmy zobaczyć komunikaty takie, jak na **listingu 5**.

Czas przeanalizować rezultaty symulacji. Otwórz plik wynikowy **uart_tx.vcd** w przeglądarce GTKWave i skonfiguruj ją tak, aby otrzymać obraz widoczny na **rysunku 4**.

Praca układu zaczyna się od ustawienia w stan wysoki sygnału **ManualRequest** w setnej mikrosekundzie. Wysyłanych jest pięć bajtów, a początek każdego z nich wyznacza krótka szpilka stanu wysokiego na sygnale **ByteTransmitRequest**, który jest tym samym, czym był **Start_i** w module **UartTx**. Dla zwiększenia czytelności zaznaczono te przebiegi kolorem żółtym.

Zwróć uwagę na zmienne **Pointer** testbencha oraz **Data_i** modułu **UartTx**. Widzimy, jak kolejne bajty komunikatu „Hello” odczytywane są z pamięci i trafiają na wejście danych.

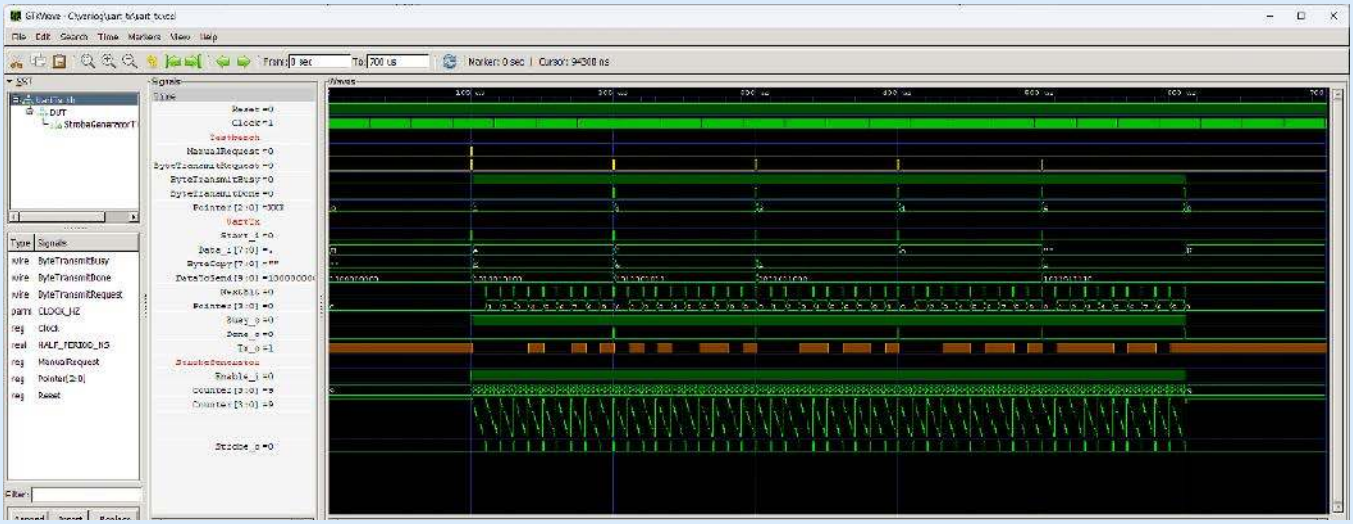
Przyjrzyjmy się bliżej procesowi wysyłania pojedynczej ramki. Wyjście **Tx** zostało zaznaczone kolorem pomarańczowym. Zwróć uwagę na sygnał **NextBit** modułu **UartTx**. Ustawienie go w stan wysoki powoduje inkrementację zmiennej **Pointer** w **UartTx**, a to pociąga za sobą zmianę bitu na wyjściu **Tx_o**.

```
@echo off
iverilog -o uart_tx.o uart_tx.v uart_tx_tb.v strobe_generator_ticks.v
vvp uart_tx.o
del uart_tx.o
```

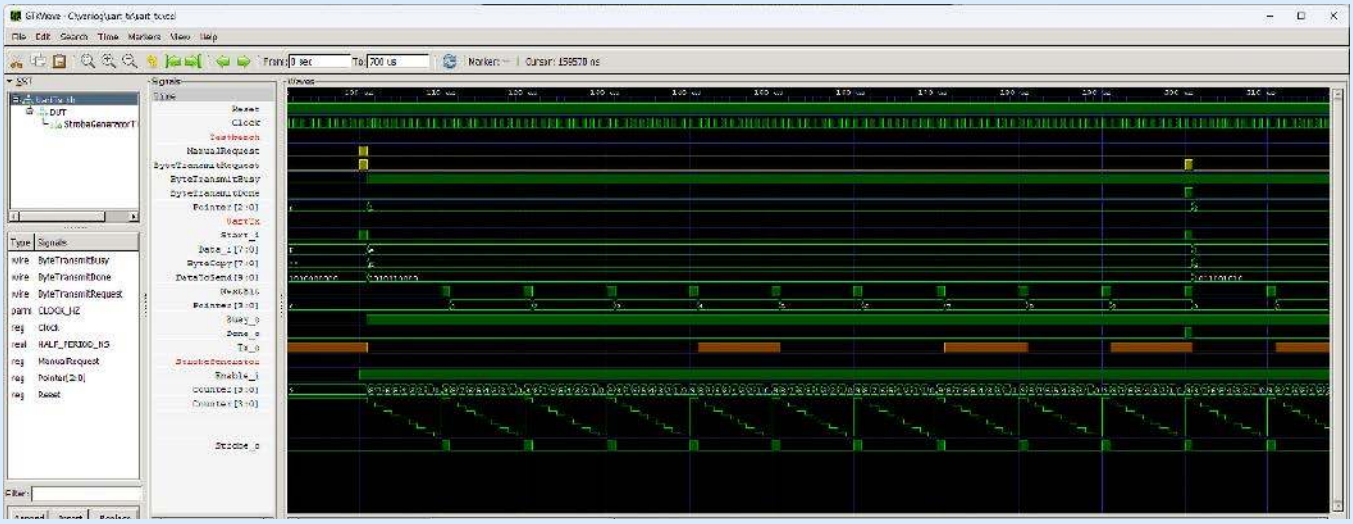
Listing 4. Kod skryptu uart_tx.bat

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 4. Przebiegi uzyskane podczas symulacji



Rysunek 5. Zbliżenie na symulację przesyłania pierwszego bajtu

```
VCD info: dumpfile uart_tx.vcd opened for output.
===== START =====
Clock:           1000000
Baud rate:        100000
Ticks per bit:        10
   100.000us Transmitting byte 0: H
   200.000us Transmitting byte 1: e
   300.000us Transmitting byte 2: l
   400.000us Transmitting byte 3: l
   500.000us Transmitting byte 4: o
====== END ======
uart_tx_tb.v:94: $finish called at 700000 (1ns)
```

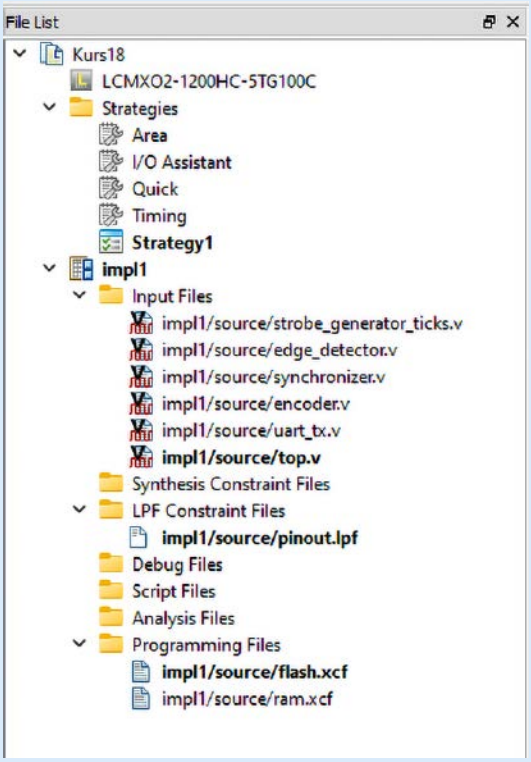
Listing 5. Wynik symulacji na konsoli

Moduł top

Czas na ćwiczenia z prawdziwym FPGA. Utworzymy prosty projekt przy użyciu płytki MachXO2 Mega oraz User Interface Board. Wykorzystamy przycisk enkodera obrotowego E41. Po jego wciśnięciu zostanie uruchomiony komunikat „Hello” poprzez nadajnik UART, a jego wyjście wyprowadzimy na jeden z pinów złącza goldpin, dostępnego na płytce. Należy ten pin podłączyć z dowolnym konwerterem UART/USB opartym np. na układzie FT232RL, CP2102, CH340 lub innym. Zakładam, że Czytelnik ma w zanadrzu jakiś konwerter tego typu. Ponadto wyprowadzimy sygnał **Busy** na inny pin złącza goldpin, aby obserwować go na oscyloskopie.

Po utworzeniu nowego projektu dodaj do niego pliki widoczne na **rysunku 6**. Wszystkie pliki z modułami, z wyjątkiem top, omawiane były już wcześniej. Możesz pobrać je z linków 1 i 2 na końcu artykułu.

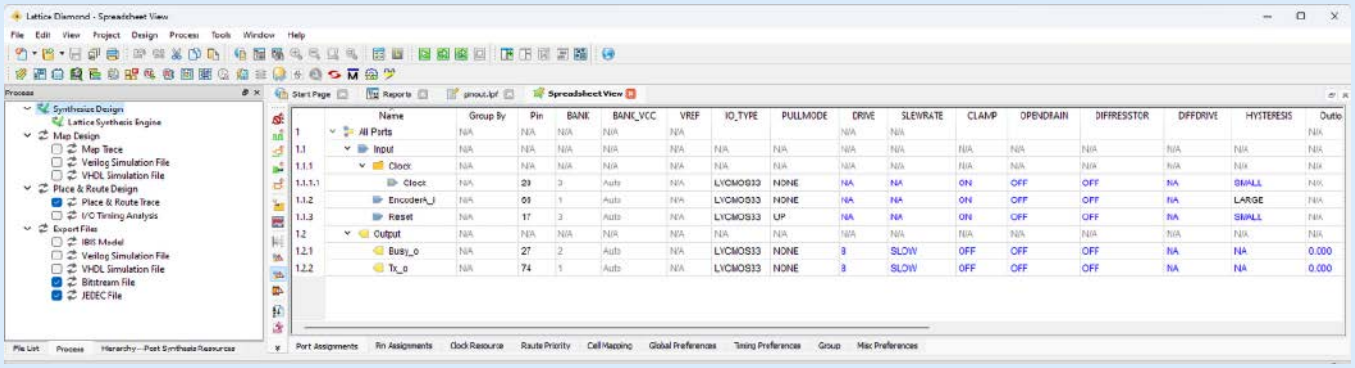
Kod modułu top pokazano na **listingu 6**. W gruncie rzeczy jest on bardzo podobny do kodu testbencha. Istnieje jednak pewna spora



Rysunek 6. Lista plików projektu

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 7. Konfiguracja pinów układu FPGA

```
// Plik top.v

`default_nettype none
module top(
    input  wire Clock,         // Pin 20 (Zegar 25MHz)
    input  wire Reset,         // Pin 17 (Przycisk K0)
    input  wire EncoderA_i,    // Pin 66 (Przycisk enkodera E41)
    output wire Tx_o,          // Pin 74 (Oznaczenie Tx na złączu)
    output wire Busy_o         // Pin 27 (Oznaczenie SPI-CS)
);

    parameter CLOCK_HZ = 25_000_000;                    // 1

    // Wykrywanie zbocza przycisku
    wire ManualRequest;
    Encoder EncoderA(
        .Clock(Clock),
        .Reset(Reset),
        .AsyncA_i(1'b1),
        .AsyncB_i(1'b1),
        .AsyncS_i(EncoderA_i),
        .Increment_o(),
        .Decrement_o(),
        .ButtonPress_o(ManualRequest),
        .ButtonRelease_o(),
        .ButtonState_o()
    );

    // Wiadomość do wysłanie
    reg [7:0] Memory [0:7];
    initial begin
        Memory[0] = "H";
        Memory[1] = "e";
        Memory[2] = "l";
        Memory[3] = "l";
        Memory[4] = "o";
        Memory[5] = " ";
        Memory[6] = 8'd0;
        Memory[7] = 8'd0;
    end

    // Zmienne
    wire ByteTransmitBusy;
    wire ByteTransmitDone;

    // Wskaźnik do bajtu pamięci, który ma zostać
    // wysłany w następnej kolejności
    reg [2:0] Pointer;
    always @(posedge Clock, negedge Reset) begin
        if(!Reset) begin
            Pointer <= 0;
        end else if(ManualRequest || ByteTransmitDone) begin
            Pointer <= Pointer + 1'b1;
        end else if(!ByteTransmitBusy) begin
            Pointer <= 0;
        end
    end

    wire ByteTransmitRequest = ManualRequest ||
        (ByteTransmitDone && (Memory[Pointer] != 8'd0));

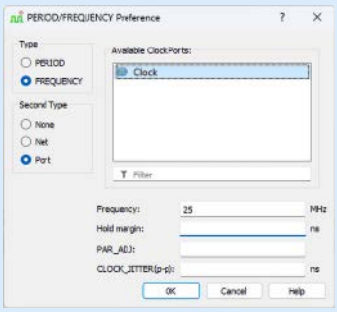
    // Instancja nadajnika UART
    UartTx #(
        .CLOCK_HZ(CLOCK_HZ),
        .BAUD(115_200)                                  // 2
    ) UartTx_inst(
        .Clock(Clock),
        .Reset(Reset),
        .Start_i(ByteTransmitRequest),
        .Data_i(Memory[Pointer]),
        .Busy_o(ByteTransmitBusy),
        .Done_o(ByteTransmitDone),
        .Tx_o(Tx_o)
    );

    assign Busy_o = ByteTransmitBusy;

endmodule

`default_nettype wire
```

Listing 6. Kod pliku top.v



Rysunek 8. Konfiguracja wejścia zegarowego

różnica między tym modułem **top** a opracowanymi w poprzednich odcinkach kursu. Tym razem, zamiast generatora RC wbudowanego w strukturę FPGA, korzystać będziemy z zewnętrznego generatora kwarcowego. Jego wyjście doprowadzone jest do pinu 20 układu FPGA.

Zmiana ta podyktowana jest koniecznością użycia precyzyjnego źródła sygnału zegarowego podczas użytkowania UART. Zgodnie z dokumentacją **MachXO2 Family Data Sheet** wbudowany generator ma tolerancję częstotliwości ±6,5%, a wypełnienie sygnału prostokątnego może się zmieniać od 43% do 57%. To bardzo słabe parametry. Takiego generatora można użyć do multipleksowania wyświetlacza LED, a nie do taktowania nadajnika UART. Z tego powodu na płytce MachXO2 Mega dostępny jest precyzyjny generator kwarcowy o częstotliwości 25 MHz. Pamiętaj, by parametr **CLOCK_HZ** ustawić na 25_000_000, a nie 14_000_000, jak w poprzednich odcinkach kursu (linia 1).

Kolejna ważna różnica między modułem top a testbenchem to prędkość transmisji nadajnika. W linii 2 ustawiamy ją na 115200 bitów na sekundę.

Uruchamiamy syntezator, a następnie otwieramy narzędzie Spreadsheet. Konfigurujemy piny układu FPGA w sposób zaprezentowany na **rysunku 7**.

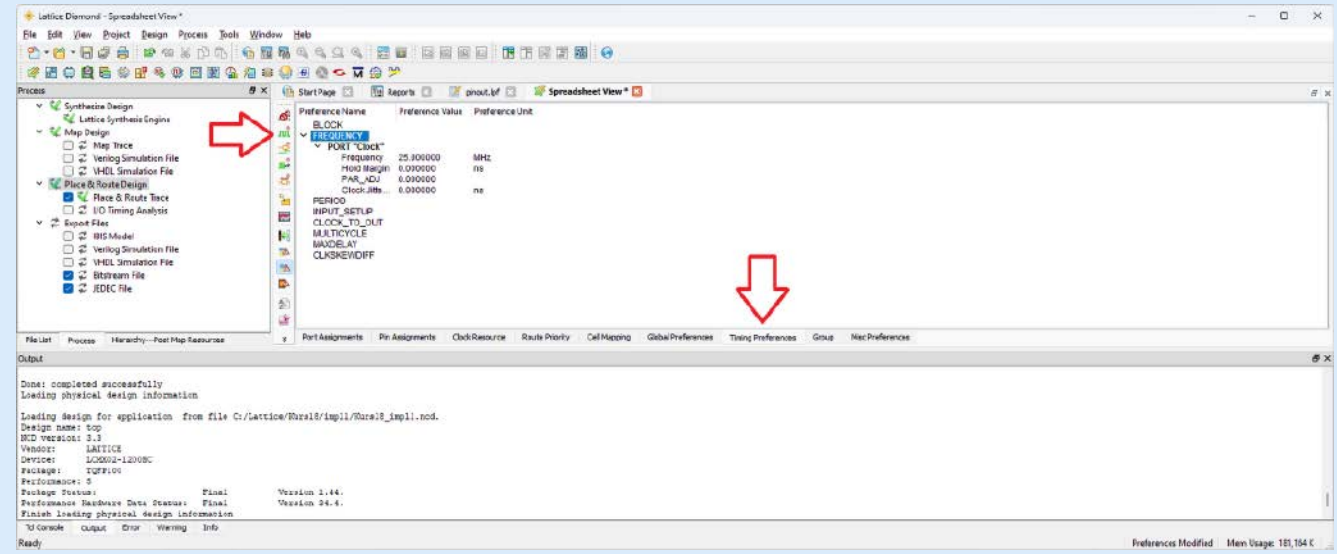
Teraz pojawi się nowość. Używamy zewnętrznego źródła zegara, więc powinniśmy poinformować Lattice Diamond, jaka jest częstotliwość sygnału zegarowego dostarczonego do pinu wejściowego. Na dole okna Spreadsheet znajdują się różne zakładki. Wybieramy zakładkę **Timing Preferences**. Klikamy przycisk **PERIOD/FREQUENCY Preference**, który znajduje się na drugiej pozycji od góry w pionowym pasku narzędzi po lewej stronie (zaznaczony strzałką na **rysunku 8**). Pojawi się okienko konfiguracji wejścia zegarowego. Wszystkie opcje należy ustawić w taki sposób, jak to pokazano na rysunku 8.

Po kliknięciu OK wracamy do Spreadsheet i powinniśmy zobaczyć widok identyczny z tym z **rysunku 9**.

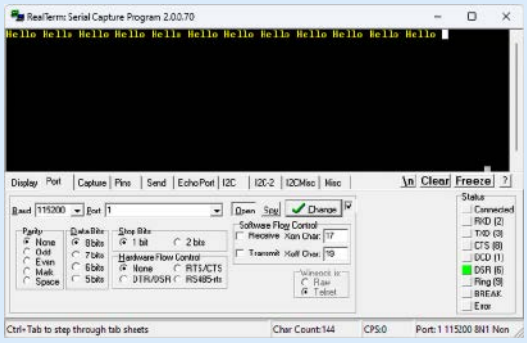
Zapisujemy, generujemy bitstream i wgrywamy do FPGA. Otwieramy dowolny terminal, np. Putty, RealTerm lub jakikolwiek inny. Port szeregowy konfigurujemy na prędkość 115200, 8 bitów danych, brak bitu parzystości i 1 bit stopu. Po wciśnięciu enkodera powinien pojawić się napis „Hello" – tak jak to pokazano na **rysunku 10**.

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 11da584bde



Rysunek 9. Timing Preferences w Spreadsheet



Rysunek 10. Demonstracja działania układu z wykorzystaniem programu RealTerm



Rysunek 11. Zrzut ekranu z oscyloskopu

Na zakończenie podłączmy jeszcze oscyloskop do pinów **Tx** oraz **Busy**, aby zobaczyć, jak w rzeczywistości wyglądają te sygnały. Obraz z oscyloskopu prezentuje **rysunek 11**. Przypatrz się końcówce zarejestrowanych sygnałów. Sygnał **Tx** przechodzi ze stanu niskiego w wysoki i pozostaje w nim do końca, a sygnał Busy zmienia swój stan dopiero chwilę później. Czy potrafisz wytłumaczyć to zjawisko?

W tym odcinku nauczyliśmy się wysyłać dane przez UART. W kolejnym zobaczymy, jak zbudować odbiornik. Przyda się nam on jeszcze wielokrotnie w nadchodzących odcinkach!

Dominik Bieczyński
leonow32@gmail.com

REKLAMA



Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 11da584bde

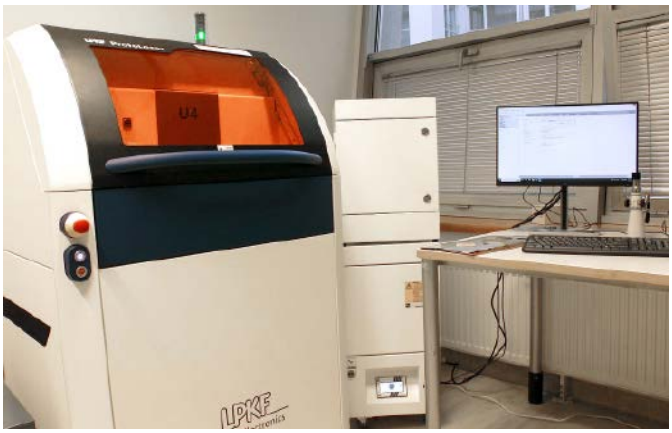
koktajl niusów

Firma Orange przyspiesza prace związane z wyłączaniem sieci 3G



Po dokonanym w maju 2023 roku wyłączeniu w okolicach Słupska i Koszalina, przychodzi czas na następne obszary. We wrześniu 2024 roku firma Orange wyłączy sieć 3G w rejonie Bydgoszczy, Torunia oraz Włocławka. Już teraz warto upewnić się, czy posiadany przez nas sprzęt jest przygotowany na tę technologiczną zmianę. W miejsce wygaszanej sieci 3G operator planuje uruchomić sieć 4G. Jest to oczywista, wręcz naturalna kolej rzeczy, która wynika wprost z cyklu życia technologii. Tylko w ten sposób można sprostać wzrastającemu z roku na rok ruchowi sieciowemu i wynikającym z niego potrzebom użytkowników. Poprzez wyłączenie sieci 3G i refarming rozszerzony zostanie zasięg LTE oraz – docelowo – ulegnie poprawie jakość świadczonych usług. Jednak aby z nich korzystać, użytkownik musi mieć telefon oraz kartę SIM, które współpracują z siecią 4G i obsługują technologię VoLTE. Wszystkie niezbędne informacje widnieją na oficjalnej stronie internetowej traktującej o wygaszaniu sieci 3G w Orange. Warto przekazać tę informację osobom, które nie są na bieżąco z newsami technologicznymi.

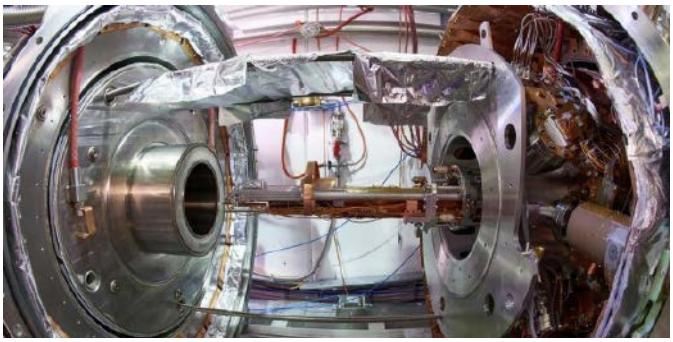
https://tiny.pl/dtfnx



Nowy wymiar technologii elektronicznej – unikatowe urządzenie ProtoLaser U4 firmy LPKF Laser & Electronics w zasobach Akademii Górniczo-Hutniczej (AGH)

Ważący około tony system jest wyspecjalizowany w wykonywaniu płytek drukowanych, przeznaczonych do różnych urządzeń elektronicznych. Występujący w urządzeniu, naprowadzany optycznie laser ProtoLaser U4 charakteryzuje długość fali 355 nm, w praktyce zapewniająca wysoką jakość wytwarzania obwodów drukowanych. Gwarantowana jest również precyzyjna obróbka określonych grup materiałów, bez stosowania dodatkowych narzędzi czy odczynników chemicznych. Przez blisko 5 dni na terenie AGH trwały procesy: montażu i konfiguracji urządzenia ProtoLaser U4 oraz przeszkolenia pracowników na okoliczność jego obsługi. Zakupione urządzenie jest rozwiązaniem odznaczającym się niezwykłą precyzją działania oraz możliwością pracy na specjalistycznych podłożach, w coraz mniejszych wymiarach. Za sprawą ProtoLaser U4 wszelkie naukowe projekty mogą z łatwością przejść na o wiele wyższy poziom szczegółowości oraz precyzji. Dokonywany za pośrednictwem ProtoLaser U4 proces drukowania płytek PCB trwa maksymalnie godzinę, choć poprzedzają go kilkuetapowe przygotowania. Zarówno oprogramowanie urządzenia, jak i sama konstrukcja są niezwykle przyjazne w obsłudze. Zakupione rozwiązanie pozwala na produkowanie m.in. obwodów mikrofalowych o istotnie małych rozmiarach, które operują w paśmie do 100 GHz. Obecnie niewiele instytucji w Polsce może pochwalić się posiadaniem tego typu urządzenia w swoich zasobach. Jest to prawdziwa elektroniczna gratka, która pozwala na tworzenie wyjątkowych konstrukcji – od zegarków i komputerów, po urządzenia komunikacyjne oraz wojskowe systemy uzbrojenia.

https://tiny.pl/dtfnt



Niebywały sukces naukowców w ramach projektu AEgIS

W ramach projektu AEgIS zespół naukowców zdołał schłodzić próbkę pozytonium za pomocą lasera i otworzyć tym samym drogę do wyjątkowych badań nad antymaterią. Celem eksperymentu AEgIS jest bardzo dokładne zmierzenie przyspieszenia, z jakim neutralny atom antywodoru spada w polu grawitacyjnym Ziemi, a także sprawdzenie i ewentualnie potwierdzenie tzw. słabej zasady równoważności (głoszącej, że swobodny spadek ciała zupełnie nie zależy od jego masy, składu struktury wewnętrznej itd.) w odniesieniu do obiektów zbudowanych z antymaterii. Żeby wygenerować antywodór, czyli pozyton krążący wokół antyprotonu, należy skierować wiązkę antyprotonów, stworzonych i spowolnionych w tzw. fabryce antymaterii, w stronę chmury pozytonowej – atomów złożonych z elektronów i pozytonów. Do powstania chmury dochodzi poprzez ulokowanie pozytonów w nanoporowatej krzemionce. Zwykle jeden na trzy pozytony stanowi pozytonium. Kiedy antyproton i pozyton spotykają się w chmurze pozytonium, oddaje ona własny pozyton antyprotonowi, tworząc antywodór. Taki sposób tworzenia antywodoru jest znakiem, że można przystąpić do badań nad pozytonium. Problemem jednak okazuje się jego bardzo krótki czas trwania – rozpada się bowiem na kwanty gamma w ciągu 142 nanosekund. Pomimo tej wady, jego prosta budowa sprawia, że pozostaje atrakcyjny badawczo, pozwala bowiem na poszukiwanie nowych zjawisk fizycznych ze znaczącą precyzją. Realizacja tego celu wymaga jednak nadzwyczajnego chłodzenia próbki pozytonium. Sukces naukowców polega na zmniejszeniu temperatury takowej próbki z 380 do 170 K. Do tego celu badacze użyli szerokopasmowego lasera, umożliwiającego schłodzenie większej części

eprasa.pl 11da584bde

próbki. W rezultacie możliwe staje się dalsze prowadzenie badań, które docelowo mają dać szansę na prowadzenie wysoce precyzyjnych pomiarów układów „materia-antymateria", co stwarza potencjał do określenia zasad nowej fizyki. W dalszej perspektywie eksperyment AEgIS może skutkować wytworzeniem lasera promieniowania gamma – nowego narzędzia, które w przyszłości posłuży do realizacji badań podstawowych oraz aplikacyjnych.

https://tiny.pl/dtfnc



Kluczowa stacja elektroenergetyczna na Pomorzu Zachodnim zostanie rozbudowana

Mowa tu o stacji elektroenergetycznej Dunowo, znajdującej się w pobliżu Koszalina. W dniu 23.02.2024 r. Polskie Sieci Elektroenergetyczne (PSE) podpisały z wykonawcą inwestycji umowę na rozbudowę tej stacji. Za realizację przedsięwzięcia będzie odpowiedzialna firma SPIE Elbud Gdańsk. Prace rozpoczną się jeszcze w tym roku. Obecnie do stacji elektroenergetycznej Dunowo doprowadzone są linie przesyłowe 400 kV ze stacji Słupsk i Morzyczyn pod Szczecinem. W ramach planowanej rozbudowy obiekt zostanie przystosowany do połączenia z nowymi liniami 400 kV, ze stacji: Żydowo Kierzkowo oraz Piła Krzewina. Do najważniejszych etapów inwestycji należy wymiana wyeksploatowanych urządzeń, a także stworzenie stanowiska dla nowego autotransformatora. Rozbudowa stacji elektroenergetycznej Dunowo jest częścią programu, którego realizacja ma na celu przyrost niezawodności dostaw energii elektrycznej w północnej części Polski oraz wyprowadzenie mocy z odnawialnych, ekologicznych źródeł energii (OZE), w tym z morskich farm wiatrowych. Wartość zaplanowanej inwestycji wynosi 171 127 072,00 zł zł netto. Jeśli wszystko się powiedzie, rozbudowa stacji elektroenergetycznej Dunowo powinna się zakończyć już w 2027 roku – jest to termin z założenia nieprzekraczalny.

https://tiny.pl/dtfn1



Grupa ZF prezentuje nowy system inteligentnych pasów bezpieczeństwa

Dzięki nowemu systemowi pasów bezpieczeństwa, Grupa ZF umożliwia znacząco lepsze dostosowanie siły napięcia pasów do rozmiaru i masy ciała osób podróżujących w pojazdach. Dostępny w systemie wielostopniowy ogranicznik obciążenia (z ang. Multi-Stage Load Limiter, MSLL) odpowiedzialny jest przede wszystkim za wygodną regulację systemu. Pomaga on ograniczać skutki wypadków, umożliwiając producentom modeli samochodów spełnienie zwiększonych wymagań NCAP Roadmap 2030. Innowacyjne podejście do systemu inteligentnych pasów bezpieczeństwa Grupy ZF polega nie tylko na indywidualnych opcjach sterowania elementami, lecz także na możliwości interakcji z innymi systemami bezpieczeństwa w aucie. Tym sposobem pasy bezpieczeństwa obecne w systemie stają się inteligentnym, łatwo sterowanym rozwiązaniem. Z myślą o zapewnieniu wyższej elastyczności, Grupa ZF oferuje napinacz pasa z przełączanym ogranicznikiem obciążenia (MSLL). Wyróżnia go wielostopniowa konstrukcja; ponadto może on dobierać wartość siły, z jaką system przytrzymuje pasażera w czasie zderzenia. Opisywany ogranicznik zapewnia osobom o drobniejszej budowie ciała idealnie dostosowaną ochronę w razie wypadków o umiarkowanej intensywności (z prędkością uderzenia do 35 km/h). Dotyczy to w szczególności dzieci podróżujących na tylnym siedzeniu auta. Osoby starsze, które narażone są na głębsze czy poważniejsze ryzyko obrażeń ze względu na m.in. zmienioną strukturę kości, także mogą bezpiecznie korzystać z ogranicznika MSLL. Jest to niepowtarzalne rozwiązanie, gwarantujące (w każdym wariancie) wysokie bezpieczeństwo pasażerów o dużej masie, jeśli dojdzie do wypadku generującego wysokie przeciążenie (przy prędkości uderzenia powyżej 56 km/h). Dostarczany przez Grupę ZF system umożliwia właściwe reagowanie na osoby o różnym wzroście oraz dogodne sterowanie siłami pasów. Wszystko to ma na celu spełnienie wymagań NCAP Roadmap 2030, które z założenia mają okazywać się surowsze względem wymogów obowiązujących w ostatnich latach.

https://press.zf.com/press/pl/releases/release_65538.html



Oldschoolowy wzmacniacz stereo WSH-805 firmy Unitra o konstrukcji dual-mono

Inspiracją do wytworzenia wzmacniacza WSH-805 był legendarny wzmacniacz Unitra WSH-205 – paradoksalnie mało znany w Polsce, ponieważ (ze względu na wysoką jakość) w praktyce produkowany był na eksport. Jest to tak naprawdę analogowe rozwiązanie pozbawione cyfrowego przetwarzania sygnałów, które mogłoby wyłącznie pogorszyć oryginalne brzmienie zapisu audio. Zarówno kanał lewy, jak i kanał prawy wzmacniane są oddzielnie, a gwarantowany poziom separacji między nimi przekracza 100 dB. W celu zapewnienia odpowiedniej jakości dźwięku wszystkie kanały audio wyposażone zostały w osobne przedwzmacniacze i wzmacniacze mocy. Dostępny we wzmacniaczu stereo WSH-805 oryginalny blok mocy pracuje na precyzyjnych układach dyskretnych. Istnieje możliwość zmiany klasy wzmacniacza A na klasę AB, przy użyciu dedykowanego przełącznika na panelu frontowym. Zapewniana jest dobra, równomierna charakterystyka sprzężenia zwrotnego w funkcji częstotliwości, która przekłada się na współczynniki: THD poniżej 0,0008%, a także IMD do 0,0015%. Unikalny zestaw wejść RCA i para zbalansowanych wejść XLR umożliwiają proste podłączanie wielu źródeł sygnału audio w sposób minimalizujący wpływ

eprasa.pl 11da584bde

zakłóceń od źródła do wzmacniacza. Przewidziano także specjalny przedwzmacniacz gramofonowy z 2 trybami pracy: MM oraz MC, w celu bezproblemowego podłączenia każdej dostępnej na rynku wkładki gramofonowej. Niskoimpedacyjny wzmacniacz słuchawkowy umożliwia z kolei łatwe podłączanie słuchawek klasy Hi-End, by pracowały w optymalnych dla siebie warunkach. To wszystko poprawia precyzję stereofonii i wznosi ją na poziom, który jest rzadko osiągany w segmencie wzmacniaczy zintegrowanych. Rozwiązanie takie stwarza również możliwość wyboru pomiędzy maksymalną głośnością a maksymalną liniowością pracy. Oldschoolowy wzmacniacz stereo WSH-805 dostępny jest w kolorze białym albo czarnym. Bez wątpienia z tym produktem każdy sygnał audio staje się silny, a zarazem niezwykle klarowny.

https://tiny.pl/dtfnk



Najszybsze ładowarki ABB wzmocnią sieć Shell Recharge w Polsce

Shell Recharge to nazwa sieci stacji ładowania pojazdów elektrycznych (EV), które koncern Shell uruchomił pod własnym szyldem w ponad 30 krajach na obszarze Europy. Wkrótce ładowarki koncernu staną się powszechne również w Polsce. Firma postawiła na jedne z najszybszych urządzeń dostępnych na rynku, tj. modele Terra 360 od ABB. Do tej pory zamówiono 15 takich ładowarek, z czego trzy zostały już ustawione w Radomsku (woj. łódzkie) oraz w Trzciance i Sękocinie Starym (woj. mazowieckie). Dzięki zastosowaniu złącza CCS 2 ładowarka Terra 360 jest w stanie doładowywać, przy pełnej mocy, samochód na kolejne 100 km jazdy w niespełna 3 minuty (w zależności od modelu auta i typu akumulatora). Urządzenia te zapewniają ułatwienia dla osób niepełnosprawnych, takie jak np. nisko umiejscowione kielichy oraz duży, czytelny wyświetlacz. Wyposażono je także w system zdalnego monitorowania oraz diagnostyki online, który usprawnia działania serwisowe i podwyższa dostępność ładowarek. Docelowo w ramach sieci Shell Recharge urządzenia mają dostarczać moc wyjściową w zakresie 100...360 kW. Według zapowiedzi firmy ładowarki Terra 360 będą obecne nie tylko przy stacjach benzynowych – koncern Shell zainteresowany jest również takimi lokalizacjami, jak np. centra handlowe.

https://tiny.pl/dtfn2

Tworzywo SORPLAS w produktach firmy Sony

Historia tworzywa SORPLAS rozpoczęła się prawie 20 lat temu. Wówczas firma Sony uruchomiła badania nad możliwością produkowania nowego surowca – z odpadów, które stanowią określone tworzywa sztuczne. Pod względem właściwości użytkowych tworzywo SORPLAS dorównuje plastikom z surowców pierwotnych i nie ulega nadmiernej degradacji zaraz po ponownym przetworzeniu. Powstaje m.in. z używanych butelek na wodę i zużytych dysków optycznych, znajdując zastosowanie w rozwiązaniach Sony lub innych producentów. Odznacza się przy tym wysoką wytrzymałością i estetycznym wyglądem. Jest trudnopalne i zachowuje stałą jakość przez długi czas. Dzięki wysokiej jakości wykończenia może być stosowane do produkcji szeregu elementów zewnętrznych współczesnych urządzeń



komercyjnych. Fakt, że producent tworzywa priorytetowo potraktował kwestię wytrzymałości i trwałości (w porównaniu z tworzywami pierwotnymi), pozwala wytwarzać z materiału SORPLAS kluczowe elementy wewnętrzne. Tworzywo firmy Sony wyróżnia się pięknym połyskiem oraz wysoką odpornością na ścieranie. Dzięki wykorzystaniu żywic materiał ten znalazł praktyczne zastosowanie np. w obudowach telewizorów BRAVIA i niektórych aparatach cyfrowych, bez pogorszenia ich funkcjonalności.

https://www.sony.pl/electronics/sorplas-recycled-plastic



Nadchodzą cyfrowe paszporty produktów – na początku obejmą elektronikę

Już w 2026 roku w całej Unii Europejskiej wdrożone zostaną tzw. cyfrowe paszporty produktów (ang. DPP, tj. Digital Product Passport). Jak oceniają eksperci, będzie to rewolucyjne rozwiązanie, które jednoznacznie udokumentuje całą podróż produktu. Cyfrowy paszport będzie zestawem danych pozwalających na szybką identyfikację danego produktu z pomocą unikatowego identyfikatora, który ma być dostępny w formie elektronicznego nośnika danych – np. kodu QR i kodu kreskowego. W ramach paszportu, który zacznie obowiązywać od 2026 roku, udostępniane będą m.in. informacje dotyczące zrównoważonego rozwoju, obiegu zamkniętego, regeneracji oraz recyklingu. Nowa formuła pozwoli nie tylko na poznanie składu i pochodzenia poszczególnych elementów, ale także na sprawdzenie danych dotyczących podzespołów oraz półproduktów. Zgodnie zamierzeniami UE paszporty DPP obejmą zarówno towary wyprodukowane w krajach członkowskich (w tym w Polsce), jak i pochodzące z importu.

https://tiny.pl/dtfn3

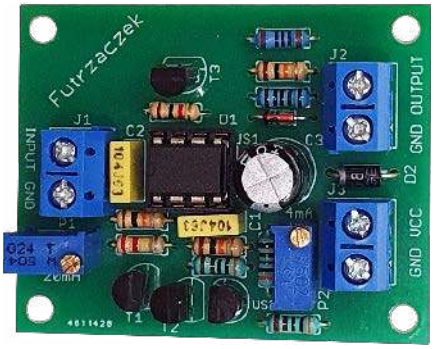
Jakub Tyburski
jakub.tyburski@elportal.pl

eprasa.pl 11da584bde

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 5/2024

Konwerter napięcia stałego na pętlę prądową 4...20 mA

Pętla prądowa 4…20 mA to przemysłowy standard transmisji analogowej oferujący wiele istotnych zalet: wysoką odporność na zakłócenia, niewrażliwość na długość połączeń (w szerokim zakresie) czy też łatwość detekcji ewentualnych uszkodzeń na liniach sygnałowych. Wyspecjalizowane, certyfikowane moduły do konwersji napięcia stałego na pętlę prądową potrafią kosztować krocie. Czy da się problem rozwiązać prościej i – co najważniejsze – dużo taniej? Tak! Odpowiedź stanowi prezentowany moduł, wykonany w oparciu o popularne i niedrogie układy scalone oraz garść elementów dyskretnych.



cMeter – przenośny miernik pojemności

W artykule prezentujemy prosty, mikroprocesorowy miernik pojemności, będący doskonałym uzupełnieniem amatorskiego warsztatu elektronicznego. Konstrukcja urządzenia bazuje na mikrokontrolerze ATtiny44 i oferuje zaskakująco dobre parametry metrologiczne: umożliwia pomiar pojemności w przedziale od 0,1 pF do 999 µF w sześciu zakresach: 100 pF, 1000 pF, 100 nF, 1000 nF, 100 µF oraz 1000 µF, i zapewnia dokładność na poziomie 2%. Zoptymalizowana konstrukcja oraz oprogramowanie pozwalają na pracę urządzenia przez nawet 6 miesięcy przy zasilaniu z pojedynczej baterii typu AAA.



Temat numeru: Elektronika – uczelnie i kierunki

Elektronika jest bez wątpienia jednym z najbardziej przyszłościowych kierunków rozwoju – nic więc dziwnego, że studia w tym zakresie od lat cieszą się niesłabnącą popularnością wśród przyszłych inżynierów. Nie zaskakuje także fakt powstawania całkowicie nowych kierunków, skierowanych na szczególnie obiecujące obszary technologii, w tym m.in. systemy IoT czy też rozwiązania oparte na implementacji algorytmów sztucznej inteligencji (AI). W majowym numerze „Elektroniki Praktycznej” przyglądamy się najciekawszym propozycjom z oferty dydaktycznej publicznych szkół wyższych z całego kraju.

Elektronika w praktyce: Czujniki obrazu i przestrzeni

Zmysł wzroku, umożliwiający odbiór bodźców optycznych w (stosunkowo wąskim) paśmie widma elektromagnetycznego stanowi jeden z fundamentalnych elementów neuroanatomii człowieka. W przypadku urządzeń elektronicznych rolę oczu odgrywają rozmaite czujniki obrazu. Co ciekawe, o ile wciąż nie jesteśmy w stanie odtworzyć najdoskonalszej kamery – czyli ludzkiego oka – o tyle w niektórych obszarach aplikacyjnych dostępne rozwiązania znacznie przewyższają nasze możliwości, bowiem nie tylko wykraczają poza spektrum widzialne, ale pozwalają także na obrazowanie odległości w sposób całkowicie dla nas nieosiągalny. W artykule prezentujemy najciekawsze rozwiązania z zakresu czujników obrazu (2D) i przestrzeni (3D), bazujące na najnowocześniejszych technologiach mikroelektronicznych.

Temat specjalny: Minikomputery SBC i moduły SoM

Minikomputery jednopłytkowe oraz „komputerowe” moduły SoM (System-on-Module) napędzają wiele obszarów współczesnej technologii, umożliwiając relatywnie prostą i szybką realizację nawet najbardziej zaawansowanych systemów wbudowanych. Rozwój tego segmentu rynku elektroniki jest ściśle związany z postępem w dziedzinie szybkich, niezwykle wydajnych procesorów aplikacyjnych, a powiązanie to jest dwukierunkowe – rynek SBC/SoM jest napędzany przez wdrażanie coraz lepszych procesorów, zaś ich dostępność dodatkowo podgrzewa atmosferę na arenie producentów minikomputerów. W majowym numerze EP dokonamy przeglądu najświeższych trendów w tym interesującym i niezwykle zróżnicowanym obszarze technologicznym.

Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK 39
ARTRONIC 59
BORNICO 57
COMPUTER CONTROLS 9
ELMAX 91
HAMMOND 7
LASTENIC LASER 29
MICROS 17
PCBWAY 47, 108
SEMICON 89

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:
Przemysław Musz

Redaktor Programowy, Przewodniczący Rady Programowej:
Piotr Zbysiński

Menedżer Magazynu:
Katarzyna Gugała, tel. 22 257 84 64

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Jakub Sobański

Zespół marketingu i reklamy:
Katarzyna Gugała, Bożena Krzykawska, Grzegorz Krzykawski, Grzegorz Lalak

Stali współpracownicy:
Lucjan Bryndza, Nikodem Czechowski, Jarosław Doliński, Andrzej Gawryluk, Krzysztof Górski, Tomasz Jabłoński, Paweł Kowalczyk, Henryk Kowalski, Rafał Kozik, Michał Kurzela, Szymon Panecki, Adam Sobczyk, Damian Sosnowski, 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, okładka, redakcja strony internetowej www.ep.com.pl:
MAD Sp. z o.o.

Prenumerata w Wydawnictwie AVT
www.ulubionykiosk.pl lub tel. 22 257 84 22 (godz. 10.00–14.00)
e-mail: prenumerata@avt.pl

Prenumerata w RUCH S.A.
www.prenumerata.ruch.com.pl
lub tel. 801 800 803, 22 717 59 59
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl

Copyright AVTKorporacja 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 11da584bde

PCBWay



DOSTĘPNE

- KRÓTKIE CZASY REALIZACJI
- NAJWYŻSZEJ JAKOŚCI
- OBWODY DRUKOWANE
- WSPARCIE DLA KLIENTÓW 24/7
- PROSTY I BEZPROBLEMOWY PROCES ZAMÓWIEŃ

O PCBWAY:

PCBWay to dostawca usług w zakresie produkcji płytek drukowanych, montażu PCB oraz integracji produktów końcowych.

W czasie ponad 10 lat rynkowej obecności firma osiągnęła czołową pozycję w branży.

Adres URL:
www.pcbway.com

Poczta:
service@pcbway.com

eprasa.pl 11da584bde