

USŁUGI KONTRAKTOWE EMS

www.ep.com.pl

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA + FTP

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● Lipiec ● 7/2020 ●

ELEKTRONIKA
PRAKTYCZNA

EP W TOKU
NA EP.COM.PL

tylko Prenumeratorzy
mają dostęp do artykułów przed ich publikacją w EP

inspirujące, użyteczne projekty

Inteligentna rękawiczka dla rowerzystów • Sterownik taśm LED RGBW zgodny z HomeKit • Wielokanałowy mikrofon cyfrowy • 1-Wire Emulator & Skaner • Czujnik światła z układem APDS9930 • Minimoduły cyfrowego audio • Sterownik wyświetlacza matrycowego LED • Ekspander HAT dla CM3+

podzespoły, sprzęt, aplikacje

Compute Module – czyli nie taki SoM straszny • Palcem po prądzie, czyli o przełącznikach i przyciskach • Klawiatury – budowa i parametry • Klawiatury w sprzęcie medycznym • Wyższy poziom integracji • SHORTRON Connect – mały i mocny • Micros – Twój dostawca przycisków i przełączników

tutoriale

FPGA w systemach DSP – przykład aplikacji zestawu Eclipse Z7 • Kompleksowa produkcja elektroniki dla producentów zaawansowanych urządzeń elektronicznych • Symulacja i pomiar czyli LTspice i Analog Discovery 2 w rękach konstruktora. LTspice jako narzędzie przydatne w obliczeniach transmitancji • Jak napisać aplikację mobilną poprzez UART • Pomiar degradacji rezystorów po zastosowaniu profilu termicznego

kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy. Pomiary czujnikami jakości gazu SGP30, SPGPC3 oraz dwutlenku węgla SCD30 firmy Sensirion • Eksperymenty z FPGA

PRZEŁĄCZNIKI, PRZYCISKI, KLAWIATURY

TEMAT NUMERU



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

ISSN 1230-3526 Indeks 357677



9 771230 352207

PRENUMERUJ!

Standardowe ceny prenumerat:

- roczna – 207,90 zł (1 wydanie gratis)
- dwuletnia – 340,20 zł (6 wydań gratis)

Po latach nawet ZA PÓŁ CENY!

Wieloletni Prenumerat po kilku latach nieprzerwanej prenumeraty zyskuje **DO 50% ZNIŻKI**. Jeśli prenumerujesz EP, wszystkie dane nt. swojej prenumeraty znajdziesz teraz po zalogowaniu na www.avt.pl/prenumerata. Co szczególnie ważne – znajdziesz tam również propozycje przedłużenia Twojej prenumeraty, które uwzględniają przysługujące Ci zniżki.



ELEKTRONIKA
PRAKTYCZNA

PREZENT

do każdej opłaconej
prenumeraty:
koszulka lub płyta

Prenumerata	bez zniżki lojalnościowej	ze zniżką lojalnościową, jeżeli prenumerujesz nieprzerwanie			
		od roku	od 2 lat	od 3 lat	od 5 lat
roczna	207,90 zł 1 wydanie gratis	189,00 zł 2 wydania gratis	170,10 zł 3 wydania gratis	151,20 zł 4 wydania gratis	
dwuletnia		340,20 zł 6 wydań gratis		283,50 zł 9 wydań gratis	226,80 zł 12 wydań gratis

E-prenumerata, czyli **NAJSZYBSZY DOSTĘP**

Uzyskaj dostęp do najnowszego numeru – nawet 5 dni przed ukazaniem się pisma w kioskach!

Prenumerata roczna wersji cyfrowej (PDF) kosztuje 151,00 zł (2 e-wydania gratis), dwuletnia – 271,80 zł (6 e-wydań gratis).

Prenumerat wersji drukowanej za równoległe e-wydania płaci jedynie 20% ceny: opłata za e-prenumeratę równoległą wynosi 36,20 zł/rok i 72,40 zł/2 lata.

Korzystaj też z innych **przywilejów PRENUMERATORA**

- **prezent** – każdorazowo opłacenie prenumeraty jest premiowane prezentem. W tym numerze są to do wyboru:
 - koszulka z logo EP (rozmiar: L, XL)
 - lub
 - płyta Corinne Bailey Rae „The Heart Speaks in Whispers”.
Zamów swój prezent mailowo – prenumerata@avt.pl.
- do 50% zniżki w Sklepie AVT (szczegóły na www.avt.pl/klub-elektronika)
- prenumeratorki mają od 30 do 50% zniżki na zakupy na www.UlubionyKiosk.pl (wystarczy podczas zamówienia powołać się na swój numer prenumeraty)
- jeśli zamawiasz prenumeratę drukowaną na www.avt.pl po raz pierwszy lub przedłużasz ją po zalogowaniu do swojego Panelu Prenumeratorki, otrzymasz kody rabatowe na bezpłatne pobranie e-wydań z oferty www.UlubionyKiosk.pl (szczegóły na www.avt.pl)

Zamów prenumeratę EP w dogodny sposób:

- na www.avt.pl • poprzez wpłatę na konto: AVT-Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, ING Bank Śląski 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013 • mailowo: prenumerata@avt.pl

Administratorem Twoich danych osobowych jest AVT-Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, prenumerata@avt.pl.

Przetwarzamy Twoje dane, aby móc wysłać Ci nasze czasopisma w formie drukowanej lub elektronicznej oraz inne towary (np. prezenty), a także w innych prawnie usprawiedliwionych celach, w tym marketingu bezpośredniego naszych produktów i usług (tzw. uzasadniony interes administratora). Podanie danych jest dobrowolne, ale niezbędne do zrealizowania zamówienia na prenumeratę.

Twoje dane osobowe przekazujemy Poczcie Polskiej, która dostarcza do Ciebie przesyłki. Bez Twojej zgody nie prześlemy i nie będziemy dokonywać obrotu (nie użyczymy, nie sprzedamy) Twoich danych osobowych innym osobom lub instytucjom. Twoje dane osobowe możemy przekazać jedynie podmiotom uprawnionym do ich uzyskania na podstawie obowiązującego prawa (np. sądy lub organy ścigania) – ale tylko na ich żądanie w oparciu o stosowną podstawę prawną. Będziemy przetwarzać Twoje dane osobowe przez 5 lat od zakończenia roku obrotowego, w którym wystąpiła ostatnia płatność. Dane osobowe do celów marketingowych będziemy przetwarzać do czasu wycofania przez Ciebie zgody na przetwarzanie lub do czasu usunięcia danych.

Informujemy, że masz prawo do żądania od administratora dostępu do Twoich danych, ich sprostowania, usunięcia, ograniczenia ich przetwarzania, wniesienia sprzeciwu wobec przetwarzania Twoich danych lub ich przenoszenia. W każdej chwili możesz odwołać zgodę na przetwarzanie Twoich danych osobowych oraz możesz zażądać, by Twoje wszystkie dane zostały przez nas usunięte.

Silicon is Dead

Spokojnie. Jeszcze długie lata elektronika półprzewodnikowa będzie się opierać na krzemie. Tylko w jednej dziedzinie sytuacja gwałtownie się zmienia. W szeroko rozumianej energoelektronice krzemowe elementy mocy – tranzystory MOSFET oraz IGBT, oddają pole podzespołom z węgla krzemu (SiC) oraz azotku galu (GaN). Są to tzw. półprzewodniki szerokopasmowe. Pasma zabronione, tj. przerwa energetyczna dzieląca pasmo walencyjne od pasma przewodnictwa, wynosi 3,2 eV w SiC oraz 3,4 eV w GaN , tj. ok. 3 razy więcej niż w Si (1,1 eV).

Od dziesiątków lat wiadano, że łączą się z tym istotne przewagi SiC i GaN nad Si w zastosowaniach do elementów mocy, gdyż szersze pasmo zabronione skutkuje większym napięciem przebicia złącza p-n oraz wyższą dopuszczalną temperaturą pracy. A ponieważ SiC i GaN biją Si jeszcze w dwóch właściwościach – większa przewodność cieplna i szerszy zakres częstotliwości pracy, dla fizyków było jasne, że układy skonstruowane na tranzystorach z tych materiałów będą mogły pracować nie tylko przy wyższych napięciach, ale też wyższych częstotliwościach i w lepszych warunkach odprowadzania ciepła. Oznacza to mniejsze wymiary i wyższą sprawność energetyczną układów zasilania, czyli to, co elektronika lubi najbardziej. Jedynym parametrem, którym broniły się elementy krzemowe, były ich niższe koszty. Jednak postęp w technologii elementów SiC i GaN doprowadził ostatnio do spadku ich cen, a więc ostatni szaniec obronny krzemu padł.

Teraz wydarzenia potoczą się szybko. Przewiduje się, że rynek podzespołów SiC i GaN będzie rósł w tempie ok. 30% rocznie i za 5 lat ok. 10% światowego rynku półprzewodników będą stanowiły elementy i układy z tych materiałów, gdyż ich aplikacje dotyczą najszybciej rosnących segmentów współczesnej cywilizacji technicznej. Są to przede wszystkim samochody elektryczne i hybrydowe, fotowoltaika i szybkie ładowarki smartfonów.

Wszystkie przełączniki mocy w układach zasilania, konwertery AC/DC oraz DC/DC będą konstruowane z elementów SiC i GaN .

Półprzewodniki

szerokopasmowe SiC i GaN zdominują elektronikę mocy

Korzyści z zastosowania półprzewodników szerokopasmowych są oczywiste, jeśli uwzględnimy podstawowe zalety tranzystorów FET, MOSFET, HEMT wytwarzanych z SiC lub GaN , w porównaniu do elementów krzemowych:

- częstotliwość pracy w zakresie megahercowym, kilkadziesiąt razy wyższym niż dla elementów krzemowych,
- około 10 razy mniejsza rezystancja dren-źródło w stanie włączenia,
- kilka razy wyższe napięcie przebicia.

Uwzględniając ponadto wyższą dopuszczalną temperaturę pracy i lepszą przewodność cieplną, otrzymujemy wyższą sprawność i znacznie mniejsze wymiary układów mocy.

Technologie SiC i GaN różnią się dość istotnie. O ile płytki SiC są wytwarzane z ciętych monokryształów SiC , o tyle elementy GaN wytwarza się w warstwach GaN osadzanych epitaksjalnie na „obcych” podłożach, tj. na płytkach Si lub SiC . Stąd wynikają różne strategie działania producentów podzespołów w obu tych technologiach. W technologii SiC , dla zapewnienia ciągłości dostaw (supply chain) i stabilnej jakości płytek producenci podzespołów realizują strategię wertykalną, tj. organizują u siebie pełny cykl wytwórczy od płytek podłożowych po podzespoły. Na przykład amerykańska firma Cree zapowiedziała ostatnio zainwestowanie 1 mld USD w wytwórnę płytek SiC o średnicy do 8 cali. Koreańska firma SK Siltron zapłaciła 450 mln USD za akwizycję działu płytek SiC od firmy DuPont. W technologii GaN nie ma obaw o ciągłość dostaw płytek podłożowych, gdyż na świecie jest wielu producentów i dostawców płytek Si o gwarantowanej, stabilnej jakości. Wystarczy tylko zadbać o własny potencjał urządzeń do epitaksji.

Dla konstruktorów układów, a więc dla Czytelników EP, istotne jest pytanie, czym różnią się aplikacje podzespołów z SiC lub GaN od rozwiązań układowych stosowanych w elektronice krzemowej. W niektórych zastosowaniach elementy krzemowe można zamienić elementami SiC lub GaN bez żadnych zmian układowych. Istnieją też układy sterowników, konwerterów, zasilaczy, itp. o konstrukcji optymalizowanej do aplikacji elementów SiC lub GaN . Można powiedzieć, że rozwija się odrębne know-how dla konstruktorów elektroniki SiC i GaN . Otwiera się w związku z tym jeszcze jeden segment elektroniki, którym powinniśmy się zająć w „Elektronice Praktycznej”. Redakcja EP chętnie dowiedziałaby się od Czytelników, jak duże jest zainteresowanie tą tematyką. Będę wdzięczny za listy w tej sprawie, najlepiej wysyłane bezpośrednio do mnie – adres: wieslaw.marciniak@ep.com.pl.

Wiesław Marciniak

Nie przeocz

Nowe podzespoły.....	6
Koktajl niusów.....	14
VI edycja Konkursu Konstrukcji Studenckich	
dobiegła końca.....	17
Dodaj do obserwowanych.....	18

Projekty soft

Inteligentna rękawiczka dla rowerzystów.....	23
--	----

Projekty

Sterownik taśm LED RGB+W zgodny z HomeKit.....	27
Wielokanałowy mikrofon cyfrowy.....	34
Elektroniczny barostat.....	38
1-Wire Emulator & Skaner (1).....	42

Moduły w aplikacjach

Czujnik światła z układem APDS9930.....	48
---	----

Miniprojekty

Minimoduły cyfrowego audio.....	51
Sterownik wyświetlacza matrycowego LED.....	54
Ekspander HAT dla CM3+.....	57

Temat numeru:

Przełączniki, przyciski, klawiatury

Palcem po prądzie, czyli o przełącznikach	
i przyciskach.....	58
Klawiatury – budowa i parametry.....	66

Prezentacje

SHORTRON Connect – mały i mocny.....	63
Klawiatury w sprzęcie medycznym.....	70
Wyższy poziom integracji.....	72
FPGA w systemach DSP – przykład aplikacji	
zestawu Eclipse Z7.....	74
Kompleksowa produkcja elektroniki dla producentów	
zaawansowanych urządzeń elektronicznych.....	99

Podzespoły

Compute Module – czyli nie taki SoM straszny (2).....	90
---	----



Inteligentna rękawiczka dla rowerzystów

Lato to doskonały okres na jazdę rowerem i warto przy tym zadbać o bezpieczeństwo, szczególnie wieczorem i w nocy. Rowery nie są wyposażane w kierunkowskazy, ale ich dodanie poprawia widoczność pojazdu na drodze, zwiększając tym samym bezpieczeństwo, nie tylko rowerzysty.

Wybór konstruktora:

Prototypy i małe serie produkcyjne.

Poradnik konstruktora elektronika.....	92
--	----

Notatnik konstruktora

Micros – Twój dostawca przycisków i przełączników.....	64
Symulacja i pomiar czyli LTspice i Analog Discovery	
2 w rękach konstruktora (12). LTspice jako narzędzie	
przydatne w obliczeniach transmitancji.....	77
Jak napisać aplikację mobilną poprzez UART (4).....	84
Pomiar degradacji rezystorów po zastosowaniu	
profilu termicznego.....	88

Kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy (39). Pomiary	
czujnikami jakości gazu SGP30, SPGPC3 oraz	
dwutlenku węgla SCD30 firmy Sensirion.....	101
Eksperymenty z FPGA (8).....	109

Prenumerata.....	2
Od wydawcy.....	3
KAP1.....	83
KAP2.....	98
Kramik i rynek.....	100
Hity następnego numeru.....	115

Nowe podzespoły do systemów zasilania



ST1PS02 – programowany konwerter DC/DC

- bardzo mały pobór energii ($I_Q = 0,5 \mu A$)
- wydajność prądowa 400 mA @ $V_{OUT} = 1,0 \dots 3,3 V$
- średnia sprawność konwersji 92%
- klucz rozładowujący pojemności w obciążeniu
- dynamiczne ustawianie wartości napięcia wyjściowego (8 wartości, krok 50 mV lub 100 mV)
- nie wymaga zewnętrznej diody Schottky'ego
- zintegrowany klucz prądowy push-pull 100 mA
- wyjście POWER-GOOD
- obudowa TQFN12 (1,7×2,0 mm)

LED1202 – inteligentny, 12-kanalowy sterownik LED

- bardzo mały pobór energii ($I_Q = 8 \mu A / I_{DD} = 0,8 \dots 2 mA$)
- 12 niezależnych kanałów wyjściowych dla LED
- interfejs I²C (1,8/3,3 V) z dwiema liniami adresowymi
- wbudowana pamięć generowanych wzorów
- zintegrowane programowane źródła prądowe
- wyjścia chronione przed przeciążeniem
- przełączanie LED z przesunięciem fazy
- obudowy: WLCSP20/QFN20

L6983 – przemysłowy konwerter DC/DC

- bardzo mały pobór energii ($I_Q = 17 \mu A$)
- zakres napięcia zasilającego 3,5...38 VDC
- wydajność prądowa 3 A
- częstotliwość kluczkowania 200 kHz...2,3 MHz
- nie wymaga zewnętrznej diody Schottky'ego
- możliwość pracy z ditheringiem EM
- dwa tryby pracy: LCM i LNM
- system soft-startu
- zintegrowana ochrona przeciążeniowa i nadnapięciowa
- obudowa QFN16

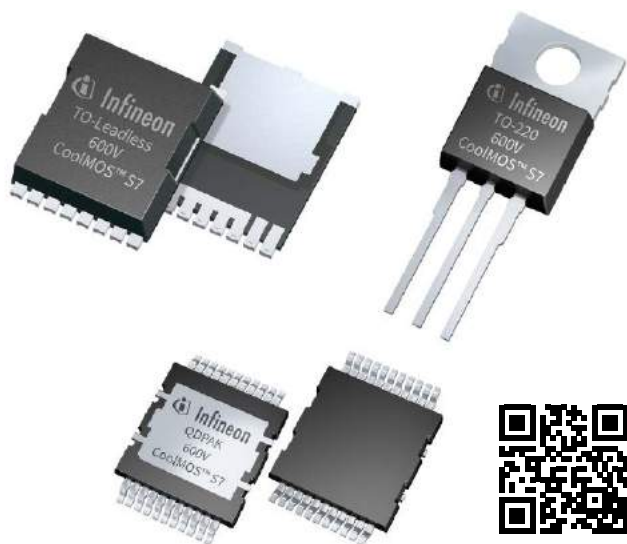


life.augmented

www.st.com

nowe podzespoły

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



Superzłączowe tranzystory MOSFET do aplikacji niskoczęstotliwościowych

Superzłączowe tranzystory CoolMOS S7 firmy Infineon zapewniają bardzo dużą sprawność i gęstość mocy w aplikacjach pracujących z małymi częstotliwościami taktowania. Mogą znaleźć zastosowanie w aktywnych mostkach prostowniczych, falownikach, sterownikach PLC, przekaźnikach półprzewodnikowych dużej mocy i półprzewodnikowych wyłącznikach automatycznych. Ich kluczową cechą są zoptymalizowane parametry decydujące o małych stratach przy przewodzeniu. Ponadto, tranzystory te wykazują małą rezystancję termiczną i odporność na duże impulsy prądowe.

Tranzystory CoolMOS S7 zostały zaprojektowane z myślą o zmniejszeniu strat na przewodzenie oraz zapewnieniu krótkiego czasu odpowiedzi i dużej sprawności energetycznej w niskoczęstotliwościowych układach impulsowych. Wykazują najmniejszą rezystancję $R_{DS(on)}$ spośród wszystkich dostępnych obecnie wysokonapięciowych

tranzystorów przełączających, w tym również tranzystorów wcześniejszej rodziny CoolMOS 7. Obecnie występują w wersjach o rezystancji $R_{DS(on)}$ od 22 mΩ i napięciu 600 V zamykanych w obudowach TO-leadless (HSOF-8) i TO-220. W 4. kwartale 2020 mają się pojawić na rynku wersje o rezystancji $R_{DS(on)}$ zredukowanej do 10 mΩ, zamykane w obudowach QDPAK z chłodzoną górną powierzchnią.

<http://bit.ly/2IN71BU>



Sterownik silników szczotkowych DC o szerokim zakresie napięć zasilania

Toshiba Electronics Europe powiększa ofertę sterowników szczotkowych silników DC o nowy model TB67H451FNG wyróżniający się szerokim zakresem napięć zasilania od 4,4 do 45 V. Zawiera wewnętrzne wyjściowe tranzystory MOSFET o małej rezystancji (typ. 0,6 Ω high side + low side). Jest sterownikiem jednokanałowym z wbudowanym detektorem nadprądowym typu non-latch, zamykanym w obudowie HSOP8 o wymiarach 6,0×4,9 mm z wyprowadzeniem PowerPad. Może znaleźć szeroki zakres zastosowań m.in. w urządzeniach zasilanych z baterii i z portu USB, aplikacjach przemysłowych o napięciu zasilania 12...36 V, urządzeniach AGD, drukarkach i zamkach elektronicznych. Pracuje z maksymalnym prądem wyjściowym 3,5 A.

Obsługuje cztery tryby pracy: Forward, Reverse, Brake i STOP (OFF). Zawiera zabezpieczenie podnapięciowe, nadprądowe (non-latch) i termiczne z automatyczną regeneracją.

Zabezpieczenie nadprądowe zapobiega zniszczeniu układu w wyniku przekroczenia ustalonej wartości granicznej prądu wyjściowego. Obecny sterownik TB67H450FNG zawiera zabezpieczenie nadprądowe typu latch, powodujące wyłączenie wyjścia do momentu wyłączenia i włączenia zasilania układu lub jego wejścia i wyjścia z trybu standby. W przypadku nowej wersji TB67H451FNG, normalne funkcjonowanie układu jest przywracane automatycznie po zaprogramowanym czasie od ustania zagrożenia.

<http://bit.ly/2FVrsKD>

REKLAMA

BORNICO

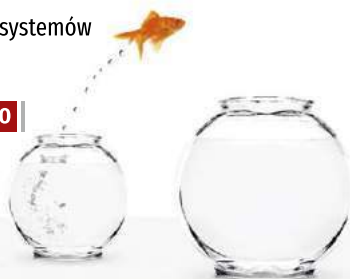
Teraz większe MOŻLIWOŚCI

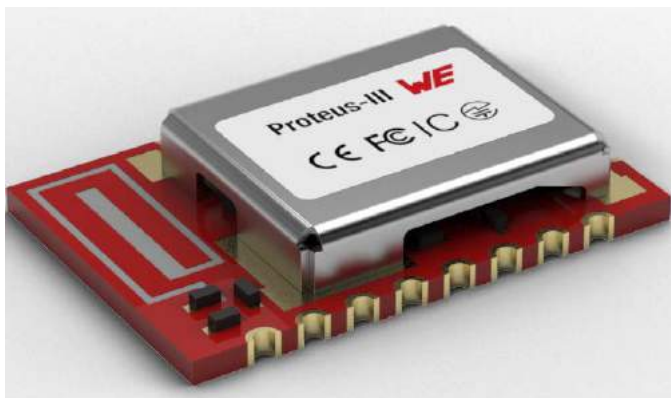
bornico.com.pl

- montaż kontraktowy elektroniki
- projektowanie urządzeń i systemów

Zakład Elektroniczny BORNICO

ul. Małczyńska 25
26-600 Radom
tel. +48 48 365 58 22
bornico@bornico.com.pl





Uniwersalne moduły komunikacyjne na pasmo 2,4 GHz

Wurth Elektronik wprowadza na rynek nowe moduły radiowe do bezpiecznej komunikacji w paśmie 2,4 GHz: Proteus-III i Thyone-I. Proteus-III pracuje w standardzie Bluetooth Low Energy 5.1, natomiast Thyone-I jest modulem transparentnym z interfejsem UART. Oba moduły zostały zrealizowane na chipsecie Nordic Semiconductor nRF52840, charakteryzują się jednakowymi wymiarami wynoszącymi 12×8×2 mm i zawierają zintegrowane anteny. Do ich wyposażenia należy 6 konfigurowalnych linii I/O. Zakres zastosowań obejmuje aplikacje IoT i M2M.

Proteus-III w pełni wykorzystuje możliwości standardu Bluetooth Low Energy 5.1, a nawet wykracza poza nie. Zapewniając rozmiar bloku danych do 964 bajtów, oferuje 4-krotnie większą przepustowość od wcześniejszych modułów Bluetooth Low Energy. Może pracować w nowo wprowadzonym trybie *long range*, wydłużającym



zasięg transmisji. Ponadto, firma Wurth Elektronik wprowadziła w tym module własną alternatywę dla profilu SPP (*Serial Port Profile*), który nie jest już włączony do standardu, natomiast może być bardzo użyteczny w zastosowaniach przemysłowych.

Thyone-I w pełni wykorzystuje możliwości oferowane przez pasmo 2,4 GHz, zapewniając transmisję danych na odległość do 750 m z szybkością do 400 kbps. Może być łatwo skonfigurowany do pracy jako repeater w sieciach mesh. Opracowane przez firmę Wurth Elektronik oprogramowanie firmware WE-ProWare zapewnia bardzo łatwą konfigurację modułu. Jeśli standard transmisji został już określony w aplikacji docelowej, Thyone-I może być łatwo skonfigurowany do pracy w sieciach ZigBEE, Thread lub Wirepas.

Do modułów Proteus-III i Thyone-I dostępne są płytki ewaluacyjne. Ponadto, firma Wurth Elektronik oferuje transceivery USB z modułami Proteus-III i Thyone-I.

<http://bit.ly/38pwtYH>

Najmniejsze wysokonapięciowe przekaźniki elektromechaniczne

Firma Pickering Electronics wprowadza do oferty najmniejsze na rynku wysokonapięciowe przekaźniki elektromechaniczne nowej serii 131, produkowane w obudowach SIL/SIP o powierzchni 12,5×3,7 mm i wysokości 6,6 mm. Są to przekaźniki jednokanałowe SPST NO o napięciu przebicia



REKLAMA

COMPUTER CONTROLS

TWÓJ WIODĄCY PARTNER W DYSTRYBUCJI ROZWIĄZAŃ DLA ELEKTRONIKI

Zaufany dostawca oprogramowania **Altium** do projektowania PCB i kompilatorów **Arm KEIL** oraz dystrybutor komponentów elektronicznych

szczegóły dostępne na: www.ccontrols.pl

Altium

arm KEIL

maxim integrated.

SILICON LABS

Neoway

SILEROY

Computer Controls Sp. z o.o.

Bielsko-Biała, ul. Budowlanych 1
Warszawa, ul. Powązkowska 15

tel.: +48 (33) 485 94 90
tel.: + 48 (22) 718 31 90

1500 V i mocy znamionowej 10 W, mogące przełączać prądy o natężeniu do 0,7 A. Występują w wersjach o napięciu znamionowym cewki 3, 5 i 12 V. Nadają się do zastosowań w testerach kabli, testerach elementów półprzewodnikowych i wszelkiego typu przyrządach wysokonapięciowych. Zawierają wewnętrzny ekran magnetyczny, umożliwiający gęsty montaż przełączników bezpośrednio sąsiadujących ze sobą, bez wzajemnych interakcji magnetycznych. Mogą pracować w zakresie temperatur otoczenia od -20 do +85°C. Są odporne na udary i wibracje do odpowiednio 50 g i 20 g.

<https://bit.ly/3h6uLQE>



Zabezpieczenie przed atakami Rootkit/Bootkit do systemów uruchamianych z zewnętrznej pamięci Flash

Szczególnie podstępna formą złośliwego oprogramowania jest rootkit. Przenika do urządzenia jeszcze przed załadowaniem systemu operacyjnego, dzięki czemu może ukryć się przed zwykłym oprogramowaniem antywirusowym i jest niezwykle trudny do wykrycia. Jednym ze sposobów obrony przed tego typu atakami jest bezpieczny rozruch. Realizuje to najnowszy mikrokontroler kryptograficzny CEC1712 MCU firmy Microchip z oprogramowaniem firmware Soteria-G2. Zapewnia skuteczne zabezpieczenie przed złośliwym oprogramowaniem Rootkit i Bootkit w systemach mikroprocesorowych uruchamianych z zewnętrznej pamięci Flash.

Opracowane przez Microchip oprogramowanie firmware Soteria-G2, pracujące na mikroprocesorze CEC1712, zapewnia rozruch systemu ze sprzętowym zabezpieczeniem *root of trust* w trybie pre-boot w systemach uruchamianych z zewnętrznej pamięci SPI. Dodatkowo, CEC1712 umożliwia unieważnienie klucza i zapewnia zabezpieczenie *code rollback* przez cały czas życia, co pozwala na przeprowadzanie aktualizacji w terenie. Zgodny z wytycznymi NIST 800-193, mikrokontroler CEC1712 chroni, wykrywa i odzyskuje dane po uszkodzeniu, zapewniając całkowitą odporność oprogramowania firmware na ataki. Bezpieczny rozruch ze sprzętowym zabezpieczeniem *root of trust* ma kluczowe znaczenie dla ochrony przed zagrożeniami, jeszcze zanim będą one mogły zostać załadowane do systemu oraz pozwala na rozruch tylko przy użyciu oprogramowania zaufanego przez producenta.

Oprogramowanie firmware Soteria-G2 zostało opracowane specjalnie do współpracy z mikrokontrolerem CEC1712, aby przyspieszyć implementację mechanizmu *secure boot*, ułatwiając opracowywanie kodu i redukując ryzyko. Soteria-G2 wykorzystuje niezmienny, bezpieczny bootloader CEC1712 zaimplementowany w pamięci ROM, jako systemowe źródło *root of trust*.

Bezpieczny bootloader w CEC1712 zapewnia ładowanie, deszyfrowanie i autoryzację oprogramowania firmware wprowadzanego do CEC1712 z zewnętrznej pamięci SPI Flash. Zatwierdzony kod CEC1712 w dalszej kolejności autoryzuje oprogramowanie firmware do pierwszego procesora aplikacyjnego, przechowywane w pamięci SPI

Flash. Obsługiwane są maksymalnie dwa procesory aplikacyjne z maksymalnie dwiema pamięciami Flash podłączonymi do każdego z nich.

Poza zabezpieczeniem przed złośliwym oprogramowaniem w sieciach 5G i systemach operacyjnych w centrach danych, CEC1712 z oprogramowaniem Soteria-G2 mogą też znaleźć zastosowanie w systemach operacyjnych pojazdów autonomicznych oraz samochodowych systemach wspomagania kierowcy (ADAS) i wszelkiego typu systemach, w których rozruch odbywa się z zewnętrznej pamięci SPI Flash.

Mikrokontroler CEC1712 i pakiet Soteria-G2 są objęte wsparciem projektowym w zakresie sprzętu i oprogramowania. Wsparcie programowe obejmuje środowiska MPLAB X IDE i MPLAB Xpress oraz kompilatory MPLABXC32. Wsparcie sprzętowe zapewniają programatory i debuggery m.in. MPLAB ICD 4 i PICkit 4. Cena układu CEC1712H-S2-I/SX wraz z oprogramowaniem Soteria-G2 wynosi 4,02 USD przy zamówieniach 10 tys. sztuk.

<https://bit.ly/3f3jSNM>

High-performance iNEMO sensors with Machine Learning Core



6-osiowe czujniki inercyjne iNEMO z wbudowanym modułem machine-learning

W nowych 6-osiowych czujnikach inercyjnych ISM330DHCX i LSM6DSRX rodziny iNEMO firma STMicroelectronics zastosowała moduł uczenia maszynowego MLC (*machine-learning core*). Są to wysokiej klasy czujniki zamykane w 14-wyprowadzeniowych obudowach LGA, mogące znaleźć zastosowanie w aplikacjach konsumenckich i przemysłowych, takich jak drony, odbiorniki nawigacyjne, systemy pozycjonowania anten, dynamiczne przetworniki nachylenia w pojazdach przemysłowych oraz systemy zarządzania flotą pojazdów i śledzenia towarów.

Moduł MLC jest w stanie wykonywać operacje przetwarzania wstępnego danych inercyjnych przy użyciu zaledwie 0,001 mocy potrzebnej do zasilania typowego mikrokontrolera wykonującego to samo zadanie. Pozwala to odciążyć współpracujący mikrokontroler host, wydłużyć czas pracy na baterii oraz zmniejszyć wymiary i masę urządzeń. MLC współpracuje z układem logicznym FSM (*finite-state machine*), mogącym realizować proste algorytmy licznika kroków, uderzeń lub obrotów przy bardzo małym poborze prądu. FSM wysyła sygnał do mikrokontrolera po wykryciu ustalonej liczby zdarzeń lub po upływie określonego czasu.

LSM6DSRX to czujnik do zastosowań konsumenckich, zawierający 3-osiowy czujnik przyspieszenia i 3-osiowy żyroskop. Charakteryzuje się rozszerzonym zakresem pomiarowym pełnej skali do ± 4000 dps oraz dużą stabilnością parametrów w funkcji czasu i temperatury. Z kolei ISM330DHCX to wersja do zastosowań przemysłowych o gwarantowanym 10-letnim czasie dostępności, rozszerzonym zakresie temperatury pracy (-40 do +105°C) oraz wbudowanym układem kompensacji temperatury.

ISM330DHCX jest produkowany w obudowie LGA-14. Jego ceny hurtowe zaczynają się od 4,00 USD przy zamówieniach 1000 sztuk. Cena wersji konsumenckiej LSM6DSRX wynosi 3,50 USD.

<http://bit.ly/2qGiv3B>

Przedstawiamy nową generację układów AVR[®]

AVR-DA elastyczność w projektowaniu



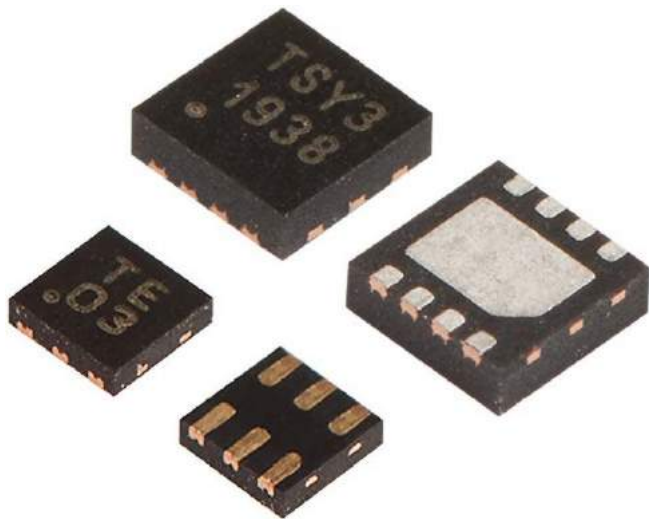
Rodzina AVR-DA Functional Safety Ready to nowa generacja mikrokontrolerów AVR, działających z taktowaniem do 24 MHz, w pełnym zakresie napięcia zasilania od 1,8 do 5,5 V, wyposażonych w inteligentne obwody analogowe i działające niezależnie od rdzenia układy peryferyjne.

Rodzina AVR-DA wykorzystuje najnowsze działające niezależnie od rdzenia układy peryferyjne o niskim poborze mocy do realizacji systemów sterujących czasu rzeczywistego w aplikacjach przemysłowych, AGD, motoryzacji i w obszarze Internetu Rzeczy (IoT). System zdarzeń i konfigurowalne obwody logiczne (Configurable Custom Logic) zapewniają prawie zerowe opóźnienie w krytycznych czasowo funkcjach. Inteligentne analogowe układy peryferyjne, takie jak 12-bitowy różnicowy przetwornik analogowo-cyfrowy (ADC), układ wykrywania zera, 10-bitowy przetwornik cyfrowo-analogowy (DAC) i najnowszej generacji kontroler dotykowy zapewniają rodzinie AVR-DA centralne miejsce w układach czujnikowych, monitorujących i w aplikacjach interfejsu użytkownika. Praca z napięciem 5 V zwiększa odporność na zakłócenia, a funkcje niskiego poboru mocy łagodzą obawy dotyczące zasilania.

- Zyskaj łatwiejsze certyfikowanie produktów dzięki dokumentacji ułatwiającej zapewnienie bezpieczeństwa funkcjonalnego i narzędziom programistycznym.
- Dodaj IoT i łączność do swojej aplikacji dzięki dużej ilości pamięci i korzystnemu współczynnikowi pojemności SRAM-Flash.
- Projektuj solidne i odporne na zakłócenia aplikacje z wbudowanymi funkcjami bezpieczeństwa i zasilaniem 5-woltowym.
- Twórz najnowocześniejsze pojemnościowe interfejsy dotykowe za pomocą najnowszej generacji kontrolerów pojemnościowych.



www.microchip.com/avr-da



Energooszczędny scalony czujnik temperatury o dokładności od $\pm 0,5^\circ\text{C}$

TSYS03 to najnowszy scalony czujnik temperatury z oferty firmy TE Connectivity, produkowany w dwóch typach miniaturowych obudów: TDFN8 (2,5×2,5 mm) i XDFN6 (1,5×1,5 mm). Dzięki małym gabarytom zapewnia szybką reakcję na zmiany temperatury. Może znaleźć zastosowanie w systemach HVAC, stacjach pogodowych, sondach medycznych oraz aplikacjach przemysłowych i przy monitorowaniu żywności.

Czujnik realizuje pomiar w zakresie od -40 do $+125^\circ\text{C}$ przy rozdzielczości $\pm 0,01^\circ\text{C}$ i dokładności już od $\pm 0,5^\circ\text{C}$ (w podzakresie $0...+60^\circ\text{C}$). Komunikuje się przez interfejs I²C umożliwiający podłączenie wielu czujników do wspólnej szyny. Pracuje z napięciem zasilania 2,4...5,5 V. Bardzo mały pobór prądu, wynoszący 5 μA w stanie aktywnym przy próbkowaniu z szybkością 1 Sps oraz $<0,3 \mu\text{A}$ w trybie standby, pozwala na wieloletnią pracę układu bez konieczności wymiany baterii.



<http://bit.ly/2uJx0G5>



Mikrowyświetlacz OLED o rozdzielczości Full HD do systemów sztucznej rzeczywistości

Do oferty firmy Framos ma wkrótce wejść nowy typ mikrowyświetlacza OLED do systemów sztucznej rzeczywistości, charakteryzujący się dużym kontrastem, jasnością i rozdzielczością oraz szerokim kątem widzenia. ECX335S to wyświetlacz o przekątnej matrycy



18 mm, mogący znaleźć zastosowanie w wizjerach elektronicznych i wyświetlaczach nagłownych (HMD). Rejestruje obraz w rozdzielczości Full HD przy maksymalnej szybkości 60 fps.

Aplikacje sztucznej rzeczywistości wymagają wyświetlaczy o jasności wynoszącej co najmniej 1000 cd/m^2 . Oznacza to, że mikrowyświetlacz OLED musi zapewnić nominalną jasność wynoszącą co najmniej 3000 cd/m^2 , pozwalając skompensować straty występujące podczas projekcji. Nowy model ECX335S charakteryzuje się jasnością co najmniej trzykrotnie większą od wcześniejszej wersji przy zachowaniu takiego samego czasu bezawaryjnej pracy. Dodatkowo, zapewnia on bardzo duży kontrast na poziomie 100.000:1, odwzorowanie szerokiej gamy barw i krótki czas odpowiedzi. Produkcja masowa tego modelu ma się rozpocząć w połowie tego roku.

<https://bit.ly/37dV0Jf>

Moduł Bluetooth 5.2 SoC z portem USB i obsługą standardów BLE, Bluetooth mesh, Thread i Zigbee

Firma Nordic Semiconductor wprowadziła do oferty nowy moduł komunikacyjny Bluetooth 5.2 SoC zawierający wbudowany port USB 2.0 Full Speed oraz zapewniający obsługę standardów BLE, Bluetooth mesh, Thread i Zigbee.

nRF52820 oferuje wszystkie funkcje wspierane przez standard Bluetooth 5.2, w tym Bluetooth Long Range i Direction Finding. Charakteryzuje się wyjątkowo małym poborem mocy. Pracuje pod kontrolą 32-bitowej jednostki obliczeniowej ARM Cortex-M4, taktowanej zegarem 64 MHz z 256 kB pamięci Flash i 32 kB pamięci RAM. W połączeniu z mikroprocesorem aplikacyjnym, nRF52820 oferujący maksymalną moc wyjściową +8 dBm, nadaje się idealnie do zastosowań w bramkach dostępowych i innych aplikacjach smart home wymagających łączności bezprzewodowej. Jego szeroki zakres dopuszczalnej temperatury pracy od -40 do $+105^\circ\text{C}$ pozwala na zastosowania w przemyśle, w tym w profesjonalnych systemach oświetleniowych.

Kluczową cechą układu jest wbudowany interfejs USB Full Speed o przepustowości 12 Mbps, zapewniający szybką komunikację przy małych opóźnieniach z wieloma typami urządzeń host, w tym z komputerami PC, smartfonami i bramkami dostępowymi. Umożliwia on również aktualizację oprogramowania firmware. Oprócz głównych regulatorów napięcia, nRF52820 zawiera specjalny regulator dokonujący konwersji napięcia szyny 5 V VBUS do poziomu 3,3 V wykorzystywanego do sygnalizacji USB, eliminując konieczność montażu dodatkowego, zewnętrznego regulatora.

nRF52820 zawiera do 18 linii GPIO, komparator analogowy oraz interfejsy I²C, SPI i UART. Pracuje z napięciem zasilania z zakresu od 1,7 do 5,5 V, co pozwala na zasilanie z baterii zegarkowej i akumulatorów. Ponadto, może być zasilany napięciem 5 V pobieranym z portu USB przy podłączonym urządzeniu USB host. Jest zamykany w obudowie QFN40 (5×5 mm) kompatybilnej pod względem rozkładu wyprowadzeń z wersją nRF52833 SoC.

<https://bit.ly/3dPvCTK>

Precyzyjny odbiornik GNSS z obsługą różnych konstelacji satelitów i mechanizmami kontroli błędów

Firma Septentrio rozpoczyna masową produkcję precyzyjnego odbiornika GNSS nowej generacji, oznaczonego symbolem mosaic-X5. Jest to odbiornik wielopasmowy, zapewniający obsługę różnych



konstelacji satelitów, w tym GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou, QZSS oraz satelitów L-Band. Dzięki małym gabarytom i energooszczędnej pracy nadaje się doskonale do zastosowań w urządzeniach bateryjnych, jak również jest polecany do systemów automatyki i robotyki. Duża dywersyfikacja sygnałów zapewnia w jego przypadku niezawodną pracę w trudnych warunkach, m.in. w otoczeniu wysokich budynków. Dzięki dużej częstotliwości aktualizacji położenia, mosaic-X5 nadaje się idealnie do zastosowań w robotach i szybko przemieszczających się pojazdach roboczych.

W układzie wykorzystano technologię Advanced Interference Mitigation (AIM+) zapewniającą skuteczną ochronę przed zakłóceniami i celowym zagłuszaniem sygnału. Ponadto, wbudowany system monitorowania integralności RAIM+ obejmuje mechanizmy wykrywania błędów na wszystkich poziomach, od generowania pomiarów, poprzez kontrolę jakości, po algorytmy nawigacyjne. Pomiaru wadliwie, wynikające np. z propagacji wielodrogowej lub z aktywności jonosfery są ignorowane.

RAIM+ działa na bazie oceny właściwości statystycznych wszystkich obserwacji i źródeł błędów. Są one adaptowane stosownie do dynamiki i otoczenia, w szczególności do prędkości pojazdu, intensywności propagacji wielościeżkowej, warunków atmosferycznych, siły sygnału itp. Odbiornik analizuje spójność pomiarów za pomocą kilku testów statystycznych. W razie wykrycia błędu próbuje skorygować pomiar lub przełącza się na inny tryb pozycjonowania. Algorytm podejmowania decyzji działa w oparciu o przeprowadzone eksperymenty w różnych środowiskach pracy. Może być dodatkowo optymalizowany pod kątem specyficznych wymagań aplikacji użytkownika.

<https://bit.ly/30nhAVv>



Są to tranzystory najnowszej generacji o bardzo dużej gęstości mocy, zaprojektowane do zastosowań w układach zasilania.

Tranzystory α MOS5 w obudowach DFN 8x8 charakteryzują się mniejszą o prawie 60% powierzchnią obudowy w stosunku do standardu D2Pak, a ich grubość, wynosząca 0,9 mm, jest mniejsza o 80%. Zredukowana indukcyjność źródła zapewnia mniejsze oscylacje na bramce i mniejsze straty przy włączaniu (Eon). Wyprowadzenie Kelvina na źródle tranzystora pozwala dodatkowo zmniejszyć straty przy pracy impulsowej.

Tranzystory α MOS5 zamykane w obudowach DFN 5x6 zajmują powierzchnię mniejszą o 61% od tranzystorów w obudowach DPak. Ich grubość wynosi zaledwie 0,75 mm, mniej o 67% od grubości obudów DPak. Podobnie, jak dla wersji DFN 8x8, zaletą tych tranzystorów jest mała indukcyjność źródła, pozwalająca na zastosowania w szybkich układach impulsowych.

Obecnie w ofercie firmy Alpha and Omega dostępne są trzy pierwsze tranzystory rodziny α MOS5: 600-woltowy AONV210A60 (210 m Ω , DFN8x8) i dwa 700-woltowe: AONS660A70F (660 m Ω , DFN 5x6) i AONS1R6A70 (1,6 Ω , DFN 5x6). Ich ceny hurtowe wynoszą odpowiednio 2,7 USD, 1,05 USD i 0,72 USD przy zamówieniach 1000 sztuk.

<http://bit.ly/2qW2CWR>

Referencyjne systemy zasilania do układów Zynq-7000 SoC i układów FPGA serii Artix-7 i Spartan-7

Renesas Electronics wprowadza do sprzedaży trzy nowe zestawy referencyjne wielonapięciowych systemów zasilania do układów Zynq-7000 SoC oraz układów FPGA serii Artix-7 FPGA i Spartan-7 FPGA. Zostały one zaprojektowane w ścisłej współpracy z firmą Xilinx, aby maksymalnie zmniejszyć ryzyko projektowe i ułatwić pracę projektantów. Wspomagają projektowanie układów zasilania do szerokiego zakresu aplikacji komputerowych i przemysłowych, takich jak systemy wizyjne, sterowniki PLC, bramki



REKLAMA

ZAJRZYSZ NA TE STRONY



www.gamma.pl
info@gamma.pl

PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE



www.renex.com.pl



www.ipctraining.pl



www.reneline.pl



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

High Voltage DFN α MOS5™ for Next-Gen High-Density SMPS





DFN5x6
DFN8x8

Superzłączowe tranzystory MOSFET o dużej gęstości mocy

Firma Alpha and Omega Semiconductor wprowadza do oferty nowe 600- i 700-woltowe superzłączowe tranzystory MOSFET rodziny α MOS5, produkowane w obudowach DFN o powierzchni 6x5 mm i 8x8 mm.



All In One

- Projektowanie i wykonywanie
 - modeli kaskasów i obudów na drukarce 3D
 - transformatorów i induktorów
 - prototypów PCB
- Modelowanie 3D modułów i urządzeń
- Projektowanie urządzeń zasilających

Feryster - producent elementów EMC



www.feryster.pl





dostępowe i przenośne urządzenia medyczne, jak również do pamięci DDR3, DDR3L, DDR4, LPDDR2 i LPDDR3. Bazują na dwóch typach kontrolerów zasilania (PMIC): 4-fazowym 3-wyjściowym ISL91211AIK oraz 4-wyjściowym ISL91211BIK. Oba są w stanie dostarczyć do wyjścia maksymalny prąd 20 A i oferują funkcję niezależnego, dynamicznego skalowania napięcia. Ich pętle sterujące zostały zestrojone optymalnie pod kątem profili obciążenia układów FPGA firmy Xilinx. Sekwencje włączania i wyłączania napięć są realizowane wewnętrznie, dzięki czemu nie ma konieczności współpracy z zewnętrznymi kontrolerami. Dzięki dużej częstotliwości taktowania, równej 2 MHz i szybkiej odpowiedzi impulsowej, możliwe jest stosowanie kondensatorów wyjściowych o pojemności 22 μ F i małowobarytowych cewek, co pozwala ograniczyć powierzchnię płytki drukowanej. Oba kontrolery PMIC są produkowane w obudowach BGA o powierzchni 6,3×4,7 mm i rozstawie wyprowadzeń 0,8 mm.

Zestaw referencyjny ISL91211A-BIK-REFZ został zaprojektowany do zasilania układów FPGA serii Artix-7. Zawiera wielofazowe kontrolery ISL91211AIK i ISL91211BIK, 3-amprowy konwerter DC-DC buck ISL80030 i źródło napięcia referencyjnego ISL21010DFH312. Oba kontrolery PMIC pracują z napięciem wejściowym 5 V z zasilacza sieciowego i zapewniają sprawność energetyczną sięgającą 95%. Konwerter ISL80030 generuje napięcia linii VCCO i VCC_IO równe 3,3 V, 2,5 V i 1,8 V. Źródło ISL21010DFH312 ($1,25 \text{ V} \pm 0,2\%$) generuje napięcie referencyjne dla przetwornika A/C. Cena zestawu wynosi 168 USD.

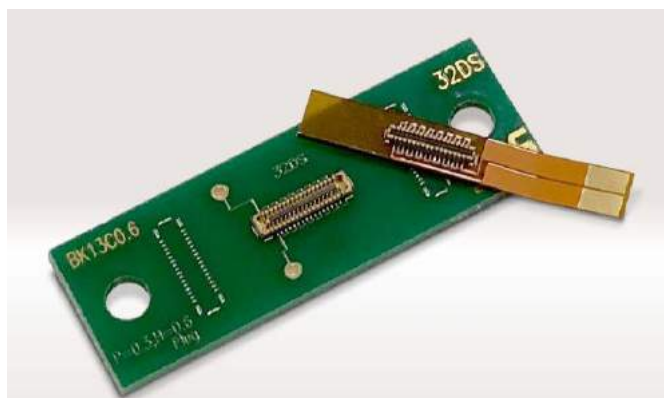
Zestaw referencyjny ISL91211BIK-REF2Z został zaprojektowany do zasilania układów FPGA serii Spartan-7. Zawiera wielofazowy układ PMIC ISL91211BIK i 3-amprowy konwerter DC-DC buck ISL80030. ISL91211BIK pracuje z napięciem wejściowym 5 V i generuje napięcia zasilające linii VCCINT, VCCBRAM, VCC_DDR, VCCAUX i VTT. Konwerter ISL80030, analogicznie jak w przypadku zestawu dla układów FPGA Artix-7, generuje napięcia linii VCCO i VCC_IO równe 3,3 V, 2,5 V i 1,8 V. Cena zestawu wynosi 160 USD.

Zestaw referencyjny ISL91211AIK-REFZ został zaprojektowany do zasilania układów serii Zynq-7000. Zawiera wielofazowy kontroler PMIC ISL91211AIK, regulator napięcia ISL9123 o małym prądzie spoczynkowym oraz dwa konwertery ISL80030. Kontroler ISL91211AIK generuje napięcia linii VCCINT, VCCBRAM, VCC_DDR i VCCAUX. Regulator ISL9123 zasilą linię VTT, a dwa konwertery ISL80030 generują napięcia 3,3 V, 2,5 V i 1,8 V dla linii VCCO i VCC_IO. Cena zestawu wynosi 160 USD.

<http://bit.ly/2kumspt>

Niskoprofilowe złącza płytka-FPC o dopuszczalnym prądzie przewodzenia 5 A

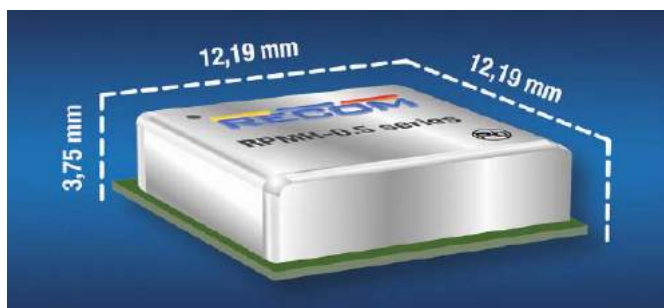
Niskoprofilowe złącza płytka – kabel FPC nowej serii BK13C wyróżniają się dużym dopuszczalnym prądem przewodzenia, wynoszącym nawet do 5 A na linię zasilającą i do 0,3 A na linię sygnałową. Zapewniają dużą odporność na uszkodzenia i dużą tolerancję mechaniczną, ułatwiającą montaż wtyku w gnieździe bez przykładania dużej siły. Zawierają 2 kontakty zasilające



i 32 sygnałowe rozłożone na długości 7,85 mm – mniejszej o ponad 40% od wcześniejszych wersji. Grubość złącza wynosi zaledwie 0,6 mm przy szerokości 1,9 mm i rozstawie wyprowadzeń 0,35 mm.

Złącza serii BK13C są produkowane na napięcie znamionowe 30 V AC/DC. Charakteryzują się rezystancją izolacji min. 50 M Ω i rezystancją kontaktów nie przekraczającą 30 m Ω dla linii zasilających i 90 m Ω dla linii sygnałowych. Nadają się do pracy w temperaturze otoczenia od -55 do +85°C.

<https://bit.ly/37er86x>



Nieizolowany konwerter DC-DC o szerokim zakresie napięć wejściowych

Do rodziny konwerterów DC-DC RPM firmy Recom wchodzi nowy model RPMH-0.5 o wydajności prądowej 0,5 A, zamykany w niskoprofilowej obudowie LGA o wymiarach 12,19×12,19×3,75 mm, kompatybilnej ze standardem DOSA. Jest to konwerter nieizolowany, charakteryzujący się szerokim zakresem dopuszczalnych napięć wejściowych od 4,3 do 65 V. Występuje w 5 wersjach o ustalonym fabrycznie napięciu wyjściowym, wynoszącym 3,3, 5, 12, 15 lub 24 V. Charakteryzuje się bardzo dobrymi parametrami termicznymi, co w zestawieniu z dużą sprawnością, sięgającą nawet 94%, pozwala na pracę z pełnym obciążeniem bez wymuszonego obiegu powietrza w szerokim zakresie dopuszczalnej temperatury otoczenia od -40 do +95°C. Możliwa jest też praca w zakresie do +105°C, jednak wymaga to obniżenia mocy wyjściowej i zapewnienia dodatkowego chłodzenia. Duża sprawność konwertera również w zakresie bardzo małych obciążeń oraz mały pobór prądu w stanie spoczynkowym (od 16 μ A) pozwalają na zastosowania w układach zasilania mikroprocesorów i mikrokontrolerów często przełączanych w tryb uśpienia.

RPMH-0.5 oferuje pełne 6-stronne ekranowanie, ograniczające do minimum emisję elektromagnetyczną. Zapewnia kompatybilność z wymogami EMC w klasie B przy zastosowaniu pojedynczej, zewnętrznej cewki indukcyjnej. Do standardowego wyposażenia konwertera należy m.in. zabezpieczenie podnapięciowe, zwarciorowe, nadprądowe i termiczne, układ miękkiego startu, wejście Remote On/Off i wyjście Power Good.

<https://bit.ly/2AgSr4b>

Diody Schottky'ego rodziny CoolSiC G5 1200 V

Infineon powiększa ofertę diod Schottky'ego rodziny CoolSiC G5 o 6 nowych modeli zamykanych w obudowach D²PAK real 2-pin, pozwalających zmniejszyć rozmiary i obniżyć koszty realizacji urządzeń. Obudowy te nie zawierają środkowego wyprowadzenia występującego w standardowych wersjach, co pozwoliło na uzyskanie drogi upływu wynoszącej 4,7 mm i odstępu izolacyjnego 4,4 mm. Zapewniają to większy margines bezpieczeństwa w zasilaczach przemysłowych, stacjach ładowania i falownikach. Dodatkowe zalety to niskie napięcie przewodzenia, odporność na duże impulsy prądu udarowego, brak strat regeneracyjnych (zerowy Qrr) i mały wpływ temperatury na parametry pracy. Diody w obudowach D²PAK real 2-pin są produkowane w wersjach na zakres prądów znamionowych od 2 do 20 A. Zapewniają większą gęstość mocy i większą niezawodność w porównaniu z odpowiednikami krzemowymi.



<http://bit.ly/2IN71bU>

Ultra panoramiczne wyświetlacze od Winstar

W ofercie Unisystemu dostępne są rozwiązania ultra panoramiczne, w tym dwa moduły WF52ATLASDNN0# i WF52BTIASDNG0# o przekątnej 5,2" dostarczane przez Winstar. Za sprawą uniwersalnych parametrów znajdują zastosowanie w szerokiej gamie aplikacji. Oba modele charakteryzują się podobnymi parametrami, poza jasnością, która wynosi 500 cd/m² dla WF52ATLASDNN0# i 400 cd/m² dla WF52BTIASDNG0#, czyniąc je rozwiązaniami dedykowanymi do urządzeń obsługiwanych w pomieszczeniach. Istotne są również kąty obserwacji, które zostały określone na godzinę 6:00 dla WF52ATLASDNN0# i 12:00 dla WF52BTIASDNG0#. Ponadto, model WF52BTIASDNG0# w standardzie wyposażono w pojemnościowy



sensor dotykowy (na życzenie klienta również do wyświetlacza WF52ATLASDNN0# można dodać wybrany sensor dotykowy – pojemnościowy lub rezystancyjny).

W tabeli zaprezentowano najważniejsze parametry obu modułów.

<https://bit.ly/2Ykwgfy>

Parametr	WF52ATLASDNN0#	WF52BTIASDNG0#
Rozmiar	5,2"	5,2"
Rozdzielczość	480×128	480×128
Rodzaj lcd	TFT, transmisyjny	TFT, transmisyjny
Obszar aktywny	127,152×33,9072 mm	127,152×33,9072 mm
Jasność	500 cd/m ²	400 cd/m ²
Kontrast	500:1	500:1
Kąty obserwacji	6:00	12:00
Powierzchnia	glare	glare
Podświetlenie	LED, białe	LED, białe
Czas życia led	50000 h	50000 h
Interfejs	RGB 24 bit	RGB 24 bit
Wymiary	140,4×49,87×3,0 mm	140,4×49,87×4,96 mm
Zakres temperatur pracy	-20°~70°C	-20°~70°C
Sensor dotykowy	nd	pojemnościowy (PCAP)

REKLAMA

Wszystko, co lubisz,
w jednym miejscu



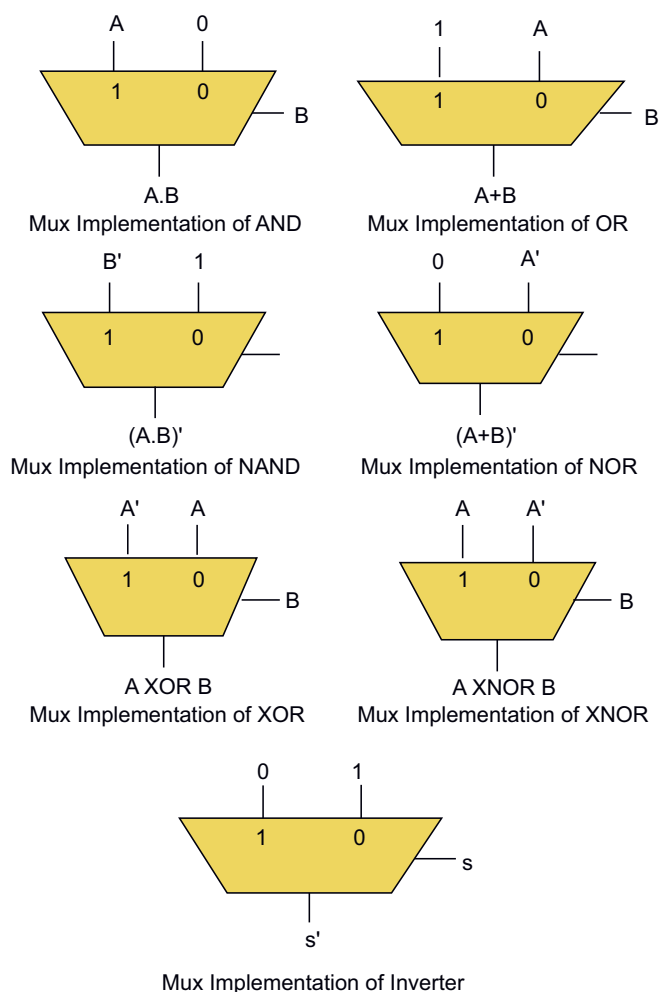
UlubionyKiosk.pl

Oferuje papierowe i elektroniczne wydania czasopism z najważniejszych segmentów rynku:

budownictwo i wnętrze, muzyka i dźwięk, elektronika i automatyka, edukacja i hi-tech, rodzina.

Przesyłka
GRATIS

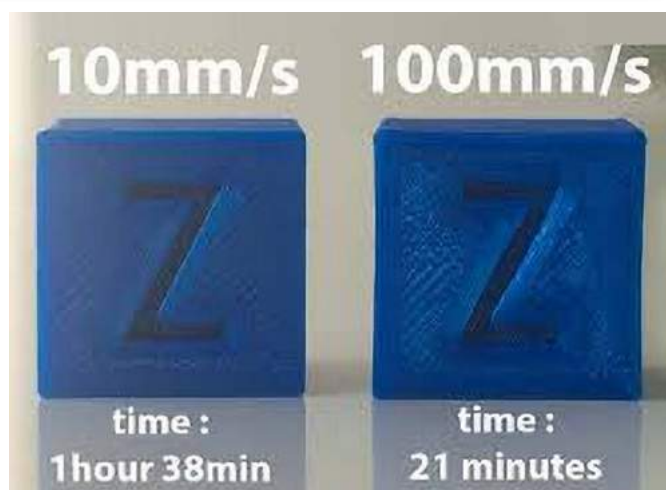
koktajl niusów



Funkcje logiczne bez bramek

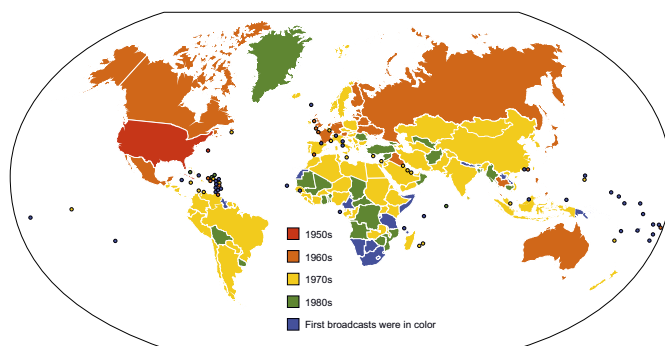
Dwuwejściowe bramki: AND, NAND, OR, NOR, XOR, XNOR i NOT można zastąpić przez multiplexer dwuwejściowy. Tak jak pokazano na rysunku, jedno wejście multiplexera to jeden argument funkcji logicznej, jej negacja (realizowana za pomocą dodatkowego multiplexera pełniącego rolę inwertera) bądź stała wartość logiczna (0 lub 1). Drugi argument to wejście adresu układu, które decyduje o wyborze wejścia jakie ma zostać przepisane na jego wyjście (dolna krawędź). Adres ten z kolei to numery wejść, tzn. jeżeli jest on równy 0, to wejście 0 jest podawane na to wyjście, a jeżeli 1, to wejście 1. Pozostałe wejście multiplexera to wspomniana wartość stała, lub negacja.

W ten sposób realizowana jest, rzadko omawiana, logika multiplexerowa, alternatywna do „bramkowej”, która pozwala na otrzymanie dowolnego układu kombinacyjnego, w tym bramki logicznej o co najmniej trzech wejściach. Taka bramka realizowana jest jako szereg kolejnych bramek dwuwejściowych. Idąc od lewej do prawej: jedno wejście bramki dwuwejściowej następuje to wyjście bramki dwuwejściowej poprzedniej, podczas gdy drugie jej wejście to kolejny argument implementowanej funkcji logicznej. Zachęcamy do „wyprobowania” tej logiki, zwłaszcza Was studenci elektroniki. Zabawy jest co nie miara!



O szybkości druku 3D parę słów

Im szybszy druk tym gorsza jakość. Fotografia pokazuje dwa wydruki tego samego elementu wykonane z różną prędkością. Zwróćcie uwagę na „szorstką” powierzchnię obiektu po prawej oraz jego nierówne krawędzie. Litera „Z” wewnątrz elementu ma odkształcone kontury. Warto o tym pamiętać, zwłaszcza przy wytwarzaniu precyzyjnych elementów szczególnie, gdy dopiero co zaczęliście przygodę z drukiem 3D.



Telewizja w kolorze – chronologia

Jeżeli ciekawi Was kiedy wprowadzono telewizję kolorową na świecie, spójrzcie na rysunek. Dokonano tego stopniowo i to w niespełna 40 lat! Dokładniej, między latami pięćdziesiątymi, a osiemdziesiątymi XX wieku. Dużo prawda? W Stanach Zjednoczonych zadebiutowała w 1953 roku. Natomiast w Europie Zachodniej w 1967 roku. Z kolei w Polsce w 1971 roku. Pełna lista dat, według krajów, jest dostępna pod adresem: <https://bit.ly/3dYG0bI>.

Jest co czytać i można nawet być zaskoczonym. Jednak nie podajemy dlaczego – sami się przekonajcie.

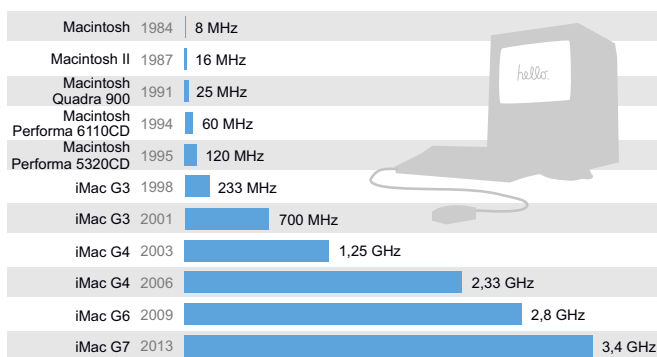
Komputery MAC, a taktowanie ich procesorów

Chodzi o urządzenia Macintosh firmy Apple. Na rysunku pokazano jak się zmieniło taktowanie ich procesorów. Widać gwałtowny przyrost w niecałe 30 lat! I nie, nie ma w tym przesady – widać bowiem, jak na dłoni, funkcję wykładniczą, która już w starożytności budziła



30 Years of Macintosh

Milestones of the Mac evolution by CPU power



Source: Apple

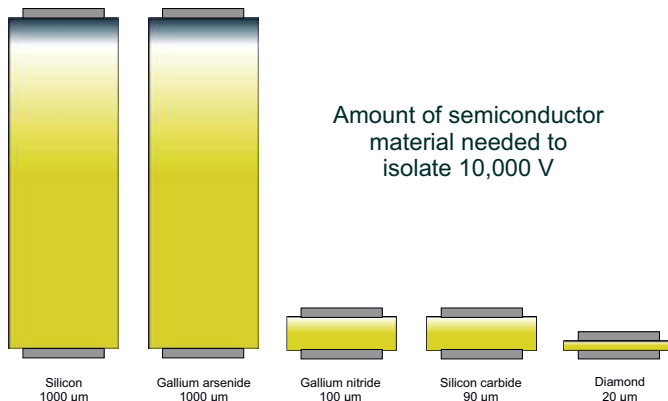
Mashable statista

postrach. Wszystko za sprawą przepowiedni o podwajającej się liczbie ziaren zboża na kolejnych polach szachownicy, z której wynika, że aż 8 razy należałoby zebrać plony całej planety, by ją w podany sposób zapełnić. Co prawda nie mamy doczynienia z tak dużymi liczbami – ale postęp jednak widać.



Jasność lampy projektora

Fotografia pokazuje wpływ jasności lampy na obraz wyświetlany po południu, w godzinach 18...21 (im bardziej w dół, tym większa ta jasność). Wszystko zgodne z przewidywaniami – duża jasność to klarowniejszy obraz. Jednak to również wyższa cena projektora. Na szczęście można sobie pomóc – wystarczy ekran o odpowiednim kolorze, z możliwością pochłaniania światła zewnętrznego (technologia ALR – ang. *Ambient Light Rejection*). A jeżeli to za mało, to pozostaje, chociaż częściowe, okrycie ekranu dookoła.

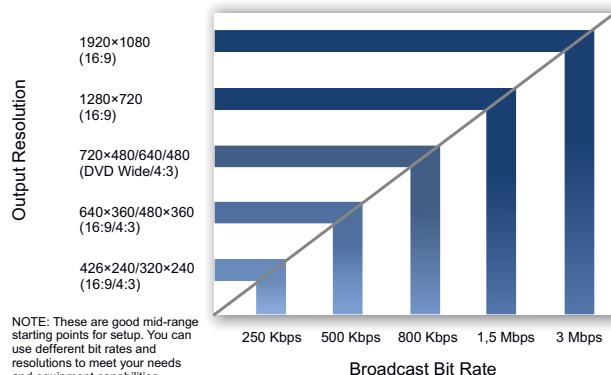


Wytrzymały jak półprzewodnik!

Spójrzcie na rysunek, który pokazuje grubości potrzebne, by materiał „wytrzymał” napięcie 10 kV. Od lewej: krzem, arsenek galu, azotek galu, węgiel krzemu i diament. Jak widać diament jest bezapelacyjnym zwycięzcą, z wynikiem tylko 20 mikrometrów! Z kolei

przegranymi są krzem i arsenek galu z wynikiem aż 1 mm. Ale to i tak mało na tle izolatorów – im potrzeba wręcz centymetrów! Tym samym opinia z tytułu zostaje podtrzymana.

Recommended Output Resolution Based on Available Video Broadcast Bit Rate

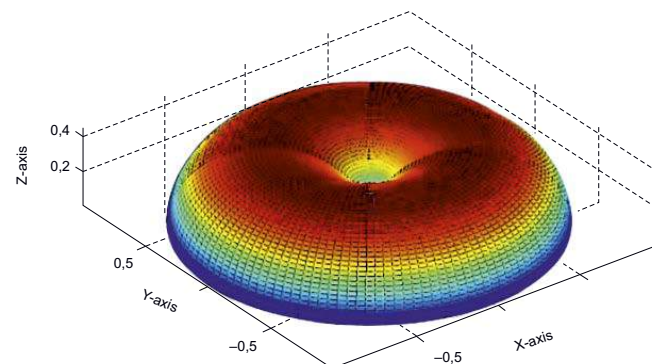


NOTE: These are good mid-range starting points for setup. You can use different bit rates and resolutions to meet your needs and equipment capabilities.

Broadcast Bit Rate

Rozdzielczość video, a przepustowość łącza

YouTube, Dailymotion, Veoh – dzisiaj jest wiele darmowych portali video w internecie. Istną zmurą wielu użytkowników jest „zaczynanie” odtwarzanych materiałów. Spójrzmy na rysunek, by sprawdzić czy przepustowość łącza jest co najmniej równa bądź większa od średnich wartości przepustowości wypisanych na dole. Tylko wtedy mamy szansę na komfortowe oglądanie materiałów w wybranej rozdzielczości. Oczywiście wspomniane wartości mogą się nieco różnić w zależności od strony – każda bowiem stosuje inne kodowania materiałów.



Dlaczego antenowiec lubi Wielkanoc?

Antena monopolowa, np. ćwierćfalowa, ma charakterystykę trójwymiarową taką jak na rysunku, podobną do... babki. Słowem, kulinar-no-techniczne skojarzenia.

Robot – etymologia

Z pewnością wielu z Was słyszało, że wspomniane w tytule słowo ma czeskie korzenie. Ale czy wiecie jakie dokładnie? Spójrzcie na fotografię pokazującą malarza, pisarza i poetę Josefa Čapeka, który wymyślił owy termin w 1920 roku. Słowo „robot” wywodzi się od czeskiego słowa „robota”, które oznacza ciężką pracę lub mordęgę. Tym samym to klasyczny literacki neologizm, właściwy takim twórcom, jak np. Bolesław Leśmian. I zapewne zostałby zapomniany, gdyby nie



brat Josefa – Karel, również pisarz, który użył go w swojej powieści science-fiction r.U.R. (pełna nazwa: Rossumovi Univerzální Roboti – pol. Uniwersalne roboty Rossuma) na określenie obecnych w niej humanoidalnych maszyn, i tłumaczenie tej powieści na język angielski (ang. Universal Robots Rossum), które rozsławiło ją na cały świat, szczególnie za sprawą teatrów. Na tyle zresztą, że do dziś błędnie uważa się Karela za pomysłodawcę słowa.

Josef nie spodziewał się, że sprawa tak się potoczy. Nie przypuszczał, że to będzie jego horacjański „pomnik twardszy od spiżu” – został bowiem, po zajęciu Czechosłowacji w marcu 1939 roku, aresztowany a następnie zesłany do obozu koncentracyjnego Bergen-Belsen w Dolnej Saksonii. Pozostał tam prawie do końca wojny, zmarł na krótko przed wyzwoleniem obozu. Mimo to żył dłużej od brata – ten zmarł bowiem jeszcze w 1938 roku na skutek problemów zdrowotnych, unikając w ten sposób „piekła”.

Pomnikowi to jednak nie zaszkodziło – znało go bowiem już zbyt wiele osób na świecie, którzy do teraz z pokolenia na pokolenie przedłużają jego trwałość za sprawą mowy codziennej, ale i fachowej, inżynierskiej.



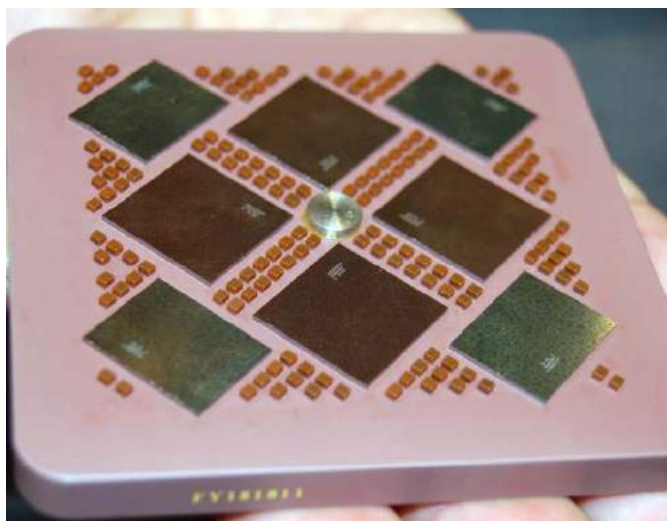
Wirtualny kierowca ciężarówki

Jest już takie stanowisko! W Szwecji, za sprawą rodzimej firmy Einride – producenta ciężarówek autonomicznych, w tym modelu T-Pod z napędem elektrycznym i bez kabiny kierowcy, który jest sterowany autopilotem oraz stanowiskiem takim jak na fotografii, w skład którego wchodzi: duży zagięty wyświetlacz, fotel sportowy, stolik, oraz kierownica firmy Logitech z pedałami. Jak widać niczym się to nie różni od grania w wyścigówki. Ale uwaga, nie chodzi tu o klasyczną



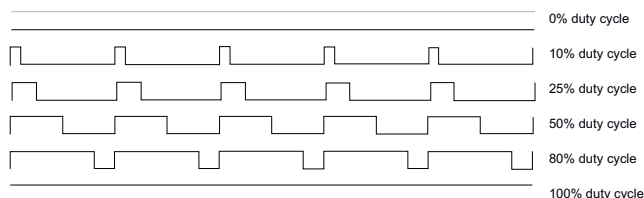
„jazdę” przez cały czas – stanowisko jest bowiem zarezerwowane jedynie do wykonywania manewrów, których automatyka nie potrafi prawidłowo wykonać do jej nadzoru. Ponadto kierowca może w ten sposób sterować nawet 10 modelami naraz! Gdzie można tak „jeździć”? Otóż w szwedzkim oddziale firmy DB Schenker, jak również niedługo w szwedzkim oddziale Lidl. I pomyśleć, że rodzice próbowali odciągać pociechy od komputera, a teraz, nabyte przez nie wtedy umiejętności mogą się na rynku pracy przydać!

<https://bit.ly/3cYbJsu>



Układy graficzne inne niż zwykłe

Inne – stanowiące zbiór kilku układów GPU, przykład takiego rozwiązania pokazuje fotografia. Jego nazwa to: MCM GPU (Multi-Chip-Module GPU), lub krótko: multi-GPU (w odróżnieniu od pojedynczego układu zwanego monolitycznym). Sam pomysł nie jest nowy – jeszcze w latach dziewięćdziesiątych XX wieku jego realizacji podjęła się firma 3dfx, konstruując karty graficzne z takimi układami. Niestety nie udało się ich wypuścić na rynek z powodu wysokich na tamte czasy kosztów i mało przemyślanego marketingu. Słowem stało się z nimi to samo co z formatem kaset wideo Betamax, który choć był zaawansowany, to jednak przegrał z jakościowo gorszym formatem VHS – ważniejsza bowiem okazała się „taniaść”. Krótko mówiąc, ponad 20 lat temu bardziej opłacalne były słabe, pojedyncze układy GPU niż ich zbiór dający większe możliwości. Zapewne byłoby tak do dzisiaj, gdyby nie trwający od 2017 roku powrót do tej koncepcji przez firmę Nvidia rozwijającą architekturę Hopper, którą planuje wprowadzić najwcześniej w 2021 roku. Na razie to jedyna firma, która prowadzi w tym względzie prace – firma AMD bowiem nadal się skupia na rozwoju pojedynczych układów GPU, podczas gdy Intel planuje wypuścić rozwiązanie Xe HP będące raczej zbiorem kilku chipletów, aniżeli pełnoprawnych układów. Niemniej to kwestia czasu, gdy i one się tego podejmą – tak zawsze prezentuje się postęp!



Co ma wspólnego przebieg stały z prostokątnym?

Łączy je współczynnik wypełnienia. Wystarczy spojrzeć na rysunek, by spostrzec, że pierwszy to nic innego jak drugi o 100% współczynniku wypełnienia. Tym łatwiej to zauważyć zwiększając ten współczynnik stopniowo jak na rysunku.



VI edycja Konkursu Konstrukcji Studenckich dobiegła końca

Kolejna edycja Konkursu Konstrukcji Studenckich (KOKOS) właśnie się zakończyła! Inicjatywa, w ramach działań Niezależnego Zrzeszenia Studentów, wyłonienia i nagrodzenia najbardziej utalentowanych młodych konstruktorów, studentów najlepszych uczelni technicznych z całej Polski, przybrała w tym roku wyjątkową, ze względu na warunki, formę.

Mając na względzie zdrowie i bezpieczeństwo uczestników, organizatorzy podjęli decyzję o zdalnej realizacji wszystkich etapów konkursu. Na przełomie marca i kwietnia odbyła się seria wirtualnych wydarzeń towarzyszących „Zbij kokos z KOKOSEm: Zdalne prelekcje w czasach zarazy”, podczas której eksperci ze świata nauki, techniki i biznesu dzielili się swoją wiedzą i doświadczeniem. Prelekcje skierowane były do młodych konstruktorów, a dodatkowo przyciągnęły, także osoby zainteresowane samorozwojem w tych trudnych czasach. Niektóre z prelekcji wciąż są dostępne na: <https://bit.ly/3hu23cl>.

Zapisy do konkursu trwały do 30 kwietnia, a tegoroczna edycja okazała się rekordowa pod względem liczby zgłoszeń. Na podstawie przesłanych materiałów, dokumentacji technicznej, zdjęć oraz filmików wyłoniono 29 finalistów! Finałowe konstrukcje zostały zaprezentowane w formie ogólnodostępnej na platformie Facebook w ramach Wirtualnej Wystawy Konstrukcji. W kolejnym etapie konkursu konstruktorzy dokonali prezentacji i obrony swoich projektów przed Komisją Konkursową, oczywiście także w sposób zdalny.

Podczas VI edycji Konkursu Konstrukcji Studenckich nie mogło zabraknąć gali finałowej. Kinga Helik – koordynator krajowa projektu, dnia 30 maja za pośrednictwem social mediów ogłosiła laureatów w każdej z 5 kategorii. Zwycięskie konstrukcje otrzymały nagrody główne w postaci 5 tysięcy złotych oraz dodatkowe nagrody rzeczowe! Wyniki konkursu dostępne są na: <https://bit.ly/2MTQDRk>. Wszystkim zwycięzcom serdecznie gratulujemy!

Zwycięzcami VI edycji Konkursu Konstrukcji Studenckich zostali:

W kategorii SMART ROBOTS – Łódź podwodna OKOŃ Koła Naukowego Robotyków z Politechniki Warszawskiej. Celem projektu jest realizacja badań podwodnych i wdrażania autonomii w pojazdach poruszających się w środowisku wodnym.

W kategorii LIFE UPGRADE – bolid e-MaksPower konstruktorów z Politechniki Warszawskiej i Akademii Sztuk Pięknych. Jest to w pełni funkcjonalny bolid sportowy przeznaczony dla osoby niepełnosprawnej o znacznym ograniczonym zakresie ruchu. Docelowym odbiorcą projektu jest niepełnosprawny chłopiec, który potrafi poruszać jedynie nadgarstkiem.

W kategorii VEHICLE – Lodz Solar Team Studenckiego Koła Naukowego Miłośników Motoryzacji z Politechniki Łódzkiej. Studenci z zespołu budują samochody napędzane energią słoneczną. Eagle Two to pojazd elektryczny zasilany energią pozyskiwaną z ogniw fotowoltaicznych, który startuje w zawodach na całym świecie.

W kategorii specjalnej RAILWAY – Alarm Bagażowy zespołu SKORP z Politechniki Gdańskiej i Akademii Sztuki w Szczecinie. Celem projektu jest uchronienie bagażu przed kradzieżą na czas opuszczenia przedziału lub snu poprzez zdalne alarmowanie o takim incydencie.

W kategorii JOKER – Kładka Nożycowa Koła Naukowego Mechaniki Konstrukcji „Aksjator” z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Projekt jest połączeniem Budownictwa i Mechaniki, kładka po rozłożeniu spełnia warunki stawiane konstrukcjom służącym do przewożenia nad różnego rodzaju przeszkodami.

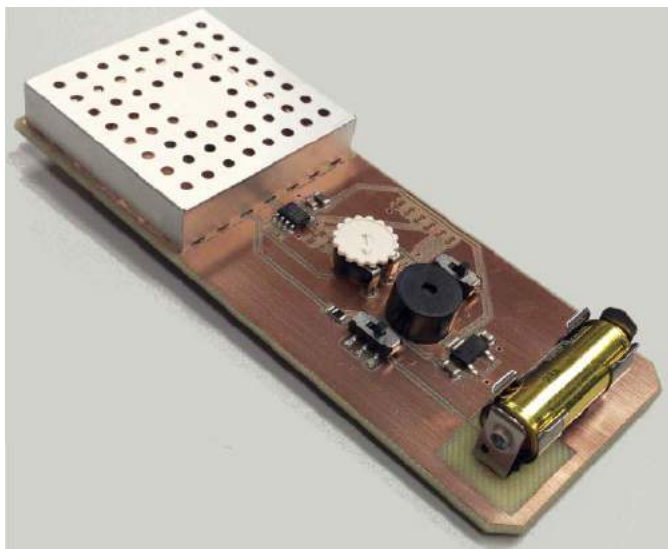
„Tegoroczna edycja Konkursu Konstrukcji Studenckich była wyjątkowa pod wieloma względami. Realizacja przedsięwzięcia pomimo panujących warunków stanowił ogromny sukces całego Centrum Krajowego Projektu. Sytuacja sprawiła, iż kluczowe dla przebiegu konkursu decyzje musiały zapaść w ciągu kilkudziesięciu godzin, co wiązało się z dodatkowym nakładem pracy. Bardzo serdecznie dziękuję całemu zespołowi za poświęcony czas, włożony trud oraz ogromne zdolności adaptacyjne” – komentuje Kinga Helik, Koordynator Krajowa Projektu.

Konkurs Konstrukcji nie mógłby odbyć się bez partnerów. VI edycję KOKOSa wsparła firma PCO S.A., a partnerem głównym projektu były Polskie Koleje Państwowe S.A.



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 detektor promieniowania

Ten detektor promieniowania, skonstruowano do szybkiej identyfikacji materiałów radioaktywnych. Korzysta z kieszonkowej komory jonowej, dzięki czemu jego konstrukcja jest bardzo prosta. Zbudowany został ze standardowych elementów, co pozwoliło na uzyskanie niskiego kosztu końcowego.

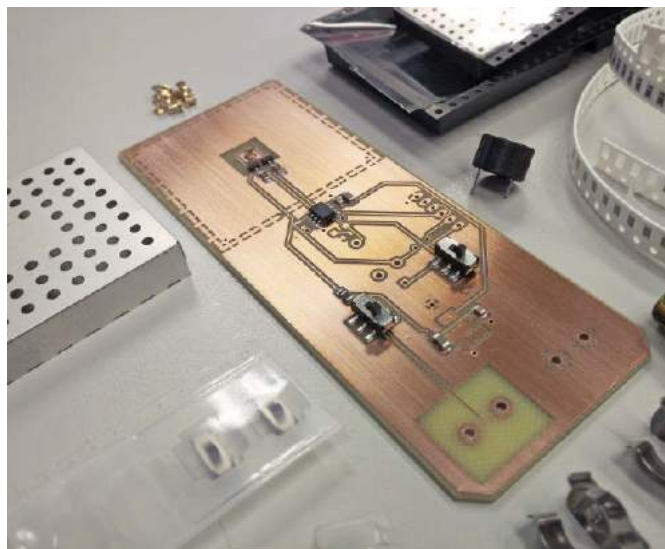


Radioaktywność jest niewidoczna, ale może być szkodliwa dla życia. Celem opisywanego projektu jest stworzenie prostego urządzenia, które ma za zadanie zapobiegać zatruciu promieniowaniem jonizującym poprzez szybkie jego wykrywanie w naszym otoczeniu. Profesjonalne mierniki promieniowania mogą być bardzo dokładne, ale są również drogie, złożone i delikatne – większość z nich używa lamp próżniowych wykonanych ze szkła, takich jak np. licznik Geigera-Mullera. W wielu przypadkach nie ma sensu stosowanie tego rodzaju miernika – potrzebne jest jedynie wykrycie, czy dany obiekt jest radioaktywny, czy nie.

Czy nam się to podoba, czy nie, świat stał się coraz bardziej radioaktywny od momentu odkrycia energii jądrowej. Składowanie odpadów radioaktywnych to prawdziwy problem, a niektóre katastrofy nuklearne pokazały nam, że żyjemy bliżej promieniowania niż nam się wydaje.

Główną innowacją, w porównaniu z istniejącymi miernikami jest nowatorska konstrukcja komory jonizacyjnej, wykonanej w technologii PCB i ze standardowych tanich komponentów. Detektor wykorzystuje spolaryzowaną powietrzną komorę jonizacyjną z obwodem wzmacniacza tranzystorowego, który powiadamia o obecności podwyższonego poziomu promieniowania jonizującego.

Zaprezentowany przez autora otwarty detektor promieniowania może stwierdzić, czy przedmiot emituje niebezpieczny poziom promieniowania, czy nie. To bardzo pomocne, ponieważ promieniowanie



jonizujące jest dla ludzi zupełnie niezauważalne. Twórcy systemu mają nadzieję, że układ oferuje dostateczną czułość, by np. stwierdzić czy żywność jest skażona. Obecnie autorzy pracują nad metodą kalibracji detektora i sprawdzenia jego czułości. Snują także plany na przyszłość – detektor mógłby być np. umieszczony w rojach niedrogich robotów jednorazowego użytku, które wędrując po obszarze katastrofy, zaznaczałyby miejsca szczególnie napromieniowane, których ludzie powinni unikać.

<https://bit.ly/2NloH9l>



PiDP-10 replika komputera PDP-10

Autor zaczyna opis swojego projektu dosyć nietypowo – „32 bity to za mało, a 64 bity po prostu zbyt dużo”. Żart ten jest nieprzypadkowy – PDP-10 był fantastycznym 36-bitowym komputerem typu mainframe firmy



DEC. Była to maszyna, na której Gates i Allen tworzyli Basic dla 8080, zanim nawet dotknęli prawdziwego układu 8080. To tam rozwijała się Hacker Culture, narodził się emacs i gdzie debuggerem może być CLI. Od tego czasu wiele się zmieniło, ale niewątpliwie komputery tej epoki, takie jak PDP-10, mają w sobie wiele czaru.

Z uwagi na upływ czasu, działające komputery PDP-10 są dzisiaj raczej rzadkością, a ich miejsce jest w muzeum. Dla osób zainteresowanych tą maszyną, pozostaje tylko emulacja. Aby w pełni cieszyć się emulatorem PDP-10 autor PiDP-10 wykonał odpowiednią obudowę z pełni funkcjonalną repliką komputera PDP-10 (a raczej samego panelu operatora, tej maszyny).

Ten sam autor zbudował wcześniej repliki innych maszyn tej klasy – PDP-8 i -11. W tym przypadku zastosował podobne podejście – jest to po prostu komputer jednopłytkowy Raspberry Pi z odpowiednim oprogramowaniem. Za emulację PDP-10 odpowiada program simh.

Komputer ten pozwala na uruchamianie programów z PDP-10, takich jak TOPS-10, TOPS-20 czy ITS. Można grać też w Spacewar na wyświetlaczu GT340, załogować się za pomocą symulowanych terminali telewizyjnych Knight lub poprzez Internet dzięki interfejsowi IMP.

Ani emulator, ani wykorzystywane oprogramowanie nie jest wykonane przez autora tej konstrukcji. Jest on jedynie odpowiedzialny za fizyczną formę układu ze wszystkimi niezbędnymi przyciskami i kompletem świateł kontrolnych.

Dokumentacja projektu jest dostępna na stronie z projektem na portalu Hackaday.io. Możliwe jest pobranie wszystkich plików KiCad i innych, dla osób, które zainteresowane są wykonaniem tego rodzaju kopii PDP-10.

<https://bit.ly/381AVgL>



Pixels – kości z Bluetooth i diodami LED

Pixels to zestaw „elektronicznie wspomaganych” kości do gier planszowych i fabularnych. Mogą być używane jako zamiennik zwykłych kości, ale posiadają szerokie spektrum dodatkowych opcji a konfiguracja jest wykonywana przez Bluetooth. Można ich również używać do śledzenia wszystkich twoich rzutów, kierować telefonem do odtwarzania efektów dźwiękowych, a nawet grać w gry RPG online.

Zaprezentowane kości świecą wszystkimi kolorami, wiedzą, w jaki sposób się toczą i można je konfigurować za pomocą aplikacji w telefonie. Są tego samego rozmiaru, co zwykle wielościenne kości do gry i mogą być używane, jako ich pełen zamiennik w grach planszowych czy RPG.



Dzięki swojej unikalnej konstrukcji i cechom, są niesamowicie mocne i w pełni wodoodporne ale w dłoni leżą jak zwykłe kostki. Obecnie autor zbudował tylko prototyp dla kości 6- i 20-ściennej ale planuje opracowanie kompletnego zestawu do D&D, gdy projekt będzie gotowy do np. uruchomienia kampanii finansowania społecznościowego.

Kostki wykorzystują mikrokontroler ze wsparciem dla interfejsu Bluetooth (RFD77101), akcelerometr (MMA8452Q) i diody LED RGB. Wszystko umieszczone jest na elastycznej płytce drukowanej, która jest następnie składana w wielościenne kształt każdej kości. Ponadto kostki zawierają niewielki akumulator i małą cewkę do bezprzewodowego ładowania.

Chociaż głównym celem kości jest dodanie ciekawych efektów wizualnych do istniejących gier, możliwe jest zintegrowanie ich z innymi technologiami – od śledzenia statystyk po integrację z grami online. Istnieje wiele możliwości związanych z tymi małymi urządzeniami po podłączeniu ich do telefonu lub komputera.

<https://bit.ly/37XsCIW>



Sieć radiowa LoRa do komunikacji na wypadek katastrof naturalnych

Sieć DAN – sieć awaryjna dedykowana do wykorzystania w obszarach np. katastrof naturalnych, zaprojektowana jako kratowa sieć bezprzewodowa, wykorzystująca modulację LoRa do połączeń punkt-punkt oraz punkt-wiele punktów.

DAN oferuje bardzo taną sieć komunikacyjną, która może być całkowicie zasilana energią słoneczną. Dzięki temu systemy te idealnie nadają się do zastosowania w miejscach odciętych od instalacji energetycznych. Dodatkowo, dzięki niskiemu kosztowi, komunikatory takie można dostarczyć każdemu potrzebującemu.

Oprogramowanie układowe działa na tanich, gotowych płytach programistycznych z układem ESP32. Użytkownicy łączą się z lokalnym hotspotem Wi-Fi, aby uzyskać dostęp do interfejsu czatu w przeglądarce. Istnieje również opcjonalna aplikacja Bluetooth na Androida, która oferuje także lokalne mapy. Zakłada się, że urządzenia w sieci kratowej LoRa mają tylko jeden wielokierunkowy transceiver radiowy, chociaż projekt systemu zezwala na obsłużenie dwóch transceiverów. Oznacza to, że każda decyzja o routingu sprowadza się do jednego pytania, które każdy węzeł zadaje sobie po otrzymaniu pakietu. Czy retransmitować pakiet danych dalej, czy nie?

Oprogramowanie DAN składa się z jednego serwera i pewnej liczby klientów, a także oprogramowania pośredniego, które znajduje się

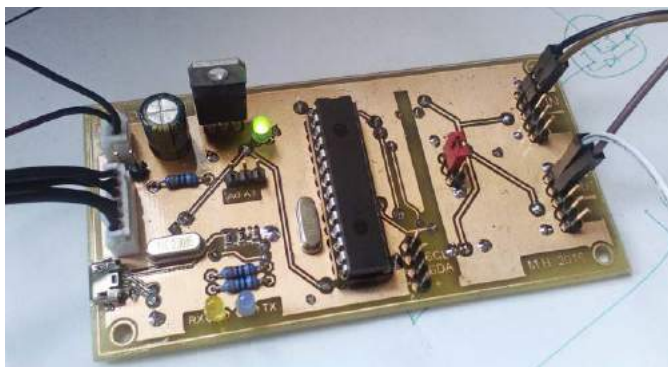


między klientami a serwerem. Określenia „serwer” czy „klient” użyte są tutaj w sensie logicznym, programowym, a nie dosłownym, sieciowym. Obecnie autor zaprojektował i wdraża następujące moduły:

- DisasterServer:
 - DisasterRadio: główny „serwer”, który odbiera wiadomości od klientów i wysyła je do innych klientów.
- DisasterClient:
 - LoRaClient: interfejsy z LoRaLayer2,
 - WebSocketClient: połączenia WebSocket z aplikacjami internetowymi,
 - StreamClient: moduł dla Arduino Stream, obecnie używany też z konsolą szeregową,
 - TCPClient: dla serwera typu telnet,
 - HistoryRecord: zapisuje wiadomości na karcie SD (lub ograniczonej kolejce w pamięci),
 - OLEDClient: wyświetla komunikaty na ekranie (głównie do celów debugowania, ale ostatecznie do użycia, jako mobilny terminal DAN),
 - GPSCClient: obecnie testowany moduł z podłączonym poprzez interfejs szeregowy modulem GPS do sygnalizowania pozycji użytkownika.
- DisasterMiddleware (oprogramowanie pośrednie):
 - WelcomeMessage: (bardzo prosty wpis w *main.cpp*) pokazuje klientom wiadomość powitalną podczas łączenia,
 - HistoryReplay: pokazuje historię klientom, kiedy się łączą,
 - Console: implementuje prostą konsolę z czatem (podobną do aplikacji internetowej) oraz kilka poleceń o składnie podobnej do IRCa.
- DisasterHistory:
 - HistorySD: zapisuje historię na karcie SD,
 - HistoryMemory: zapisuje historię w ograniczonej kolejce w pamięci (domyślny limit to 10 wiadomości).

Komunikatory DAN mogą korzystać z Bluetooth, czy Wi-Fi, aby uzyskać dostęp do urządzenia. Karty domyślnie są ustawione w trybie Wi-Fi. Aby móc korzystać z aplikacji w wersji Bluetooth i aplikacją na Androida konieczne jest przeflashowanie urządzenia zmienionym programem.

<https://bit.ly/3fObLhW>



Płytki uruchomieniowa dla mikrokontrolera dsPIC

Jest to prosta płytka rozwojowa, która jest jednym ze starszych projektów autora. Wykonana została w domowej pracowni, łącznie z PCB wytrawionym domowym sposobem. Płytkę tę jest przeznaczona dla układu dsPIC33FJ32GP202, ale może być również używana z wieloma innymi mikrokontrolerami dsPIC w 28-pinowej obudowie DIP. Zawiera 16-bitowy przetwornik ADC LTC2364, 16-bitowy DAC LTC2642 oraz interfejs USB (wirtualny port COM). Sygnał wejściowy AC jest przesuwany i wyśrodkowany na 1,65 V za pomocą OPA365. Taki sam wzmacniacz operacyjny służy do buforowania wyjścia przetwornika cyfrowo-analogowego.



Na płytce nie ma m.in. filtrów antyaliasingowych itp., ale można je podłączyć do 5-pinowych gniazd IN/OUT. W tym celu autor zaprojektował filtry typu „plug and play”, ale niestety ich projekt zaginął w dokumentach autora. Na płytce jest również złącze dla interfejsu I²C do podłączania zewnętrznych czujników itp.

<https://bit.ly/3drQW0w>



Moco 12-Pro, czterożony robot z druku 3D

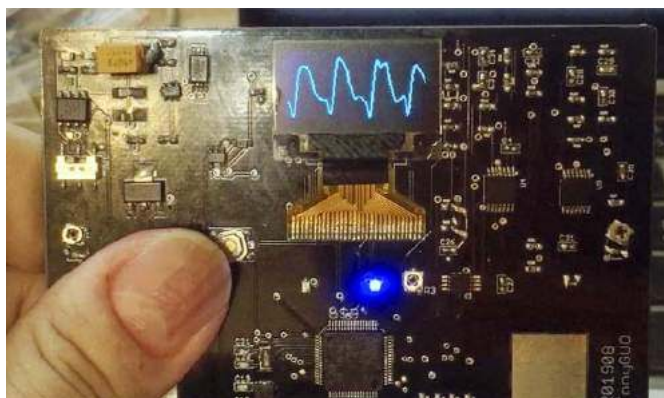
Moco 12-Pro to czterożony model robota kroczącego. Pliki STL odpowiednie do druku 3D oraz dokumentację dla sterownika tego robota można pobrać z repozytorium na GitHub. Niestety cała dokumentacja i opisy są w języku chińskim (autor dopiero pracuje nad wersją w języku angielskim). W porównaniu z innym czterożonymi robotami, w tej konstrukcji zastosowano kilka ciekawych pomysłów:



- kreator robota, pozwalający na prostą konfigurację przed uruchomieniem oprogramowania i sterownika w innej konstrukcji,
- obsługę kalibracji kąta w czasie rzeczywistym,
- możliwość dopasowywania innych parametrów robota zdalnie, w czasie rzeczywistym,
- wsparcie dla szybkiego testowania nowych modułów,
- lokalne zapisywanie parametrów robota.

Moco to wieloplatformowe oprogramowanie obsługujące sterownik robota Moco do szybkiej konfiguracji i regulacji parametrów. Można go wdrożyć na systemach Windows i Ubuntu, gdyż pracuje z wykorzystaniem Pythona. Pozwala na prostą konfigurację robota, a jednocześnie wspiera szybkie zmienianie parametrów konfiguracji.

<https://bit.ly/3euInmT>



Prosty i nieinwazyjny układ do pomiaru tętna i ciśnienia krwi

Projekt ten to platforma do pomiaru tętna i ciśnienia krwi bez mankietu z pomiarem EKG za pomocą tylko dwóch elektrod, bez



konieczności przypinania elektrody do prawej nogi. Układ mierzy także czas przybycia impulsu (PAT) z wykorzystaniem sygnału EKG i PPG, a także mierzy opóźnienie czasowe między kompleksem QRS sygnału EKG i dowolnym pikiem skurczowym sygnału PPG. Wszystko to jest możliwe dzięki wykorzystaniu tak zwanego pomiaru fali tętna i jej prędkości.



Prędkość fali tętna mówi o prędkości z jaką impuls ciśnienia krwi rozchodzi się przez układ krążenia (zwykle tętnice). Pomiar tej prędkości stosowany jest klinicznie, jako miara sztywności tętnic i może być łatwo zmierzony nieinwazyjnie u ludzi, przy czym zalecaną metodą jest pomiar na tętnicy szyjnej i udowej. Jest to wysoce powtarzalna metoda, pozwalająca na przewidywanie przyszłych problemów sercowo-naczyniowych. Została uznana przez Europejskie Towarzystwo Nadciśnienia Tętniczego, jako jeden ze wskaźników uszkodzenia układu krwionośnego i jest przydatnym dodatkowym testem w badaniu nadciśnienia.

<https://bit.ly/382vTAM>



Monitor filtra DPF dla samochodu

„Po dwóch poważnych problemach z filtrem DPF postanowiłem zbudować małe urządzenie do monitorowania jego stanu podczas jazdy” objaśnia swoją motywację autor tej konstrukcji. Jest to małe urządzenie, które podłącza się do gniazda diagnostycznego OBD samochodu. Wyposażone jest w mały wyświetlacz, który autor umieścił w kratce wentylacyjnej. Wyświetlacz pozwala na prezentowanie parametrów filtra DPF w czasie niemalże rzeczywistym.



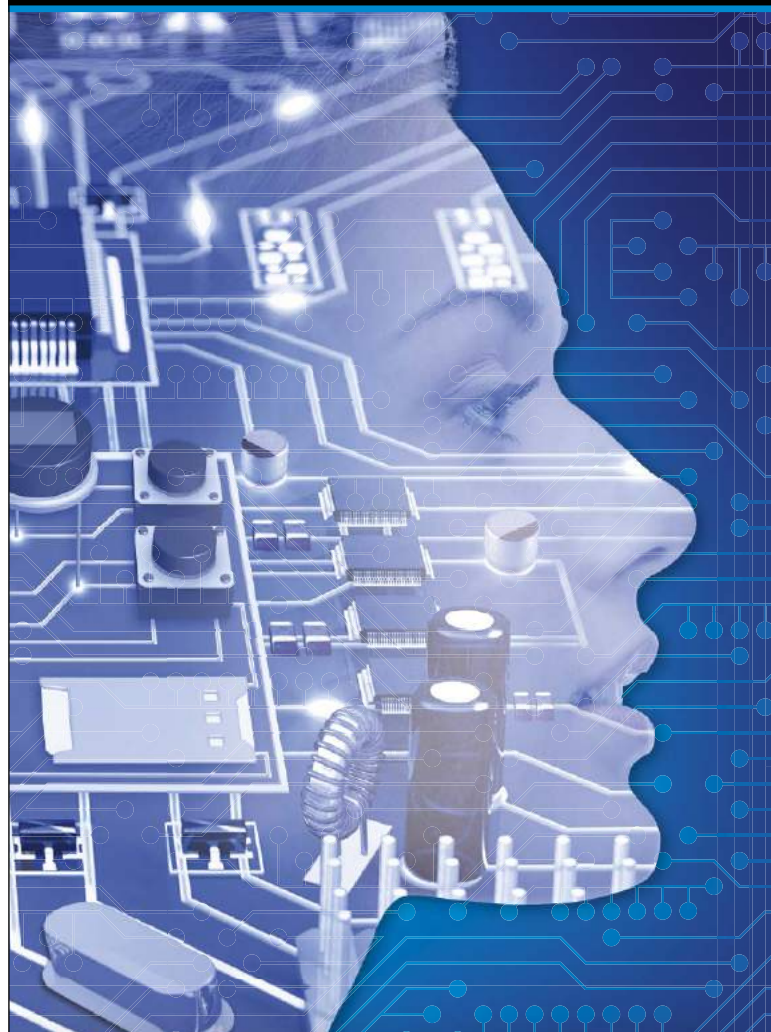
Konstrukcja bazuje na Arduino Nano. Mikrokontroler jest dołączony do interfejsu CAN samochodu i przetwarza przesyłane informacje. Migające komunikaty są wyświetlane, jako alert za każdym razem, gdy aktywny jest sygnał „REGEN”, informujący o zbliżającej się konieczności regeneracji filtra DPF. Dodatkowo wyświetlanych jest kilka wartości: temperatura silnika, temperatura spalin, masa sadzy i popiołu, przeciwnieśnienie (między turbo a DPF) i przebieg od ostatniej udanej regeneracji.

Jeżdżąc codziennie tylko na krótkich dystansach, prędzej czy później filtr DPF zatka się. Za pomocą tego monitora można sprawdzić bieżący status filtra DPF i w razie potrzeby, przejechać szybciej kilka kilometrów np. autostradą, aby umożliwić regenerację filtra.

<https://bit.ly/3duk8UP>

Konwerter USB-RS232 z izolacją galwaniczną

Jest to przewodowy adapter konsoli BTCON RS232, zbudowany przy użyciu konwertera protokołu MCP2200 USB-UART firmy Microchip i cyfrowego izolatora Siicon21s Si8621AB-B-IS. Oryginalny adapter, jaki zbudował autor, wykorzystywał interfejs



ELEMENTY HIGH-TECH do Twoich innowacji

Jako jeden z wiodących dystrybutorów elementów elektronicznych, oferujemy na całym świecie szeroki wachlarz produktów, kompetentne wsparcie techniczne podczas opracowywania i projektowania produktów, indywidualne rozwiązania logistyczne oraz kompleksowe usługi serwisowe.

- Półprzewodniki
- Elementy elektroniczne bierne
- Elementy elektromechaniczne
- Wyświetlacze i Monitory
- Płyty i Systemy Komputerowe
- Technologie pamięci
- Technologie bezprzewodowe

Informacje o RUTRONIK

+48 (32) 461 2000 | rutronik_pl@rutronik.com

www.rutronik.com



COMMITTED TO EXCELLENCE

Consult | Components | Logistics | Quality



Bluetooth, ale miał on pewne problemy z kompatybilnością w niektórych systemach operacyjnych, ponadto obecne w otoczeniu zakłócenia elektromagnetyczne, czasami uniemożliwiały niezawodną komunikację z układem.



Zastąpienie połączenia bezprzewodowego kablowym USB wymusiło dodanie izolacji galwanicznej. Idealnie funkcję tę pełni cyfrowy izolator Si8621AB-B-IS firmy Silicon Lab. Konwerter MCP2200 sprawia, że konstrukcja jest bardzo prosta, zbudowana z zaledwie kilku elementów. W rzeczywistości jest pochodną płytki demonstracyjnej USB-UART Microchip (ADM00276). Względem tej płytki, układ ma lepiej filtrowane zasilanie, aby możliwe było wykorzystywanie układu w otoczeniu mocno narażonym na zakłócenia.

Si8621AB zapewnia izolację do 2,5 kV i jest komponentem uznanym przez kwalifikację UL 1577. Płytkę nie została zaprojektowana, aby spełnić określone wymagania UL dotyczące upływności czy odpowiedniego prześwitu pomiędzy elementami, a sam system nie został przetestowany pod względem w/w normy. Z uwagi na zastosowanie izolatora, konieczne jest dostarczenie napięcia 5 V do układu, aby zasilic stronę wtórną konwertera. Jest on zasilany poprzez złącze microUSB z typowego zasilacza czy ładowarki USB.

MCP2200 musi zostać zaprogramowany za pomocą narzędzia konfiguracyjnego Microchip, aby diody LED Rx/Tx odpowiednio działały. Nieużywane piny GPIO powinny być również skonfigurowane, jako logiczne niskie wyjścia, aby zwiększyć odporność układu na zakłócenia.

<https://bit.ly/3dpWOav>

Komputer Powerbook z Raspberry Pi

Jednym z największych problemów przy tworzeniu oprogramowania czy sprzętu dla Raspberry Pi jest brak fizycznej mobilności. Aby wyjść naprzeciw temu problemowi autor postanowił przerobić niefunkcjonalnego Powerbooka w laptopa, wykorzystującego komputer jednopłytkowy Raspberry Pi.



Klawiatura tego Powerbooka jest w zasadzie jedynym komponentem, który wydaje się być w dobrej formie, dlatego zostanie wykorzystana do współpracy z „Maliną”. Podobny plan dotyczy matrycy LCD, jaka znajduje się w komputerze. Śledźcie postępy autora w realizacji tego ciekawego projektu na portalu Hackaday.io.

<https://bit.ly/3dnICyN>



Przeróbka starego pilota uniwersalnego

Pokazana przeróbka programowalnego pilota zdalnego sterowania wykorzystuje mikrokontroler ATmega328pb, który jest zoptymalizowany do pobierania bardzo małej mocy podczas pracy. Autor konstrukcji szukał pilota dla swoich starszych rodziców. Musiał on być prosty w obsłudze, a także kompatybilny z różnymi urządzeniami. Udało mu się taki znaleźć, ale niestety nie pozwalał na programowanie współpracy z szeregiem urządzeń. Autor zdecydował się na podmiannę elektroniki na taką, która bazuje na nowoczesnym i energooszczędnym mikrokontrolerze.



Standardowy pilot ma dwie płytki drukowane, jedną na klawiaturę, a drugą mniejszą, która zawiera mikrokontroler i niezbędne komponenty do nadawania w podczerwieni. Jedynym sposobem było zastąpienie mniejszej płytki własną – z mikrokontrolerem. Przy tej okazji autor poprawił również wyjście IR, dzięki czemu pilot działa teraz w zasięgu niemalże dziesięciu metrów od urządzenia! Przy tym jest on niezwykle energooszczędny – działa z tymi samymi dwoma bateriami AA, przez co najmniej 6 miesięcy.

<https://bit.ly/2NltwiX>

Chcesz czytać nasze najnowsze artykuły jeszcze przed wydrukowaniem w EP?

Zajrzyj na

www.ep.com.pl/EPwtoku

Inteligentna rękawiczka dla rowerzystów

Lato to doskonały okres na jazdę rowerem i warto przy tym zadbać o bezpieczeństwo, szczególnie wieczorem i w nocy. Rowery nie są wyposażane w kierunkowskazy, ale ich dodanie poprawia widoczność pojazdu na drodze, zwiększając tym samym bezpieczeństwo, nie tylko rowerzysty.



Rower, zgodnie z przepisami (rozporządzenie Ministra Transportu z 6.06.2013 w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz ich niezbędnego wyposażenia, Dz. Ustaw 2013 poz. 951.) powinien posiadać: co najmniej jedno światło barwy białej lub żółtej, skierowane do przodu; co najmniej jedno światło odblaskowe barwy czerwonej, o kształcie innym niż trójkąt; co najmniej jedno światło pozycyjne barwy czerwonej, skierowane do tyłu. Nie ma ani słowa o kierunkowskazach, które w warunkach drogowych, szczególnie w mieście, są bardzo przydatne.

Rowerzysta, na ogół, sygnalizuje chęć skrętu poprzez wyciągnięcie ręki w odpowiednim kierunku, jednakże gest ten jest słabo widoczny, szczególnie przy niedostatecznym oświetleniu itp. Problem ten rozwiązuje sygnalizacja manewru kierunkowskazami. Autor opisanego poniżej projektu stworzył właśnie taki system oświetlenia. Składa się on ze specjalnych rękawiczek z sensorami gestów oraz panelu LED, montowanego np. na plecaku, bądź plecach, który wyświetla informacje o kierunku jazdy roweru.

Inspiracją do stworzenia projektu był fakt, że autor dojeżdża codziennie do pracy rowerem. Byłaby to duża przyjemność, gdyby nie to, że mieszka on w jednym z najbardziej zatłoczonych miast Francji, gdzie wypadki między samochodami i rowerzystami zdarzają się dość często. Problem pogłębia brak ścieżek rowerowych i konieczność poruszania się ulicami. Projekt ma pomóc użytkownikom dróg w lepszej komunikacji. „Z mojego punktu widzenia większość niedomówień, jakie widzę między użytkownikami dróg, wynika z tego, że niektórzy użytkownicy dróg źle interpretują zachowanie innych” – opisuje autor, mówiąc o projekcie. „Za pomocą tego urządzenia chcę sprawić, aby użytkownicy dróg lepiej się rozumieli: strzałki wskazują kierunek skrętu, a dodatkowo można wyświetlać tekst”.

Słowo „inteligentna” w nazwie projektu znalazło się nieprzypadkowo. W systemie zastosowano bowiem techniki uczenia maszynowego – sztucznej inteligencji. A rękawiczka? Projekt powstał zimą,

Ze względu na długość listingów, są one dostępne na stronie artykułu: <https://bit.ly/37UN4Uz> – dla prenumeratorów, jeszcze przed ukazaniem się wydania papierowego. Równoległe do pobrania ze strony <http://media.avt.pl>.



więc naturalne było zintegrowanie detektora gestów z zimowymi rękawiczkami. Autor jednak szybko zdał sobie sprawę, że to nie najlepszy pomysł. W miejscu gdzie mieszka, latem jest dosyć gorąco, więc rękawiczka byłaby niekomfortowa. Dlatego cały system finalnie umieszczono w obudowie, montowanej na dłoni, ale nazwa projektu pozostała taka sama.

Zasada działania systemu

Układ rękawiczki bazuje na płytce z rodziny Arduino, która zbiera dane z żyroskopu i akcelerometru. Oprogramowanie Arduino wykorzystuje algorytm uczenia maszynowego, osadzonego na frameworku tinyML, który jest zoptymalizowaną wersją TensorFlow Lite, przeznaczoną do pracy na platformach wbudowanych o ultraniskim poborze energii, takich jak Arduino. Algorytm umożliwia także rozpoznawanie gestów ręki: każdy jej ruch jest analizowany i klasyfikowany (ręka przechylona w lewo, prawo, przód, tył itp.).

Sygnal z Arduino, odpowiedzialny za rozpoznawanie gestów, jest przesyłany przez Bluetooth Low Energy (BLE) do innego mikrokontrolera podłączonego do matrycy diod elektroluminescencyjnych (LED), umieszczonej np. na plecaku. Matryca wyświetla wzory zależne od gestów użytkownika, aby inni użytkownicy drogi wiedzieli co zamierza rowerzysta. Dla przykładu, układ może wyświetlać strzałki w prawo lub w lewo, sygnalizując zamiar skrętu, ale może także wyświetlać tekst.

Projekt inspirowany jest dwoma innymi rozwiązaniami. Jak często bywa z systemami tworzonymi w ekosystemie Arduino, autor

nie zaczynał od zera, ale skorzystał z doświadczeń innych, aby pójść o krok dalej i zrobić coś bardziej zaawansowanego. Pierwszym projektem, jest system rozpoznawania gestów na platformie Arduino Nano 33 BLE SENSE, który opisano tutaj: <https://bit.ly/2Yod3km>. Drugim nie jest konkretny projekt, ale koncepcja paneli LED dla rowerzystów. Istnieje wiele tego rodzaju projektów. Niektóre są plecakami ze zintegrowaną matrycą LED, inne składają się z matrycy, którą można przymocować w dowolnym miejscu. We wszystkich przypadkach panele sterowane są za pomocą klasycznego pilota.

Wymagane elementy

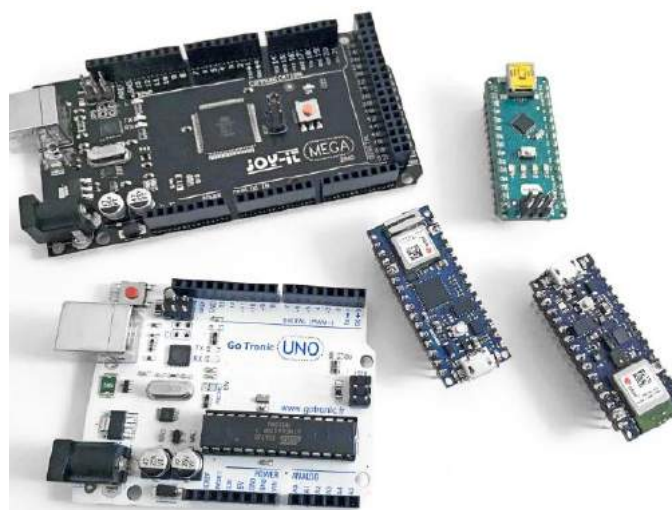
Do wykonania obudów poszczególnych elementów, potrzebny będzie dostęp do drukarki 3D. Wszystkie elementy drukowane są z PLA, więc drukarki dostępne na rynku powinny sobie poradzić. Dodatkowo, do skrócenia i montażu obudowy potrzebne będą śrubki i nakrętki M3 oraz rzep (obie strony).

Spośród komponentów elektronicznych potrzebne będą:

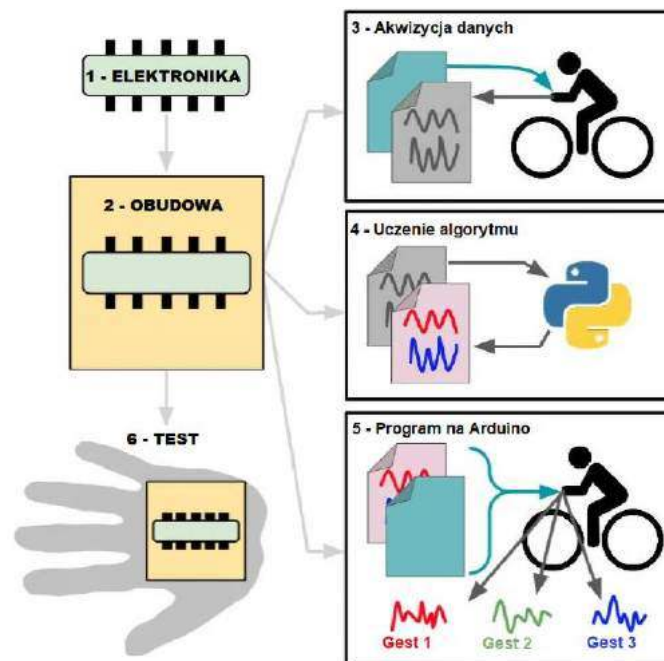
- moduł Arduino Nano 33 BLE SENSE,
- inny moduł z wbudowanym interfejsem BLE (Arduino Nano 33 BLE, Arduino 33 BLE SENSE, Arduino NANO 33 IOT, ESP32, etc.) – autor zdecydował się na zastosowanie ESP32,
- adresowalny pasek LED (np. WS2812B) – autor zastosował w swoim projekcie 160 diod, do budowy macierzy 20×8 LED,
- poczwórny translator poziomów (3,3 V do 5 V) – 74AHCT125 lub analogiczny układ z elementów dyskretnych,
- kondensator 1000 µF.
- trzy przyciski SPDT,
- płytki uniwersalna i cienki kabelek do połączeń (np. kynar),
- bateria 9 V z stosownym klipsem,
- powerbank z wyjściem USB.

Na rynku jest wiele ciekawych modułów Arduino, jak pokazano na **fotografii 1**, ale autor zdecydował się na zastosowanie Arduino Nano 33 BLE SENSE, ponieważ jako jedyna posiada wbudowane, odpowiednie czujniki i obsługuje framework Tensorflow Lite. Co ważne, wszystkie płytki z rodziny Arduino Nano 33 (IOT, BLE oraz BLE SENSE) posiadają interfejs Bluetooth, dzięki czemu mogą sprawdzić się jako kontroler matrycy LED, odbierający sygnały Bluetooth.

Dodatkowo, przed przystąpieniem do realizacji projektu, warto zapoznać się z podstawami uczenia maszynowego na Arduino. Można zacząć od kursu dostępnego tutaj: <https://bit.ly/2Yod3km>. Znajduje się tam wprowadzenie do klasyfikacji gestów z wykorzystaniem algorytmów AI.



Fotografia 1. Przykładowe moduły z ekosystemu Arduino



Rysunek 2. Plan pracy, jaki przyjął autor projektu

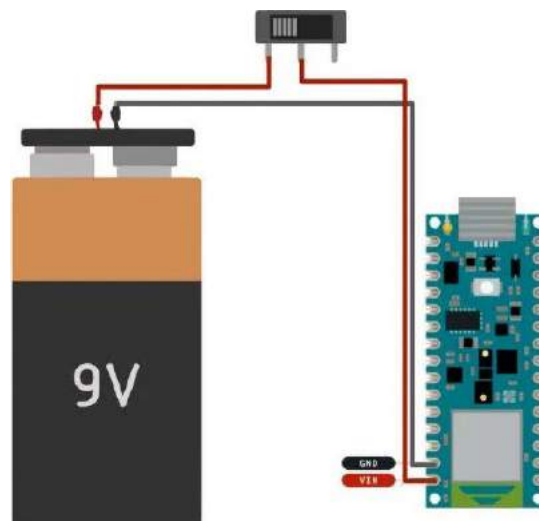
Rękawiczka

Ogólny plan pracy nad urządzeniem, z podziałem na etapy, pokazano na **rysunku 2**. Obejmuje on tak pracę nad sprzętem (elektroniką i jej integracją z rękawiczką oraz obudową), jak i prace nad inteligentnym oprogramowaniem do sterowania światłami.

Układ elektroniczny, który instaluje się w rękawiczkę, jest bardzo prosty. Składa się z trzech elementów (**rysunek 3**): modułu Arduino Nano 33 BLE SENSE, baterii 9 V do zasilania oraz włącznika (autor zastosował hebelkowy, ale dowolny przełącznik w konfiguracji SPDT będzie się tutaj nadawał). Dzięki temu, że wszystkie wymagane sensory (żyroskop i akcelerator) zintegrowane są na płytce Arduino, nie ma potrzeby podłączania dodatkowych czujników do płytki, co upraszcza cały układ.

Obudowa dla wykrywacza gestów wykonana została w całości w druku 3D. Składa się z dwóch plastikowych, wydrukowanych elementów i paska z rzepem, który służy do zamontowania urządzenia na dłoni. Obudowę pokazano na **fotografii 4**.

Pierwsza żółta część zawiera płytkę Arduino, baterię i przełącznik. Autor dodał wycięcie, które pozwala na ładowanie zastosowanego akumulatora (ogniwo w formie baterii 9 V, ładowane poprzez microUSB). Wycięcia pozwalają również na programowanie modułu Arduino bez konieczności rozbierania obudowy. W części czarnej,



Rysunek 3. Schemat elektroniki w rękawiczkę



Fotografia 4. Obudowa sensora

przygotowane zostały podobne otwory jak w pierwszej części obudowy. Dodatkowo jest też otwór w miejscu, gdzie znajduje się dioda LED RGB na płytce. Dzięki temu widoczne jest światło diody, mimo że układ zamknięty jest w obudowie.

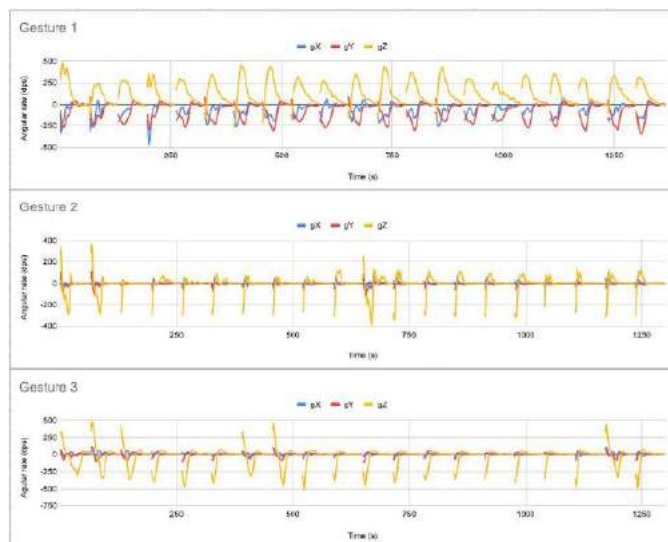
Algorytm

Zbieranie danych

Uczenie algorytmu musi zacząć się od zebrania danych i opracowania tzw. zbioru uczącego. Wykorzystany zostanie sam sensor, z wgranym specjalnym oprogramowaniem, które pokazano na **listingu 1**. Program posiada prekonfigurowany próg wartości żyroskopu. Po jego przekroczeniu, Arduino zaczyna przysyłać pomiary do komputera, celem rejestracji. Szkic zapala diodę LED na inny kolor co 20 ruchów. W ten sposób wiadomo, kiedy zmieniać wykonywany gest (potrzebne jest wiele powtórzeń tego samego gestu, aby opracować zbiór uczący).

W czasie akwizycji nagrywano następujące gesty:

- ramię skierowane w lewo (typowy gest dla rowerzystów wskazujący skręt w lewo),
- naciśnięcie hamulca (ruch palców, sięgających do rączki hamulca na kierownicy),
- pochylenie dłoni do tyłu,
- pochylenie dłoni do przodu,
- pochylenie dłoni w lewo,
- pochylenie dłoni w prawo.



Rysunek 5. Przykładowe dane zebrane dla trzech różnych gestów z żyroskopu

Nic oczywiście nie stoi na przeszkodzie, aby uzupełnić powyższy zestaw o kolejne gesty.

Po zarejestrowaniu wszystkich gestów, ostatnią rzeczą do zrobienia jest skopiowanie danych wyświetlanych na monitorze portu szeregowego i zapisanie ich w plikach z rozszerzeniem .csv (wartości rozdzielone przecinkami). Przykładowy wykres odczytów z żyroskopu dla 20 powtórzeń danego gestu, pokazano na **rysunku 5**.

Trening

Do szkolenia algorytmu wykorzystany został framework tinyML. Opis szkolenia znacznie wykracza poza ramy tego artykułu. Cały kurs znaleźć można tutaj: <https://bit.ly/3dvwfAJ>. Autor zmodyfikował tylko kilka rzeczy, względem materiałów z poradnika.

W „Graph Data (optional)”, zmieniona została nazwa pliku na jeden z przygotowanych wcześniej:

```
filename = "Arm_left.csv"
```

Następnie należy zmodyfikować poniższy wiersz, aby wykreślić tylko dane z żyroskopu:

```
#index = range(1, len(df['ax']) + 1)
index = range(1, len(df['gx']) + 1)
```

W kolejnym kroku należy ująć w komentarz następujące wiersze, aby wyglądały następująco (ponownie po to, by nie używać danych z akcelerometru):

```
#plt.plot(index, df['ax'], 'g.', label='x',
linestyle='solid', marker=',')
#plt.plot(index, df['ay'], 'b.', label='y',
linestyle='solid', marker=',')
#plt.plot(index, df['az'], 'r.', label='z',
linestyle='solid', marker=',')
plt.title("Acceleration")
plt.xlabel("Sample #")
plt.ylabel("Acceleration (G)")
plt.legend()
plt.show()
```

W „Parse and prepare the data” dodać należy wszystkie nazwy, których użyto do opisu zebranych danych, zamiast przykładowych wpisów:

```
#GESTURES = ["punch", "flex",]
GESTURES = ["Arm_left", "Brake", "Hand_back-tilt", "Hand_front-tilt", "Hand_left-tilt", "Hand_right-tilt"]
```

Finalnie, zmienić należy ilość próbek na gest, jeśli taką samą zmianę dokonano również w szkicu Arduino:

```
#SAMPLES_PER_GESTURE = 119
SAMPLES_PER_GESTURE = 64
```

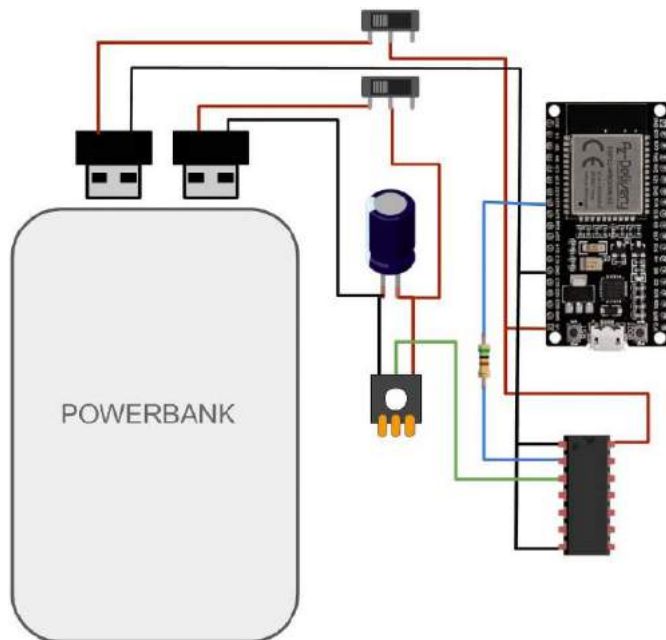
Ostatnią rzeczą do zmiany jest ujęcie w komentarz przyspieszenia w tensorze wejściowym algorytmu do treningu systemu:

```
tensor += [
    (df['ax'][index] + 4) / 8,
    (df['ay'][index] + 4) / 8,
    (df['az'][index] + 4) / 8,
    (df['gx'][index] + 2000) / 4000,
    (df['gy'][index] + 2000) / 4000,
    (df['gz'][index] + 2000) / 4000
]
```

Po wprowadzeniu zmian i uruchomieniu całego skryptu, można pobrać gotowy, wyszkolony model, który będzie działał jako klasyfikator wykonywanych gestów. Jeśli zajrzymy do pobranego pliku nagłówkowego (*model.h*), zobaczymy macierz liczb. Teraz pozostaje tylko zaimplementować model w szkicu Arduino, odpowiedzialnym za sterowanie systemem.

Implementacja Arduino

Ostateczny program kontrolera inteligentnej rękawiczki, to połączenie dwóch innych programów. Pierwszym jest znajdujący się w bibliotece



Rysunek 6. Schemat panelu LED

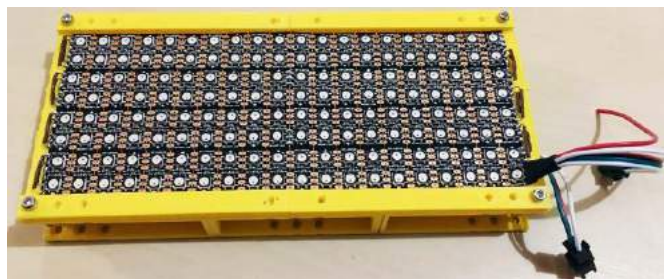
ArduinoBLE przykład, opisany jako LED. Drugi to klasyfikator IMU_Classifier, pochodzący z przykładów wykorzystania Tensorflow Lite, które obejrzeć można w repozytorium: <https://bit.ly/3fQIAkC>. Dokładny opis tych programów wykracza poza ramy tego artykułu, ale warto się z nimi zapoznać, czekając aż Arduino IDE skompiluje i załaduje szkic (listing 2) do pamięci mikrokontrolera.

Po załadowaniu skompilowanego programu do modułu w ręka-wiczce, można przejść do konstrukcji części wykonawczej systemu – panelu LED, do zamontowania na plecach rowerzysty.

Panel LED

Elektronika

Autor napotkał problemy podczas przesyłania szkicu – z biblioteki ArduinoBLE do płytki Arduino Nano 33 – obsługującego macierz LED. Zdecydował się zatem na użycie modułu z układem ESP32. Płytkę została podłączona jak na rysunku 6. Ponieważ zarówno Arduino Nano 33 BLE SENSE, jak i ESP32 komunikują się z poziomem logicznym 3,3 V, do układu dodany został translator poziomów 3 V do 5 V (74AHCT125), abyysterować diody LED RGB w macierzy. Dodano także kondensator 1000 µF do linii zasilania diod LED. Cały układ zasilany jest z powerbanku USB. Matryca LED (nie pokazana na schemacie) i moduł z mikrokontrolerem zasilane są z osobnych wtyczek USB w powerbanku, z uwagi na wysoki pobór prądu przez macierz LED.



Fotografia 7. Obudowa panelu LED RGB wraz z zainstalowanymi paskami LED-owymi

Obudowa

Obudowa panelu LED jest modułowa, można dopasować jej wielkość do własnego układu diod LED. Dzięki temu można wydrukować ją nawet na małej drukarce 3D. Pliki, potrzebne do druku, są do pobrania ze strony z projektem na portalu <http://instructables.com>. Gotowa, zmontowana obudowa, wraz z diodami RGB, pokazana jest na fotografii 7.

Firmware panelu LED

Podobnie jak w przypadku innych programów w urządzeniu, także ten powstał na podstawie innych, dostępnych skryptów. Autor wzorował się przykładem BLE_Write z biblioteki Arduino dla BLE ESP32 oraz „MatrixGFXDemo64” z biblioteki „FastLED NeoMatrix”. Finalny szkic, załadowany do modułu ESP32 pokazano na listingu 3.

Podsumowanie

Nadszedł czas, aby przetestować urządzenie. Za każdym razem gdy rozpoznawany jest gest, do panelu LED wysyłany jest sygnał i wyświetlany jest wzór. Dodatkowo, na rękawiczce zapala się dioda LED, informująca o poprawnym rozpoznaniu gestu. Jeśli system nie rozpoznaje poprawnie ruchów dłoni, konieczne może być ponowne wygenerowanie modelu z nowym zbiorem uczącym, szczególnie dla problematycznych ruchów. Jak przyznaje autor, zbiór danych uczących był zbyt mały, by zapewnić w pełni niezawodny model. Nagranie większej ilości ruchów dałoby lepszy model i mniej błędów w rozpoznawaniu gestów.

Projekt jest dobrym wstępem do świata systemów uczenia maszynowego. Dzięki wykorzystaniu otwartych narzędzi i niedrogiej płytki Arduino, każdy może stosować AI w swoim projekcie, nie tylko do klasyfikowania gestów, ale i dowolnych innych sygnałów. Tylko wyobraźnia jest tutaj granicą.

Nikodem Czechowski, EP

Źródło: <https://bit.ly/3hR3WjH>

REKLAMA



Prenumerujesz Elektronikę Praktyczną?

Zaloguj się na swoje konto Prenumeratora (www.avt.pl/uzytkownik)

i pobierz ZA DARMO e-wydania kilkudziesięciu czasopism z serii

#CzasNaCzytanie

Prenumeratę zamówisz na www.avt.pl/prenumerata



Sterownik taśm LED RGB+W zgodny z HomeKit

Szukając rozwiązań odpowiednich dla urządzeń z kategorii smarthome, trafiłem na bibliotekę, która pozwala uruchomić serwer HomeKit w urządzeniu. Biblioteka nazywa się esp-homekit a jej twórcą jest użytkownik o nicku maximkulkin. Dodatkowo biblioteka umożliwia generowanie kodu QR, za pomocą którego dodajemy urządzenie do aplikacji. Postanowiłem użyć biblioteki do budowy sterownika do taśm LED.

Pierwszy artykuł z kategorii smarthome mojego autorstwa, opublikowany w EP 09/19, dotyczył zdalnego sterowania oświetlenia na 230 V. W tamtej wersji sterownika wymagane było użycie mostka na Raspberry Pi, który umożliwiał kontrolowanie urządzenia poprzez aplikację Home firmy Apple. Po sterowniku oświetlenia konstruowałem kolejne sterowniki i uciążliwe stało się utrzymywanie instancji homebridge na Raspberry Pi oraz dodawanie do pliku konfiguracyjnego kolejnych akcesoriów.

Postanowiłem zagłębić się bardziej w protokół HAP. Okazało się, że Apple udostępniło instrukcję budowania aplikacji przy użyciu tego protokołu. Dodatkowo dostępne są specjalne mikrochipy, dzięki którym można uzyskać certyfikat zgodności z aplikacją. Niestety, żeby mieć dostęp do takich informacji, trzeba być deweloperem homekit, a w tym celu należy mieć firmę oraz specjalną licencję. Wyrobienie licencji wiąże się ze znacznymi kosztami, dlatego zrezygnowałem z tego.

Do budowy sterownika do taśm LED postanowiłem użyć wspomnianej wcześniej, biblioteki *esp-homekit* <https://bit.ly/3g8y-PyC>. Głównym wymaganiem stawianym sterownikowi taśm LED była uniwersalność

konstrukcji, dlatego urządzenie może sterować taśmami LED jednego koloru, RGB oraz, coraz częściej stosowanymi, RGB+W. Dostosowanie sterownika do typu taśmy odbywa się za pomocą odpowiedniej wersji programu.

Budowa i działanie

Jednostką sterującą urządzeniem jest moduł ESP8266 12F (fotografia 1), który wybrałem bez wahania. Zbudowałem już kilka różnych urządzeń na tym chipie i zawsze spełniał moje oczekiwania.

Ważnym elementem układu była przetwornica i tranzystory MOSFET do sterowania taśmą. Z racji tego, że na rynku dostępne są taśmy z różną wielkością diod



Fotografia 1. Moduł ESP8266 12F

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5778

Podstawowe parametry:

- mały, podłużny kształt, wymiary gotowego sterownika w obudowie: 26x48x16 mm,
- podłączany szeregowo między taśmą a zasilacz,
- zgodność z HomeKit,
- maksymalne obciążenie wyjść: 5 A dla każdego koloru,
- zasilanie 12 V.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

- AVT-5768 Zasilacz diod power LED 3,5 W (EP 5/2020)
- AVT-5733 Programowany sterownik LED dużej mocy (EP 12/2019)
- AVT-5706 Sterownik płynnego rozjaśniania i wygaszania oświetlenia LED (EP 8/2019)
- Projekt 237 Wyłącznik taśmy LED - bariera podczerwieni (EP 12/2018)
- AVT-1996 Bedlight - sterownik oświetlenia nocnego z czujką ruchu (EP 8/2018)
- AVT-1975 Powolny rozjaśniacz do taśm LED 12 V (EP 7/2017)
- AVT-5561 Efektowny sterownik oświetlenia (EP 12/2016)
- AVT-1918 Oświetlacz pierścieniowy LED (EP 8/2016)
- AVT-1912 Miniatury sterownik taśmy LED RGB (EP 7/2016)
- AVT-5536 Sterownik taśmy LED ze zdalnym sterowaniem (EP 4/2016)

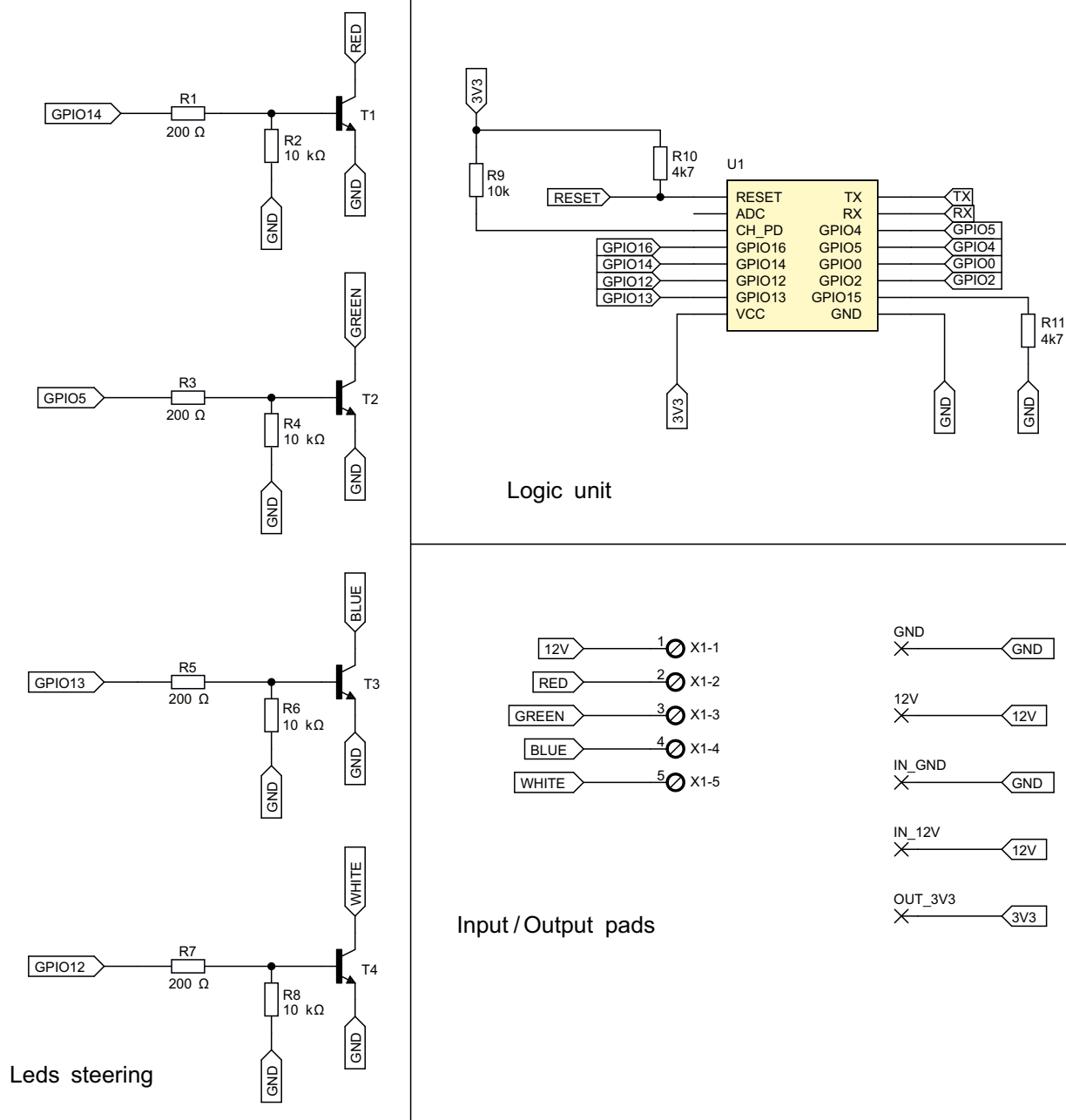
Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] - jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] - zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] - płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] - płytkę drukowaną [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 <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.



Rysunek 1. Schemat elektryczny urządzenia

LED, postawiłem wybrać N-MOSFET typu AO3400A. Prąd drenu wynosi aż 5 A, a obudowa to niewielkich rozmiarów SOT23. Po zagłębieniu się w temat przetwornic, doszedłem do wniosku, że nie jest łatwo samemu zaprojektować przetwornicę, gdyż istotne są takie parametry, jak np. grubości ścieżek. Udało mi się znaleźć gotowy moduł

regulowanej przetwornicy odpowiedniej dla prezentowanego sterownika. Przetwornica miała pady do montażu goldpinów, ale postanowiłem, że będzie montowana powierzchniowo. Wymagało to zaprojektowania

na płytce padów, które będą idealnie pasowały do tych z przetwornicy.

Po wybraniu wszystkich kluczowych komponentów przystąpiłem do projektowania schematu oraz płytki PCB w programie Eagle. Schemat elektryczny jest pokazany na **rysunku 1** a schemat płytki pokazują **rysunki 2 i 3**. Płytkę jest dwustronna, ponieważ podczas projektowania chciałem osiągnąć jak najmniejszy rozmiar oraz aby urządzenie było podłużne do wpięcia szeregowego między taśmę a zasilacz.

Montaż

Na płytce znajduje się niewiele elementów i nawet mniej doświadczone osoby poradzą sobie z montażem. Punkty dołączenia taśmy LED to pady pod złącze ARK z rastrem 2,54 mm, ale bez problemu można tam przyłutować kable ze złączkami taśm

Wykaz elementów:

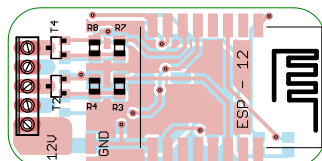
Rezystory: (SMD 0805)
R1, R3, R5, R7: 200 Ω
R2, R4, R6, R8, R9: 10 kΩ
R10: 4,7 kΩ

Półprzewodniki:

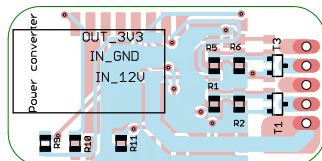
T1...T4: AO3400A N-MOSFET SOT23
U1: ESP8266 12F
przetwornica: DC/DC regulowana,
oznaczenie 9168 (<https://abc-rc.pl/>)

Pozostałe:

gniazdo zasilające DC 2.1/5.5 z przewodem przewód ze złączem do taśm LED obudowa



Rysunek 2. Schemat płytki PCB, strona TOP



Rysunek 3. Schemat płytki PCB, strona BOTTOM

LED. Zasilanie dostarczane jest za pomocą gniazda DC 2,1/5,5, które jest podłączone przewodami do płytki PCB. Zlutowaną płytkę pokazuje **fotografia 2 i fotografia 3**.

Dodatkowo postanowiłem zaprojektować obudowę do urządzenia. Program Eagle zawiera do niektórych elementów biblioteki 3D, a do innych należy je doinstalować samemu. Całą płytkę PCB wyeksportowałem do programu Fusion 360. Nie zwracałem uwagi na brak biblioteki do przetwornicy napięcia, gdyż na płytce były zaznaczone jej wymiary, a wysokość zmierzyłem suwmiarką. Wizualizację pokazuje **rysunek 4**.

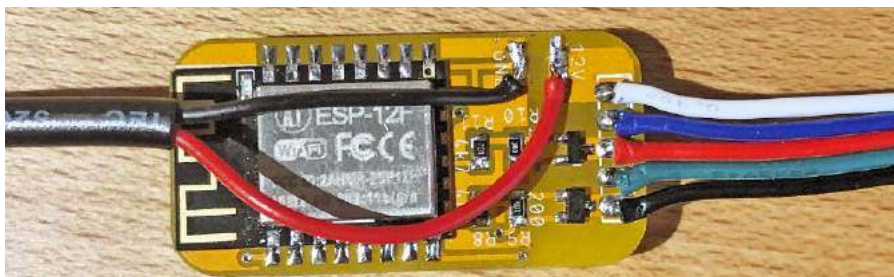
Obudowę wydrukowałem z materiału PETG. Zamykana jest na „klik”, wystarczy wcisnąć wieczko w obudowę. W środku postanowiłem zaprojektować dwa „klipsy”, które trzymają całą płytkę PCB. Wymiary gotowego sterownika w obudowie to 26×48×16 mm.

Oprogramowanie

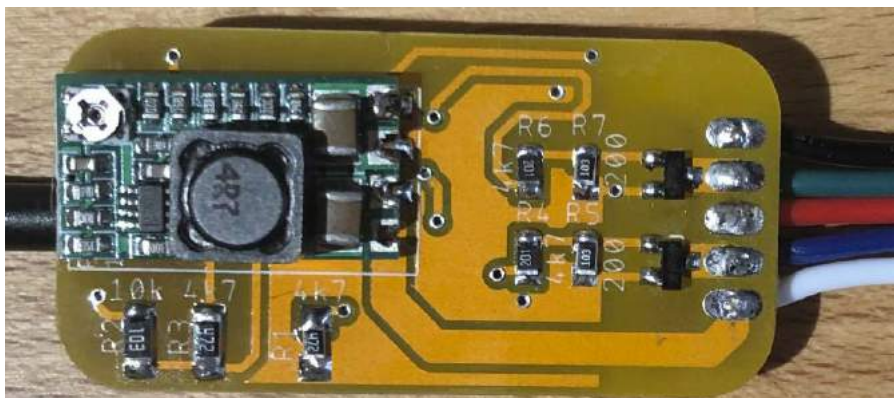
Opisane zostaną trzy warianty oprogramowania sterującego pracą urządzenia. Kod bazuje na darmowej bibliotece ESP-Homekit od użytkownika MaximKulkin. Biblioteka została opracowana do frameworka ESP-OPEN-RTOS (<https://bit.ly/2NCBJiX>). Język programowania to dalej C++. MaximKulkin zamieścił też przykładowe projekty na swoim githubie (<https://bit.ly/3g8yPyC>).

Sterowanie taśmą z jednym kolorem

Program składa się z minimum dwóch plików: *Makefile* oraz *main.c*. Zawartość pliku *Makefile* pokazuje **listing 1**. Na samym początku musimy zadeklarować nazwę programu (PROGRAM = LED_strip). Następnym krokiem jest dołączenie zewnętrznych bibliotek



Fotografia 2. Zmontowany sterownik, strona TOP



Fotografia 3. Zmontowany sterownik, strona BOTTOM



Rysunek 4. Wizualizacja obudowy

(EXTRA_COMPONENTS). Komponent WolfsSSL zapewnia nam szyfrowaną komunikację.

Następnie deklarujemy piny, do których jest dołączona taśma LED (w tej wersji jest

to tylko jeden pin) oraz deklarujemy rozmiar pamięci flash, w RTOS jest pomnożona przez 8, więc gdy w esp mamy 4 MB, to wpisujemy 32 (4×8). Ostatnim krokiem jest załączenie sdk (include \$(SDK_PATH)/common.mk).

Plik *main.c* można podzielić na bloki realizujące określone zadania:

Listing 1. Zawartość pliku Makefile

```
PROGRAM = led_strip
EXTRA_COMPONENTS = \
    extras/http-parser \
    extras/dhcpserver \
    extras/pwm \
    $(abspath ../../components/esp-8266/wifi_config) \
    $(abspath ../../components/esp-8266/cJSON) \
    $(abspath ../../components/common/wolfsssl) \
    $(abspath ../../components/common/homekit)
WHITE_PIN ?= 12
FLASH_SIZE ?= 32
EXTRA_CFLAGS += -I../../ -DHOMEKIT_SHORT_APPLE_UUIDS -DWHITE_PIN=$(WHITE_PIN)
include $(SDK_PATH)/common.mk
```

Listing 2. Import bibliotek i definicja pinów

```
#include <stdio.h>
#include <esp/uart.h>
#include <esp8266.h>
#include <FreeRTOS.h>
// biblioteka umożliwiająca stworzenie taska
#include <task.h>
// główna biblioteka homekit
#include <homekit/homekit.h>
// biblioteka pozwalająca na korzystanie z charakterystyk dla urządzeń homekit
#include <homekit/characteristics.h>
// biblioteka umożliwiająca konfigurację sieci wi-fi
#include <wifi_config.h>
// biblioteka umożliwiająca korzystanie z pwm na pinach
#include <pwm.h>

#ifdef WHITE_PIN
#error WHITE_PIN is not specified
#endif
```

Listing 3. Łączenie z siecią Wi-Fi

```
void on_wifi_event(wifi_config_event_t event) {
    if (event == WIFI_CONFIG_CONNECTED) {
        printf("Connected to WiFi\n");
    } else if (event == WIFI_CONFIG_DISCONNECTED) {
        printf("Disconnected from WiFi\n");
    }
}
```

Listing 4. Zmienna config

```
homekit_server_config_t config = {
    .accessories = accessories,
    .password = "248-12-524",
    .setupId = "1A20"
};
```

Listing 5. Inicjalizacja pwm

```
void init_pwm(){
    uint8_t pins[1];
    pins[0] = WHITE_PIN;
    pwm_init(1, pins, false);
    pwm_set_freq(1000);
    pwm_start();
}
```

Listing 6. Metoda identyfikacyjna urządzenia

```
void led_identify_task(void *_args) {
    pwm_set_duty(UINT16_MAX);
    vTaskDelay(1000 / portTICK_PERIOD_MS);
    pwm_set_duty(0);
    vTaskDelay(1000 / portTICK_PERIOD_MS);
    target = 100;
    led_write(led_on);
    vTaskDelete(NULL);
}

void led_identify(homekit_value_t _value) {
    xTaskCreate(led_identify_task, "LED identifying", 128, NULL, 2, NULL);
}
```

Listing 7. Gettery oraz Settery

```
homekit_value_t led_on_get() {
    return HOMEKIT_BOOL(led_on);
}

void led_on_set(homekit_value_t value) {
    led_on = value.bool_value;
    led_write(led_on);
}

homekit_value_t led_brightness_get() {
    return HOMEKIT_INT(led_brightness);
}

void led_brightness_set(homekit_value_t value) {
    target = value.int_value;
}
```

Listing 8. Sterowanie taśmą

```
void led_write(bool on) {
    // sprawdzamy, czy taśma led ma być włączona
    if(on){
        // Jeśli tak, to sprawdzamy, czy aktualny poziom jasności jest
        // mniejszy niż zadany, zmienna target
        if (led_brightness < target){
            // Jeśli tak to zwiększamy poziom jasności do zadanego
            while (led_brightness != target){
                led_brightness += 2;

                // Może się tak zdarzyć, że przeskoczmy poziom jasności o jeden na przykład,
                // gdy aktualny poziom to 21, a my zadany będzie 22
                // wtedy po wykonaniu się powyższej pętli otrzymamy wartość 23
                // dlatego poniżej porównywana jest wartość aktualna zadaną,
                // jeśli się okaże, że doszło do przeskoku
                // wtedy ustawiana jest jasność dokładnie taka jak zadana
                // oraz kończy się wykonywanie metody
                if (led_brightness > target){
                    led_brightness = target;
                    pwm_set_duty (UINT16_MAX * (led_brightness/100.00));
                    break;
                }

                pwm_set_duty(UINT16_MAX * (led_brightness/100.00));
                vTaskDelay(30 / portTICK_PERIOD_MS);
            }
        }
        // taśma ma być włączona oraz aktualny poziom jasności jest większy
        // niż zadany, więc należy ściemnić taśmę.
        else{
            while (led_brightness != target){
                led_brightness -= 2;
                // Tak jak to miało miejsce podczas rozjaśniania, może się zdarzyć, że
                // Przeskoczmy wartość o 1, dlatego zawsze jest sprawdzany warunek
                // czy aktualna wartość jest mniejsza niż zadana,
                // jeśli tak, to ustawiamy aktualną wartość na zadaną
                // i kończymy wykonywanie pętli.
                if (led_brightness < target){
                    led_brightness = target;
                    pwm_set_duty (UINT16_MAX * (led_brightness/100.00));
                    break;
                }

                pwm_set_duty(UINT16_MAX * (led_brightness/100.00));
                vTaskDelay(30 / portTICK_PERIOD_MS);
            }
        }
    }
    // taśma ma być wyłączona, więc dopóki aktualna wartość nie jest równa
    // zero, to taśma jest wygaszana.
    else {
        while (led_brightness != 0){
            pwm_set_duty(UINT16_MAX * (led_brightness/100.00));
            led_brightness -= 2;
            // tak jak wyżej może się zdarzyć, że będzie przeskoczek o jeden
            if (led_brightness < 0){
                led_brightness = 0;
                pwm_set_duty(0);
                break;
            }

            pwm_set_duty(UINT16_MAX * (led_brightness/100.00));
            vTaskDelay(30 / portTICK_PERIOD_MS);
        }
    }
}
```

- Import bibliotek i definicja pinów (listing 2). Na samym początku dodajemy standardowe biblioteki, których będziemy używać, a następnie sprawdzamy, czy pin został zadeklarowany, jeśli nie, to pojawi się błąd podczas kompilacji.
- Łączenie z siecią Wi-Fi (listing 3). Ten blok odpowiada za tak zwany event. W momencie, gdy połączymy się z siecią

Wi-Fi, w terminalu zostanie wyświetlony komunikat. Podobnie stanie się również podczas rozłączenia z siecią. Wykorzystałem to w celach informacyjnych podczas uruchamiania programu, by sprawdzić, czy cała płytka działa prawidłowo, więc esp było podpięte do komputera w trybie monitorowania. Poniższe „teksty” można zastąpić na przykład mignięciem diod przy połączeniu oraz podwójnym mignięciem na rozłączenie.

- Zmienna *config* (listing 4). Odpowiada za podstawowe informacje na temat serwera *homekit*. Pierwszy parametr to opis akcesoriów (w dalszej części artykułu zostanie opisany sposób budowy tego fragmentu), drugi to hasło dostępu, a trzeci to id urządzenia potrzebny do wygenerowania kodu QR.
- Inicjalizacja pwm (listing 5). Odpowiada za ustawienie pinu do obsługi PWM (o tym, jak stworzyć konfigurację akcesorium, będzie dalej, gdyż będziemy potrzebowali informacji, jak sterujemy taśmą LED). Najpierw tworzymy tablicę o rozmiarze *n* elementów. Liczba *n* określa liczbę pinów, które mają być sterowane pwm. Następnie wywoływana jest metoda *pwm_init* z biblioteki *pwm.h*. Pierwszy argument to nasze *n*, czyli liczba pinów, drugi to tablica z numerami pinów, trzeci to flaga *reverse*. Następnym krokiem jest ustawienie częstotliwości pwm. Standardowo jest to 1 kHz. Ostatni etap to wystartowanie PWM.
- Metoda identyfikacyjna urządzenia (listing 6). Kolejnym punktem na liście jest przygotowanie metody odpowiadającej za identyfikację urządzenia. Identyfikacja jest wykonywana podczas dodawania urządzenia do aplikacji. Moją propozycją identyfikacji urządzenia jest zapalenie diod LED na sekundę, zgaszenie a następnie zapalenie ze stopniowym rozjaśnianiem. Oczywiście każdy może napisać swoją metodę. Gdy mamy metodę, musimy utworzyć z niej tzw. *task*, który będzie uruchomiony. W tym celu zapisujemy metodę *LED_identify*.
- Gettery oraz Settery (listing 7). Aplikacja musi mieć możliwość pobrania oraz ustawienia kluczowych danych dla sterownika. Jest to między innymi stan urządzenia (on/off), aktualny poziom jasności, włączenie/wyłączenie taśmy oraz ustawienie poziomu jasności. Oczywiście do metod typu *set* zostanie przesłana wartość przez aplikację.
- Sterowanie taśmą (listing 8). Jest to główna metoda sterownika, odpowiada za włączenie i wyłączenie taśmy. W mojej wersji podczas ustawiania poziomu jasności będzie to robione stopniowo ze skokiem 2% co 30 milisekund, dzięki czemu czas zapalenia całej taśmy to 1,5 sekundy. Oczywiście można

Listing 9. Reprezentacja akcesorium

```
homekit_accessory_t *accessories[] = {
    HOMEKIT_ACCESSORY(.id=1, .category=homekit_accessory_category_lightbulb, .services=(homekit_service_t*[]){
        HOMEKIT_SERVICE(ACCESSORY_INFORMATION, .characteristics=(homekit_characteristic_t*[]){
            HOMEKIT_CHARACTERISTIC(NAME, "Light strip"),
            HOMEKIT_CHARACTERISTIC(MANUFACTURER, "Michael's Software"),
            HOMEKIT_CHARACTERISTIC(SERIAL_NUMBER, "0x10"),
            HOMEKIT_CHARACTERISTIC(MODEL, "Make It Light"),
            HOMEKIT_CHARACTERISTIC(FIRMWARE_REVISION, "1.0"),
            HOMEKIT_CHARACTERISTIC(IDENTIFY, led_identify),
            NULL
        }),
        HOMEKIT_SERVICE(LIGHTBULB, .primary = true, .characteristics = (homekit_characteristic_t*[]) {
            HOMEKIT_CHARACTERISTIC(NAME, "Light strip"),
            HOMEKIT_CHARACTERISTIC(
                ON, true,
                .getter = led_on_get,
                .setter = led_on_set
            ),
            HOMEKIT_CHARACTERISTIC(
                BRIGHTNESS, 100,
                .getter = led_brightness_get,
                .setter = led_brightness_set
            ),
            NULL
        }),
        NULL
    }),
    NULL
};

void user_init(void) {
    uart_set_baud(0, 115200);
    wifi_config_init2("Apple Home 0x10", NULL, on_wifi_event);
    homekit_server_init(&config);
}
```

Listing 10. Modyfikacje pliku Makefile dla wersji RGB

```
RED_PIN ?= 14
GREEN_PIN ?= 5
BLUE_PIN ?= 13
FLASH_SIZE ?= 32

EXTRA_CFLAGS += -I../.. -DHOMKIT_SHORT_APPLE_UUIDS -DRED_PIN=$(RED_PIN) -DGREEN_PIN=$(GREEN_PIN) -DBLUE_PIN=$(BLUE_PIN)
```

samemu dobrać wartość skoku oraz interwał czasowy. Z moich testów wynika, że to najlepsze wartości, gdyż czas pełnego zapalenia nie jest zbyt długi oraz efekt jest płynny. W analogiczny sposób przebiega gaszenie taśmy LED. Metodę można podzielić na kilka fragmentów:

- taśma LED ma być włączona,
 - zadany poziom jasności jest większy niż aktualny,
 - zadany poziom jasności jest mniejszy niż aktualny,
- taśma LED ma być wyłączana.

Listing 11. Sprawdzenie deklaracji pinów oraz dodanie niezbędnych zmiennych

```
#ifndef RED_PIN
#error RED_PIN is not specified
#endif
#ifndef GREEN_PIN
#error GREEN_PIN is not specified
#endif
#ifndef BLUE_PIN
#error BLUE_PIN is not specified
#endif

typedef union {
    struct {
        uint16_t blue;
        uint16_t green;
        uint16_t red;
    };
} rgb_color_t;

#define LED_RGB_SCALE 255

#define LFS 4

rgb_color_t current_color = {{ 0, 0, 0 }};
rgb_color_t target_color = {{ 0, 0, 0 }};

float led_hue = 0;
float led_saturation = 59;
float led_brightness = 100;
bool led_on = false;
```

Reprezentacja akcesorium (**listing 9**). Akcesorium reprezentuje tablica, gdyż jeden sterownik może pełnić funkcję dwóch urządzeń. Przykładem jest włącznik światła z podziałem na kilka punktów świetlnych. Podstawowe informacje o urządzeniu to:

- nazwa,
- producent,
- numer seryjny,
- model,
- wersja oprogramowania,
- metoda identyfikacji urządzenia.

Musimy również wskazać, jakiego typu jest to urządzenie, w tym przypadku jest to *lightbulb*.

Definiowane jest także to, czy źródło światła ma być włączone, czy nie. Ja ustawiłem, że tak i ma świecić z maksymalną jasnością. Dodatkowo wskazujemy nazwy funkcji odpowiedzialnych za sterowanie taśmą. Na koniec została metoda, która jest uruchamiana podczas podłączenia sterownika do zasilania *user_init*.

Sterowanie taśmą RGB

W oprogramowaniu do sterowania taśmą RGB dodatkowo pojawi się metoda odpowiedzialna za konwersję barwy oświetlenia z hsi na RGB. Najmniejsza zmiana jest w pliku *Makefile*, polega na dodaniu dodatkowych pinów oraz sprawdzeniu, czy piny rzeczywiście zostały dodane (**listing 10**).

Pierwsze miany w pliku programu to kod sprawdzający, czy wymagane piny

rzeczywiście zostały dodane oraz deklaracja kilku zmiennych, których potem będziemy używać, m.in. skala RGB i przesunięcie bitowe (**listing 11**). Musimy też przerobić metodę inicjalizującą urządzenie. W tej wersji taśma zapali się na czerwono na sekundę, po czym zgaśnie (**listing 12**).

Czas na najważniejszy fragment oprogramowania. Z aplikacji dostajemy kod koloru w formacie HSI i należy go przeformatować do RGB. HSI jest to przestrzeń barw, w której każdy kolor opisywany jest przez trzy wartości:

- H (Hue)** – barwa/odcień,
- S (Saturation)** – nasycenie,
- I (Intensity)** – intensywność.

Barwa przyjmuje wartości od 0 do 360°, gdzie 0° to kolor czerwony, 120° zielony, 240° niebieski. Nasycenie reprezentuje stopień zanieczyszczenia barwy przez kolor biały, przyjmuje ono wartość między 0 a 1. Intensywność mieści się w zakresie 0 a 1, gdzie 0 to czerń, a 1 to biel. Szczegółowy sposób

Listing 12. Zmieniona metoda inicjalizująca

```
void led_identify_task(void *_args) {
    printf("LED identify\n");

    rgb_color_t color = target_color;
    rgb_color_t black_color = {0, 0, 0};
    rgb_color_t red_color = {255, 0, 0};

    target_color = red_color;
    vTaskDelay(1000 / portTICK_PERIOD_MS);
    target_color = black_color;
    vTaskDelay(1000 / portTICK_PERIOD_MS);
    target_color = color;
    vTaskDelete(NULL);
}
```

Listing 13. Metoda odpowiedzialna za zamianę formatu koloru

```
static void hsi2rgb(float h, float s, float i, rgb_color_t* rgb) {
    int r, g, b;

    while (h < 0) { h += 360.0F; }; // cycle h around to 0-360 degrees
    while (h >= 360) { h -= 360.0F; };
    h = 3.14159F * h / 180.0F; // convert to radians.
    s /= 100.0F; // from percentage to ratio
    i /= 100.0F; // from percentage to ratio
    s = s > 0 ? (s < 1 ? s : 1) : 0; // clamp s and i to interval [0,1]
    i = i > 0 ? (i < 1 ? i : 1) : 0; // clamp s and i to interval [0,1]
    // i = i * sqrt(i); // shape intensity to have finer granularity near 0

    if (h < 2.09439) {
        r = LED_RGB_SCALE * i / 3 * (1 + s * cos(h) / cos(1.047196667 - h));
        g = LED_RGB_SCALE * i / 3 * (1 + s * (1 - cos(h) / cos(1.047196667 - h)));
        b = LED_RGB_SCALE * i / 3 * (1 - s);
    }
    else if (h < 4.188787) {
        h = h - 2.09439;
        g = LED_RGB_SCALE * i / 3 * (1 + s * cos(h) / cos(1.047196667 - h));
        b = LED_RGB_SCALE * i / 3 * (1 + s * (1 - cos(h) / cos(1.047196667 - h)));
        r = LED_RGB_SCALE * i / 3 * (1 - s);
    }
    else {
        h = h - 4.188787;
        b = LED_RGB_SCALE * i / 3 * (1 + s * cos(h) / cos(1.047196667 - h));
        r = LED_RGB_SCALE * i / 3 * (1 + s * (1 - cos(h) / cos(1.047196667 - h)));
        g = LED_RGB_SCALE * i / 3 * (1 - s);
    }

    rgb->red = (uint8_t) r;
    rgb->green = (uint8_t) g;
    rgb->blue = (uint8_t) b;
}
```

czystej białej barwy, gdyż będzie widoczne rozbieżności na trzy poszczególne kolory. Względem wersji oprogramowania dla taśmy RGB zmiana ulega:

- liczba zadeklarowanych pinów,
- struktura opisująca barwę,
- zmienne *current color* oraz *target color*,
- konwersja z HSI na RGB,
- główna metoda sterująca.

Warto zwrócić uwagę na fakt, że jeśli wartości barw czerwonej, zielonej i niebieskiej są takie same, to wtedy uzyskujemy barwę białą, której jasność jest proporcjonalna do wartości barw RGB. W takim przypadku dioda biała powinna świecić, diody RGB powinny być wygaszone.

Pełne źródła programów znajdują się w materiałach dodatkowych, dlatego nie będziemy szczegółowo opisywać tej wersji. Cały kod znajduje się także na moim githubie (<https://bit.ly/3ibbdLw>). Wersja kodu dla sterownika RGB oraz RGB+W opiera

Listing 14. Modyfikacje w opisie akcesorium

```
homekit_accessory_t *accessories[] = {
    HOMEKIT_ACCESSORY(.id = 1, .category = homekit_accessory_category_lightbulb, .services = (homekit_service_t*[]) {
        HOMEKIT_SERVICE(AccessoryInformation, .characteristics=(homekit_characteristic_t*[]){
            HOMEKIT_CHARACTERISTIC(NAME, "Light Strip"),
            HOMEKIT_CHARACTERISTIC(MANUFACTURER, "Michael's Software"),
            HOMEKIT_CHARACTERISTIC(SERIAL_NUMBER, "0x10"),
            HOMEKIT_CHARACTERISTIC(MODEL, "Make It Light"),
            HOMEKIT_CHARACTERISTIC(FIRMWARE_REVISION, "1.0"),
            HOMEKIT_CHARACTERISTIC(IDENTIFY, led_identify),
            NULL
        }
    )),
    HOMEKIT_SERVICE(LIGHTBULB, .primary = true, .characteristics = (homekit_characteristic_t*[]) {
        HOMEKIT_CHARACTERISTIC(NAME, "LED Strip"),
        HOMEKIT_CHARACTERISTIC(
            ON, true,
            .getter = led_on_get,
            .setter = led_on_set
        ),
        HOMEKIT_CHARACTERISTIC(
            BRIGHTNESS, 100,
            .getter = led_brightness_get,
            .setter = led_brightness_set
        ),
        HOMEKIT_CHARACTERISTIC(
            HUE, 0,
            .getter = led_hue_get,
            .setter = led_hue_set
        ),
        HOMEKIT_CHARACTERISTIC(
            SATURATION, 0,
            .getter = led_saturation_get,
            .setter = led_saturation_set
        ),
        NULL
    }
),
    NULL
};
```

zamiany został opisany na blogu saikoLED (<https://bit.ly/2Vrp7iO>). Metoda odpowiedzialna za zamianę znajduje się na **listingu 13**.

Następną niedużą zmianą jest opis akcesorium, należy tutaj uwzględnić, że taśma ma trzy kolory, a nie jeden, więc sterujemy: odcieniem jasnością i nasyceniem (**listing 14**). W opisie akcesorium warto zwrócić uwagę na gettery i setery, wyglądają teraz tak jak na **listingu 15**.

Metoda sterująca taśmą, z racji tego, że sterowanie ma odbywać się każdym kanałem osobno, wymaga użycia biblioteki multipwm. Z tej metody utworzymy *task*, który będzie wykonywany cały czas. Dodatkowo, metoda ta musi zostać umieszczona

w pamięci RAM naszego kontrolera (**listing 16**).

Na koniec została główna metoda, która uruchamiana jest w momencie podłączenia sterownika do zasilania user_init. Wymaga dodania jednej linii:

```
xTaskCreate(multipwm_task,
"multipwm", 256, NULL, 2,
NULL);
```

Sterowanie taśmami RGB+W

Taśmy RGB+W mają dodatkową białą diodę pomiędzy każdą parą diod RGB. Z diody RGB jest możliwe uzyskanie

Listing 15. Modyfikacja getterów i setterów

```
homekit_value_t led_on_get() {
    return HOMEKIT_BOOL(led_on);
}

void led_on_set(homekit_value_t value) {
    led_on = value.bool_value;
}

homekit_value_t led_brightness_get() {
    return HOMEKIT_INT(led_brightness);
}

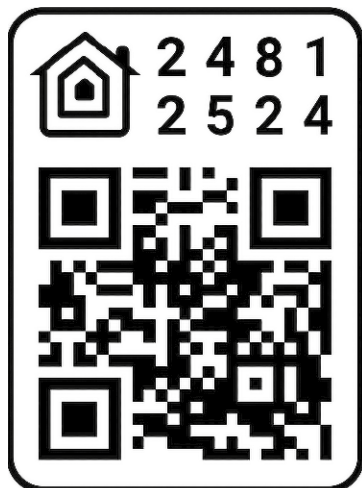
void led_brightness_set(homekit_value_t value) {
    led_brightness = value.int_value;
}

homekit_value_t led_hue_get() {
    return HOMEKIT_FLOAT(led_hue);
}

void led_hue_set(homekit_value_t value) {
    led_hue = value.float_value;
}

homekit_value_t led_saturation_get() {
    return HOMEKIT_FLOAT(led_saturation);
}

void led_saturation_set(homekit_value_t value) {
    led_saturation = value.float_value;
}
```



Rysunek 5. Kod QR

się na projekcie magic home dostępnym na githubie użytkownika maximkulkin (<https://bit.ly/3g6OkH9>).

Generowanie kodu QR

Z poziomu konsoli musimy uruchomić program `gen_qrcode`, jako parametry podajemy id kategorii urządzenia, kod potrzebny do sparowania sterownika z aplikacją, setup-id oraz ścieżkę i nazwę obrazka z kodem qr. Dla opisanego sterownika komenda będzie wyglądała następująco:

```
tools/gen_qrcode 5 248-12-524 1A20 qrcode.png
```

Kod QR dla urządzenia z tego artykułu pokazuje rysunek 5.

Uruchomienie

Gdy włączymy pierwszy raz sterownik, nie ma on zapisanej żadnej sieci. Należy

Listing 16. Metoda sterująca taśmą RGB

```
IRAM void multipwm_task(void *pvParameters) {
    uint8_t pins[] = {RED_PIN, GREEN_PIN, BLUE_PIN}; // tablica pinów

    pwm_info_t pwm_info;
    pwm_info.channels = 3; // liczba kanałów

    multipwm_init(&pwm_info);
    multipwm_set_freq(&pwm_info, 1000); // ustawienie częstotliwości
    for (uint8_t i=0; i<pwm_info.channels; i++) {
        multipwm_set_pin(&pwm_info, i, pins[i]); // ustawienie pinów
    }

    while(1) { // ta pętla będzie wykonywać się w kółko
        if (led_on) {
            // jeśli taśma ma być włączona, to konwertujemy hsi
            // który przyszedł w zapytaniu na kod rgb
            hsi2rgb(led_hue, led_saturation, led_brightness, &target_color);
            // jeśli taśma ma być wyłączona, to wszystkie barwy są wygaszone
        } else {
            target_color.red = 0;
            target_color.green = 0;
            target_color.blue = 0;
        }

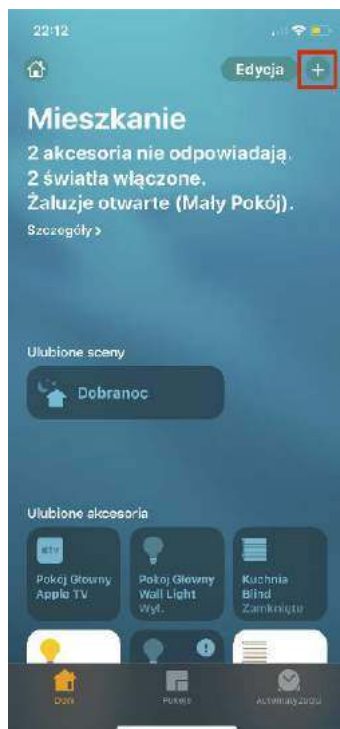
        // sterowanie rozjaśnianiem odbywa się tutaj w inny sposób, niż przy taśmach
        // jednobarwnych do aktualnego koloru jest dodawany tylko kawałek różnicy między
        // zadany a aktualnym poprzez przesunięcie bitowe
        current_color.red += ((target_color.red * 256) - current_color.red) >> LFS;
        current_color.green += ((target_color.green * 256) - current_color.green) >> LFS;
        current_color.blue += ((target_color.blue * 256) - current_color.blue) >> LFS;

        // gdy mamy już wartości, to ustawiamy je na konkretnych kanałach
        multipwm_stop(&pwm_info);
        multipwm_set_duty(&pwm_info, 0, current_color.red);
        multipwm_set_duty(&pwm_info, 1, current_color.green);
        multipwm_set_duty(&pwm_info, 2, current_color.blue);
        multipwm_start(&pwm_info);
        vTaskDelay(1);
    }
}
```

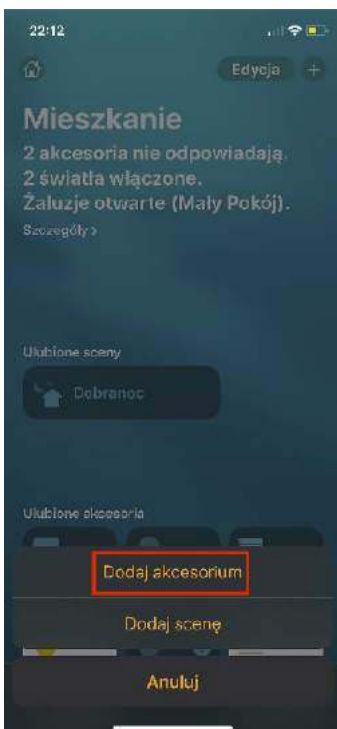
otworzyć ustawienia sieci Wi-Fi na urządzeniu mobilnym lub komputerze i przyłączyć się do sieci Apple Home 0x10. Gdy już to zrobimy i sterownik pomyślnie połączy się z naszym routerem, to następnym krokiem jest uruchomienie aplikacji Home i kliknięcie „+” (rysunek 6). Następnie wybieramy „Dodaj akcesorium” (rysunek 7) i skanujemy kod QR. Sterownik zostanie sparowany z aplikacją i będzie można go użytkować.

Interfejs do sterowania jedną barwą jest bardzo prosty, pierwsze kliknięcie to włączenie, drugie to zgaszenie taśmy, a po przytrzymaniu możemy sterować jasnością za pomocą suwaka. W przypadku RGB/RGB+W interfejs jest bardziej rozbudowany. Możemy sterować kolorem, temperaturą oraz jasnością taśmy (rysunek 8, rysunek 9).

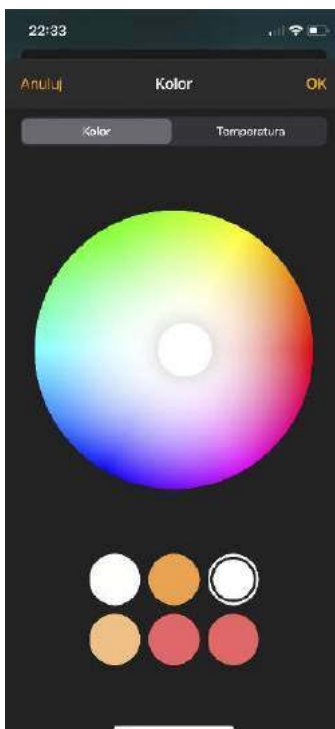
inż. Michał Urban
dev.michael.urban@gmail.com



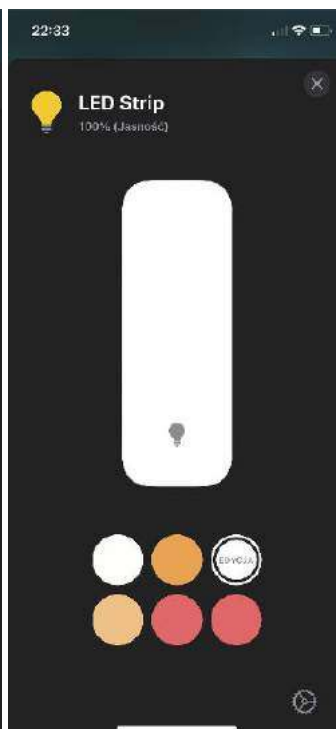
Rysunek 6. Uruchomienie aplikacji Home



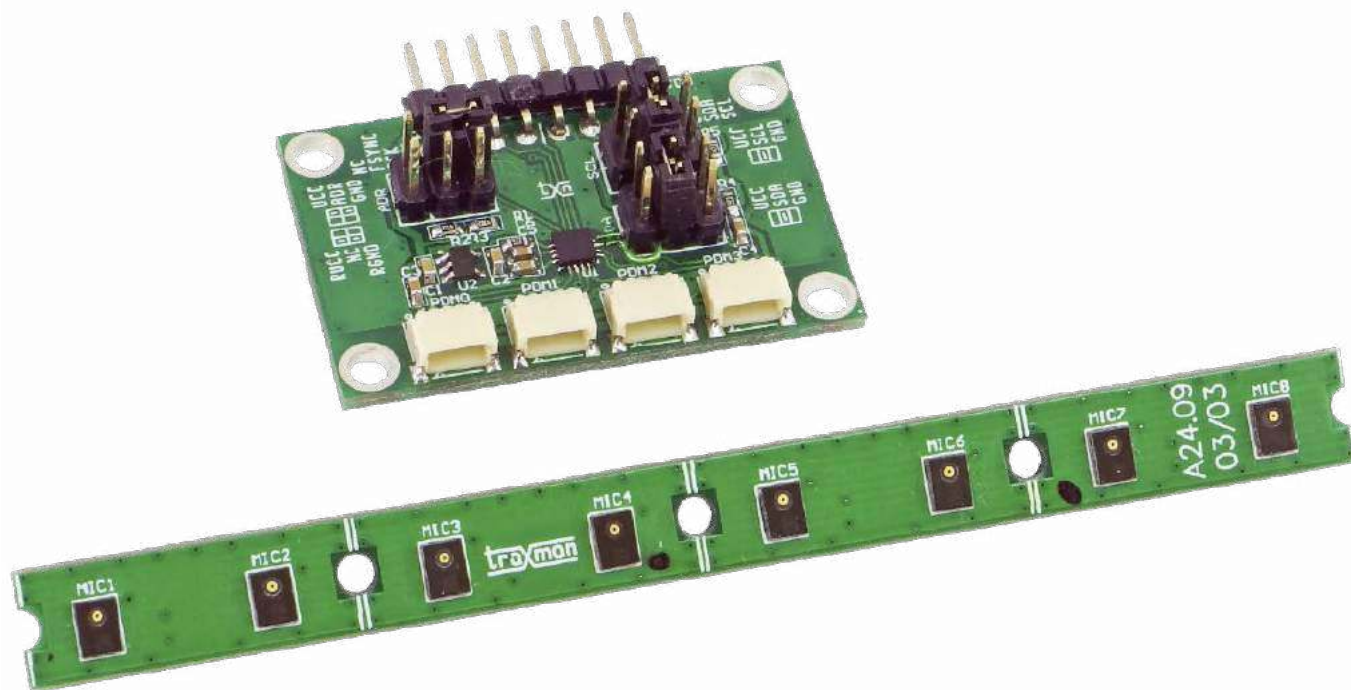
Rysunek 7. Dodawanie akcesorium



Rysunek 8. Interfejs wyboru barwy



Rysunek 9. Interfejs ustawiania jasności



Wielokanałowy mikrofon cyfrowy

Dostępność procesorów sygnałowych, rozwój systemów rozpoznawania głosu, sztucznej inteligencji, systemów aktywnej redukcji hałasu – te czynniki zachęcają do budowy i eksperymentów z systemami sterowanymi głosem. Jednak żaden tego typu system nie obędzie się bez mikrofonu dobrej jakości. Podłączenie jednego lub dwóch mikrofonów jest łatwe, ale nie zawsze wystarczające. Opisany moduł umożliwia podłączenie np. do procesora DSP, do ośmiu mikrofonów poprzez szeregowy interfejs audio pracujący w trybie wielokrotnym TDM.

Urządzenie umożliwia połączenie i kontrolę maksymalnie czterech modułów na jednej magistrali sterującej I²C, co razem daje 32 obsługiwane mikrofony. Przy tej liczbie nie jest problemem zbudowanie np. mikrofonu matrycowego o dowolnie kształtowanej charakterystyce kierunkowej. Urządzenie podzielone jest na dwa bloki, pierwsza płytką zawiera konwerter ADAU7118, druga – cyfrowe mikrofony z interfejsem PDM typu MP34DT05TR.

Moduł konwertera PDM/TDM

Konwerter PDM/TDM bazuje na układzie typu ADAU7118, którego budowę wewnętrzną pokazano na **rysunku 1**, a schemat modułu konwertera na **rysunku 2**. Układ U1 (ADAU7118) odpowiada za translację sygnałów cyfrowych z mikrofonów PDM na standard TDM. Pracuje na magistrali szeregowej audio jako urządzenie slave, wymaga więc

dostarczenia zegarów FSYNC oraz BLCK (złącze TDM) z portu szeregowego DSP lub SoC. ADAU7118 wymaga spełnienia minimalnej zależności: $BCLK < 64 \cdot FCLK$, ale obsługuje też krotności 128, 192, 256, 384, 512. Z sygnałów tych generowany jest przebieg zegarowy PDMCK (PCM_CLKx) = 64 FSYNC taktujący mikrofony, krotność PDM CLK można zmienić podczas konfiguracji układu, aby zapewnić częstotliwość zegara transmisji PDM w zakresie dopuszczanym przez mikrofon.

Układ ma dwa kanały generatora zegarowego, które mogą zostać niezależnie wyłączone w celu obniżenia poboru mocy, gdy nie wszystkie mikrofony są dołączone, np. w trybie TDM4, I²S. Interfejs wejściowy PDM zawiera cztery dwukanałowe porty PDDT0...3 (PDMDAT0...3) do podłączenia maksymalnie ośmiu mikrofonów. Układ ADAU7118 umożliwia elastyczną konfigurację

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-----

Podstawowe parametry:

- jeden moduł umożliwia dołączenie 8 mikrofonów,
- do jednej magistrali sterującej można dołączyć do 4 modułów,
- łączna maksymalna liczba mikrofonów (4 moduły) wynosi 32,
- komunikacja i sterowanie poprzez magistralę TDM i I²C,
- sygnały TDM/I²C zgodne z logiką 3,3 V,
- zasilanie 3,3-5 V.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

----	Przedwzmacniacz mikrofonowy z procesorem DSP typu ADAU1772 (EP 2/2019)
AVT-1968	Miniatury przedwzmacniacz mikrofonowy z układem SSM2167 (EP 9/2017)
AVT-5559	Przedwzmacniacz mikrofonowy o wysokiej jakości (EP 11/2016)
AVT-1837	Przedwzmacniacz do mikrofonu piezoelektrycznego (EP 12/2014)
AVT-1760	MicroMic – przedwzmacniacz mikrofonowy (EP 8/2013)
AVT-1721	Miniatury wzmacniacz mikrofonowy (EP 1/2013)
AVT-2728	Wzmacniacz mikrofonowy (Edw 7/2004)
AVT-575	Wzmacniacz mikrofonowy (EP 5/2004)
AVT-2703	Ultraniskoszumny wzmacniacz mikrofonowy do komputera (Edw 1/2004)
AVT-2392	Wzmacniacz mikrofonowy SMD (Edw 2/2000)
AVT-2326	Wzmacniacz mikrofonowy (Edw 2/1999)
AVT-2017	Niskoszumny przedwzmacniacz mikrofonowy (Edw 10/1996)
AVT-1033	Przedwzmacniacz mikrofonowy (EP 2/1995)

Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

wymagają umiejętności lutowniczych!

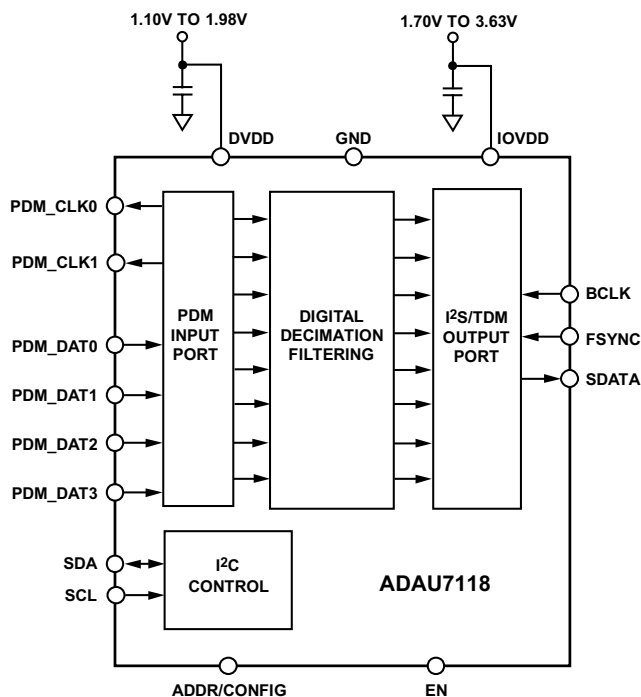
Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wzlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wzlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytką drukowaną bez elementów i dokumentacji Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
 - wersja [A*] – płytką drukowaną [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 <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.



Rysunek 1. Budowa ADAU7118 (za notą Analog Devices)

przyporządkowania slotów TDM do kanałów PDM.

Moduł zasilany jest napięciem 3,3 V ze stabilizatora LDO U2 typu ADM7160. Do złącza TDM doprowadzone są wszystkie sygnały TDM/I²C zgodne z logiką 3,3 V oraz zasilanie 3,3...5 V.

Konfiguracja

Pełna konfiguracja układu ADAU7118 odbywa się poprzez magistralę I²C, adres bazowy ustalany jest wyprowadzeniem ADR/CFG i położeniem zwory na szpilkach oznaczonych ADR. Zwarcie wyprowadzenia ADR/CFG:

- do masy (szpilki ADR zwora 4–6) ustala adres = 0010100,

- do VCC (szpilki ADR zwora 2–4) adres = 0010111,
- poprzez rezystor 47 kΩ do masy (szpilki ADR zwora 3–5) adres = 0010101,
- poprzez rezystor 47 kΩ do VCC (szpilki ADR zwora 1–3) adres = 0010110.

Umożliwia to współpracę do czterech ADAU7118 na jednej magistrali I²C. Dla zapewnienia komunikacji szpilki oznaczone SDA i SCL muszą mieć założone zwory zwierające wyprowadzenia 3–4.

W aplikacjach, gdzie nie jest wymagana nietypowa konfiguracja ADAU7118, dopuszczany jest tryb pracy samodzielnej wymuszany pozostawieniem niepodłączonego

Wykaz elementów:

Moduł konwertera

Rezystory:

R1, R4, R5: 4,7 kΩ 1% SMD0603
R2, R3: 47 kΩ 1% SMD0603

Kondensatory:

C1, C2: 4,7 μF SMD0603 ceramiczny
C3...C6: 100 nF SMD0603 ceramiczny

Półprzewodniki:

U1: ADAU7118ACPZ
U2: ADM7160AUJZ-1.2

Pozostałe:

PDM0...PDM3: złącze JST 1 mm 4 piny
TDM: SIP8 2,54 kątowe
ADR, SCL, SDA: IDC6 + zwory

Moduł mikrofonów

Kondensatory:

C1, C3, C5, C7, C9, C11, C13, C15: 100 nF SMD0603 ceramiczny
C2, C4, C6, C8, C10, C12, C14, C16: 1 μF SMD0603 ceramiczny

Półprzewodniki:

MIC1...MIC8: mikrofon PDM MP34DT05TR

Pozostałe:

PDM0...PDM3: złącze JST 1 mm 4 piny

wyprowadzenia ADR/CFG (usunięte wszystkie zwory ze szpilek ADR). Przy konfiguracji sprzętowej dostępne są tryby TDM4/6/8:

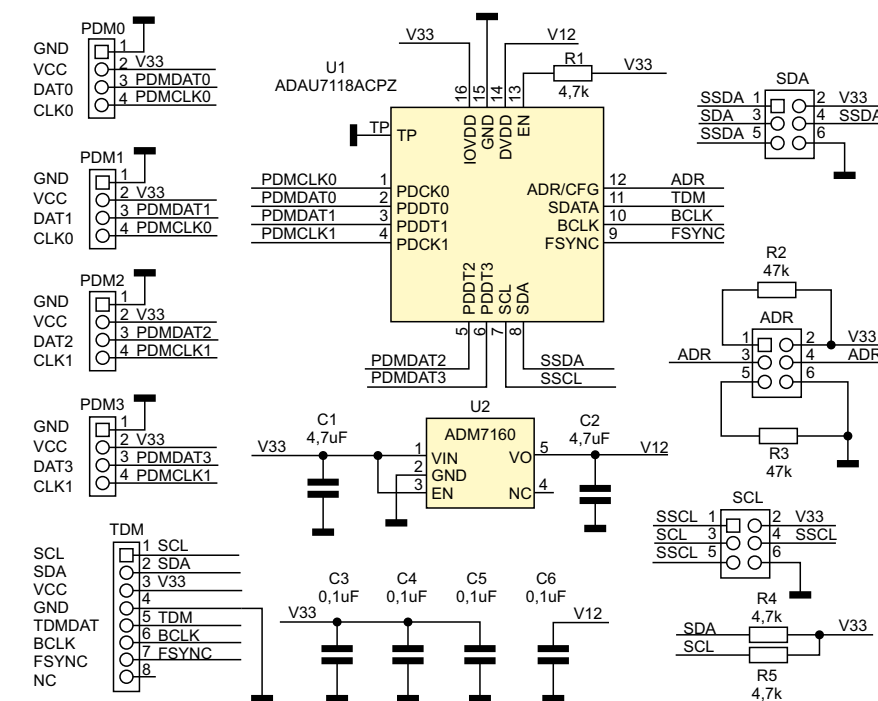
- TDM4 wybieramy, zwierając szpilki SDA i SCL do zasilania VCC (zwora 1–2),
- TDM6 wybieramy, zwierając szpilki: SDA do VCC (zwora 1–2) i SCL do masy (zwora 5–6),
- TDM6 w trybie wysokiej wydajności buforów: SDA i SCL do masy (zwora 5–6),
- TDM8 wybieramy, zwierając szpilki: SDA do masy (zwora 5–6) i SCL do VCC (zwora 1–2).

ADAU7118 obsługuje też dwukanałową konwersję PDM/I2S, ale użycie jej jest nieekonomiczne, gdyż prościej jest to zrealizować na układzie ADAU7002 opisanym w kursie AudioDSP cz. 6. Sprzętowy tryb TDM8 pozwala na najprostsze połączenie konwertera z DSP, przebiegi magistrali szeregowej w trybie TDM8 pokazano na **rysunku 3**.

Moduł mikrofonów

Z płytką konwertera PDM/TDM współpracuje moduł mikrofonów PDM, którego schemat pokazano na **rysunku 4**. Zawiera osiem mikrofonów MP34DT05. Pracują one parami 1/2, 3/4, 5/6, 7/8. Mikrofony MIC1...4 taktowane są zegarem PDCK0, MIC5...8 zegarem PDCK1. Płytkę dopuszcza mechaniczne rozdzielanie

REKLAMA

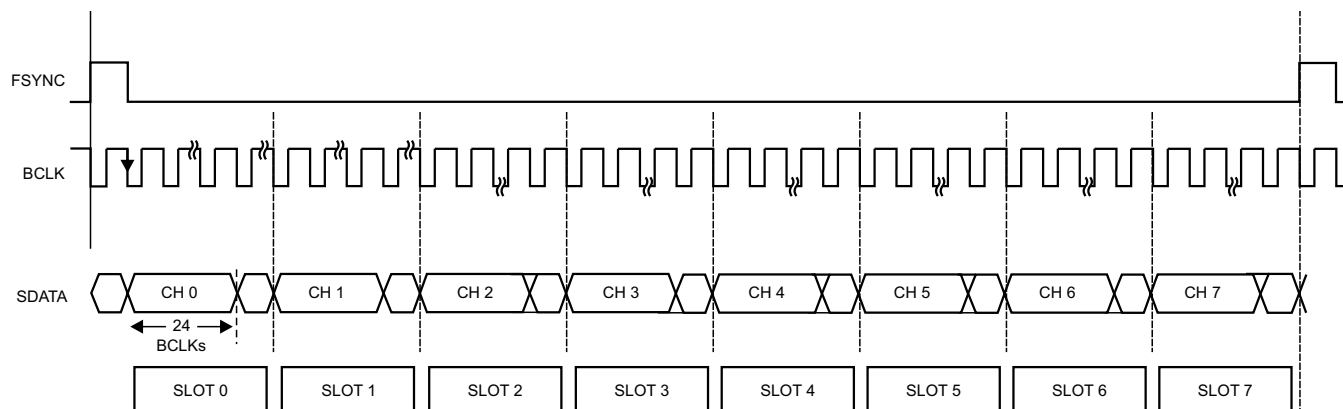


Rysunek 2. Schemat modułu konwertera

SoMLabs
www.somlabs.com

nowość!

VisionSOM-STM32MP1
Moduły serii VisionSOM z procesorem STM32MP1, z rdzeniami Cortex-A7 oraz Cortex-M4

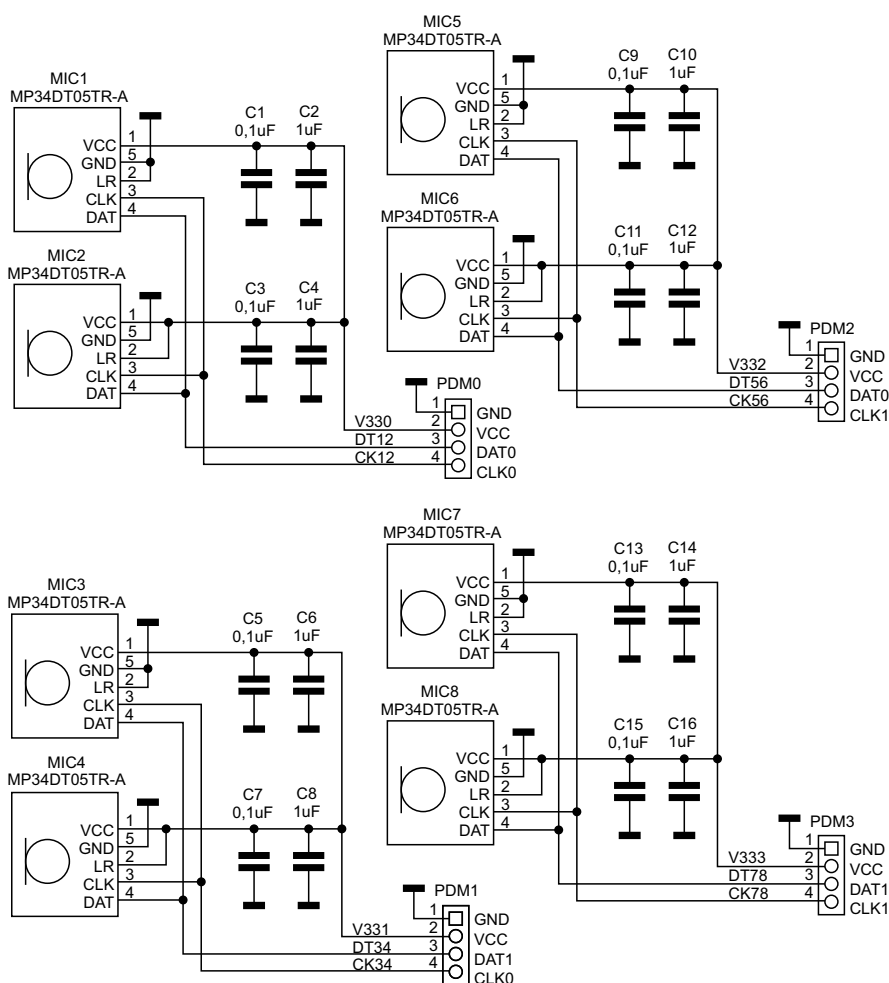

Rysunek 3. Przebiegi magistrali w trybie konfiguracji sprzętowej TDM8 (za notą Analog Devices)

Montaż i uruchomienie

Konwerter i mikrofony zmontowane są na dwustronnych płytkach drukowanych. Rozmieszczenie elementów pokazano na **rysunku 5** oraz **6a** i **6b**. Montaż jest klasyczny i nie wymaga opisu, należy jednak zachować ostrożność przy montażu delikatnych obudów mikrofonów. Zmontowane moduły pokazano na fotografii tytułowej.

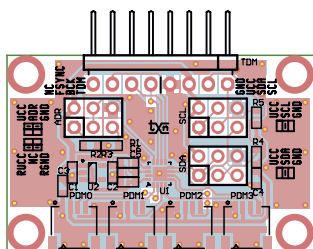
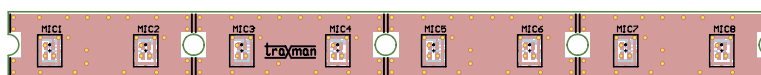
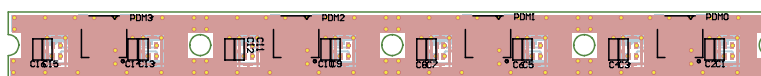
Aby przetestować moduł w praktyce, użyłem płytki STK_ADAU1442 – Mega DSP opisanej w EP 3/14 oraz modułu wyjść analogowych z EP 10/14. Interfejs cyfrowy audio modułu podłączony jest do pierwszego portu szeregowego w gnieździe SDI02 (sygnały SDATAIN0 – TDM, LRCK0 – FSYN, BCLK0 – BCK, V33D – VCC, GND – GND), interfejs I²C podłączony jest do gniazda programatora I²C, użyty kwarc XT=12,288 MHz (fs=48 kHz), zwory w położeniu domyślnym 256 fs. Do testów przygotowano projekt PDM_Test1442, którego schemat pokazano na **rysunku 7**. Projekt dostępny jest w materiałach dodatkowych.

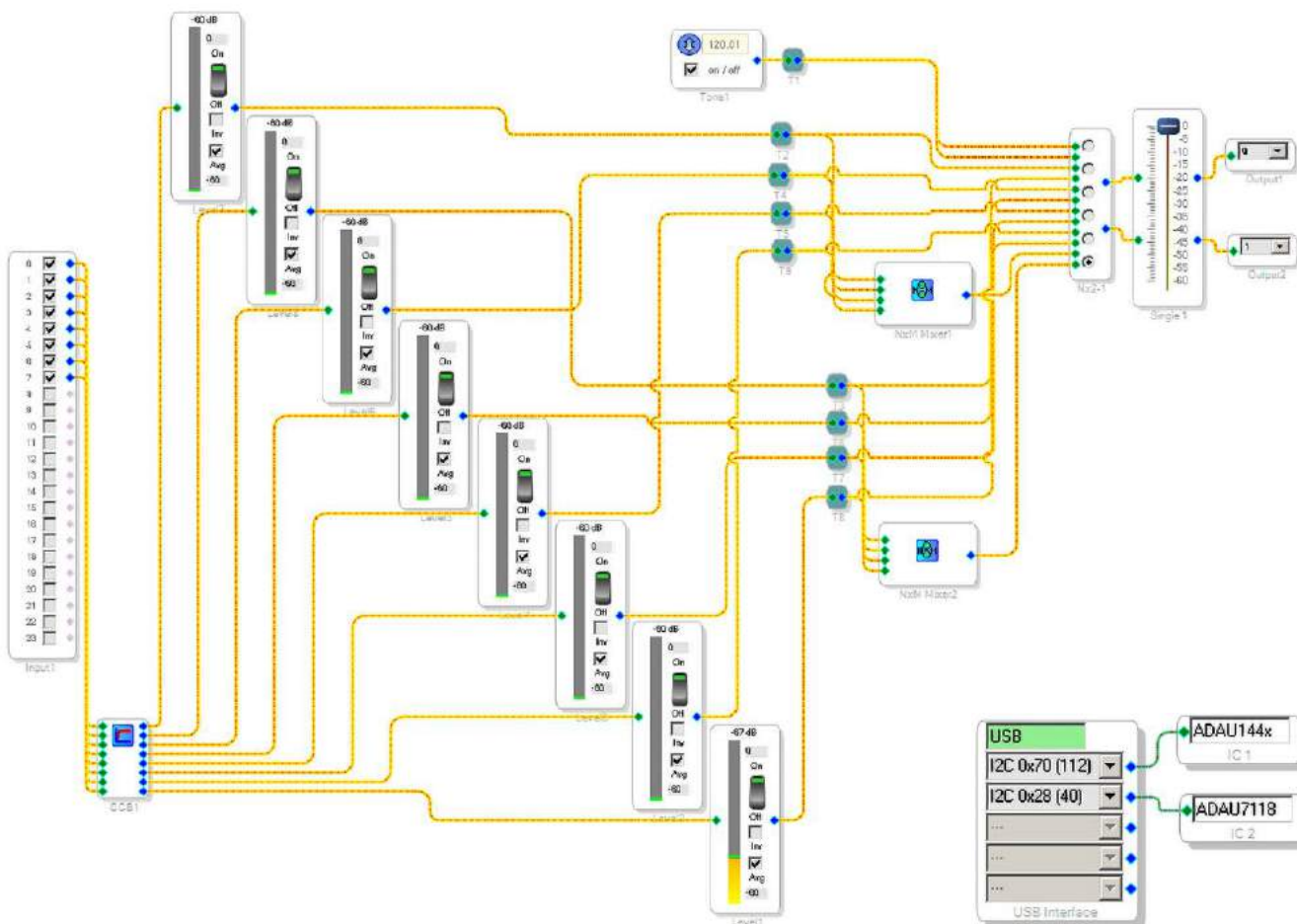
Aplikacja odczytuje dane z interfejsu szeregowego pracującego w trybie TDM8, w każdym dekodowanym kanale usuwana jest składowa stała i mierzony jest poziom sygnału. Następnie parami sygnały doprowadzone są do multiplexera. Do multiplexera doprowadzony jest też sygnał generatora testowego i miks sygnałów mikrofonów MIC1, 3, 5, 7 i MIC2, 4, 6, 8. Po regulacji poziomu sygnał wysyłany jest na port wyjściowy I²S a stąd do pierwszego kanału karty wyjść audio w celu odsłuchu. ADAU7118 jest konfigurowany przez I²C z SigmaStudio. Schemat połączeń USBi pokazano na **rysunku 8**. Konfigurację testową dla układu taktowania


Rysunek 4. Schemat modułu mikrofonów

par mikrofonów w celu montażu uwzględniającego wymogi aplikacji, jak np. detekcja źródła dźwięku. Mikrofony połączone są z płytką

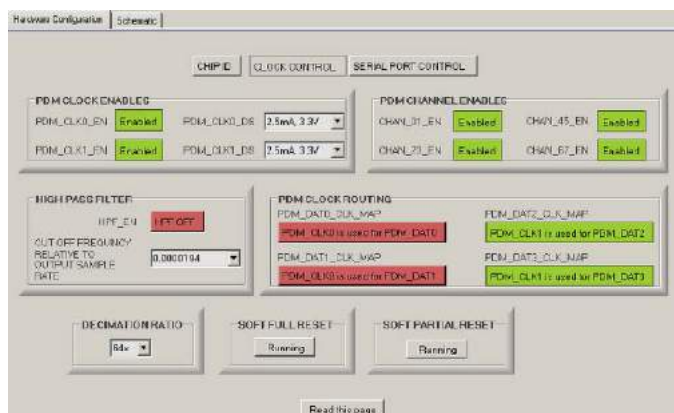
konwertera możliwie krótkimi przewodami, złączami JST 1,00 mm. Przy dłuższych połączeniach konieczne jest zastosowanie przewodów w ekranie (częstotliwość zegarów do 3 MHz).


Rysunek 5. Schemat PCB i rozmieszczenie elementów, moduł konwertera

Rysunek 6a. Schemat PCB i rozmieszczenie elementów, moduł mikrofonów, strona TOP PDM_TDM_MicBRD

Rysunek 6b. Schemat PCB i rozmieszczenie elementów, moduł mikrofonów, strona BOTTOM

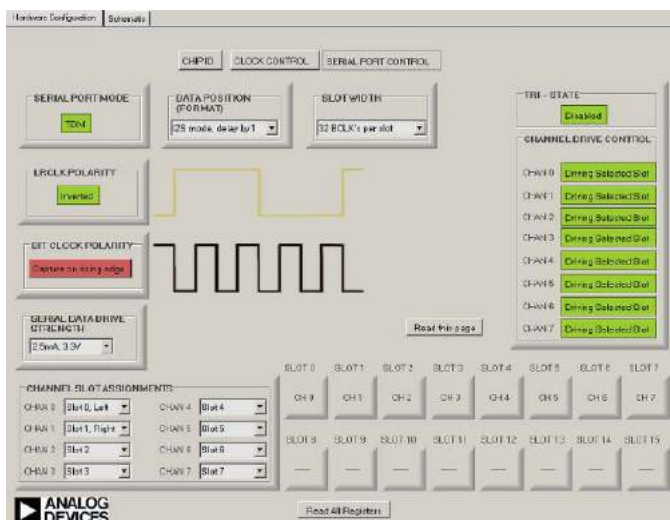


Rysunek 7. Schemat aplikacji testowej PDM8_Test1442

Rysunek 8. Konfiguracja USBi



Rysunek 9. Konfiguracja taktowania ADAU7118



Rysunek 10. Konfiguracja portu szeregowego ADAU7118

Rysunek 11. Konfiguracja interfejsu IO dla ADAU1442

ADAU7118 pokazano na **rysunku 9**, a dla interfejsu szeregowego na **rysunku 10**. Odpowiadając ustawieniom portu szeregowego ADAU7118 konfigurację interfejsu IO dla ADAU1442 przedstawia **rysunek 11**.

Pozostałe ustawienia DSP zostaną zmodyfikowane po załadowaniu aplikacji. Po uruchomieniu aplikacji należy załączyć wskaźniki poziomu i sprawdzić, czy po zbliżeniu źródła sygnału do mikrofonów będą aktywne (uwaga: mikrofony w DSP nie są zapamiętane w kolejności 1...8). Odsłuch sygnału z poszczególnych par i miksu możliwy jest po wyborze kanału multiplexerem i po podłączeniu wyjścia OUT1 do wzmacniacza (uwaga na sprzężenia). W podobny sposób można przetestować ustawienia ADAU7118 w trybie konfiguracji sprzętowej i dla innego współpracującego układu.

Adam Tatus, EP



Elektroniczny barostat

Utrzymywanie określonego poziomu ciśnienia w zbiorniku powietrza, to jedno z wielu zadań układów automatyki. Jednak stosowanym powszechnie rozwiązaniom mechanicznym brakuje precyzji, natomiast w wersji elektronicznej można to zrealizować z większą dokładnością, powtarzalnością i po prostu wygodniej.

Zaprezentowany układ to barostat, w którym jedno z wejść jest otwarte i wystawione na działanie ciśnienia atmosferycznego. Barostat jest mało rozpowszechnionym pojęciem w języku polskim, stąd konieczność doprecyzowania. Natomiast presostat to urządzenie wyczułone na różnicę ciśnień dwóch ośrodków (gazów lub cieczy), doprowadzonych do jego wejść.

Elektroniczna wersja wskazówkowego manometru została wyposażona w dwa styki służące, np. do załączania pompy – gdy ciśnienie w monitorowanym zbiorniku stanie się za niskie, lub do wyłączania jej – kiedy osiągnie określoną wartość. Zastąpienie wskazówki, tarczy przez cyfrowy czujnik i wyświetlacz, pozwala ograniczyć błąd pomiaru oraz poprawić rozdzielczość. Może być to przydatne w instalacjach wymagających utrzymania ciśnienia powietrza w wąskim przedziale, np. do zasilania aerografów.

Budowa

Schemat ideowy ilustruje **rysunek 1**. Głównym elementem urządzenia jest cyfrowy

czujnik ciśnienia firmy Honeywell, oznaczony symbolem HSCDANN150PG2A5. Może on zmierzyć ciśnienie względne suchego powietrza w zakresie 0...150 psi, co odpowiada zakresowi około 0...10,34 bar. Powietrze, którego ciśnienie ma zostać zmierzone, doprowadza się do króćca PORT1, o wymiarach określonych na **rysunku 2**. PORT2 to otwór, którym czujnik pobiera powietrze o ciśnieniu atmosferycznym.

Czujnik komunikuje się z urządzeniem nadrzędnym za pomocą magistrali I²C, której linie zostały podciągnięte do napięcia 5 V przy użyciu rezystorów R11 i R12. Producent zadbał o prawidłowe skalibrowanie czujnika, więc niepotrzebne są dodatkowe regulacje. Powinien pracować w temperaturze 0...50°C, aby wbudowana kompensacja temperatury działała prawidłowo i zapewniła dokładność wskazań.

Układem nadrzędnym, kontrolującym pracę czujnika, jest popularny mikrokontroler ATmega8A w obudowie TQFP32. Taktowany jest sygnałem zegarowym,

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5780

Podstawowe parametry:

- pomiar względnego ciśnienia powietrza w zakresie 0...150 psi lub 0...10,34 bar,
- załączanie przekaźnika, gdy zmierzone ciśnienie spadnie poniżej ustalonej wartości,
- regulacja progu załączenia i wyłączenia (histerezy),
- przełączanie jednostek: [bar] lub [psi],
- wyświetlacz LCD,
- nie wymaga kalibracji,
- zasilanie napięciem 12 V.

Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wylutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

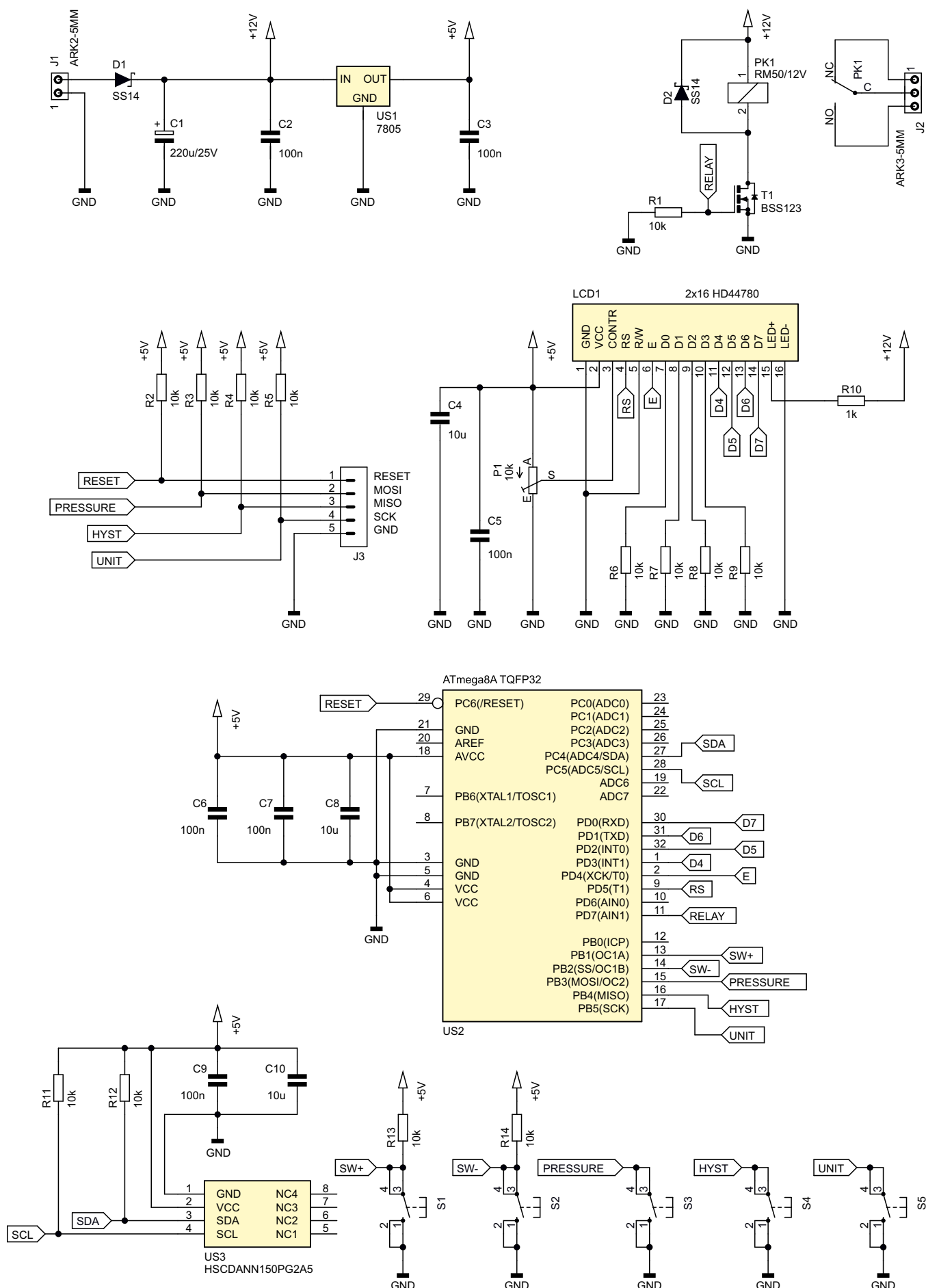
Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wylutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji kitu w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
 - wersja [A+] – płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
 - wersja [UK] – zaprogramowany układ

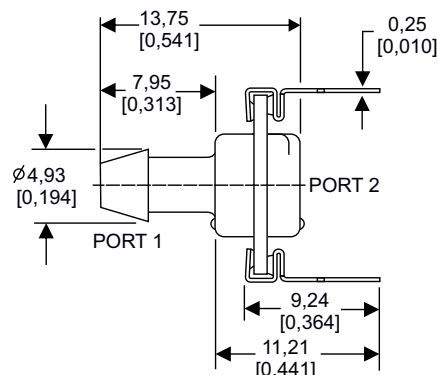
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!

<http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kit@avt.pl.

wytwarzanym przez wbudowany oscylator RC, ponieważ nie realizuje zadań wymagających dokładnego odliczania czasu. Programowanie pamięci Flash oraz bitów zabezpieczających, możliwe jest przez złącze J3.



Rysunek 1. Schemat ideowy układu



Rysunek 2. Wymiary zewnętrzne użytego czujnika ciśnienia (źródło: nota katalogowa Honeywell)

Do wyświetlania aktualnych wskazań oraz nastaw, służy typowy wyświetlacz LCD, o organizacji 2×16 znaków, ze sterownikiem zgodnym z HD44780. Pracuje w trybie 4-bitowym, a nieużywane linie danych są ściągnięte do potencjału masy poprzez rezystory 10 kΩ. Podświetlenie zasilane jest bezpośrednio z zasilacza, a nie z linii 5 V, aby nie obciążać stabilizatora.

Zastosowany stabilizator liniowy typu 7805, uzyskuje wystarczająco stabilne napięcie do zasilania czujnika, mikrokontrolera i wyświetlacza. Ze względu na konieczność poprawnego sterowania przekaźnikiem, minimalne napięcie zasilające układ wynosi 10 V. Stosowanie stabilizatora LDO, nie jest konieczne. Również pobór prądu z linii 5 V jest niewielki, więc użycie przetwornicy impulsowej do obniżenia napięcia miałyby się z celem. Dioda D1 zabezpiecza układ przed zniszczeniem w razie pomyłki w biegunowości podłączonego do złącza J1 zasilania.

Załączaniem pompy (lub innego urządzenia, np. kontrolki sygnalizującej uzyskanie prawidłowego ciśnienia) zarządza przekaźnik elektromagnetyczny PK1. Do załączania cewki, służy niewielki tranzystor MOSFET typu BSS123. Rezystor R1 dba o to, aby tranzystor pozostał wyłączony również w czasie, kiedy mikrokontroler nie funkcjonuje,

na przykład gdy znajduje się w stanie zerowania, spowodowanego zbyt niskim napięciem zasilania.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 90×60 mm, a wzór ścieżek oraz schemat montażowy ilustrują **rysunek 3** i **rysunek 4**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się otwory montażowe.

Montaż zaczynamy od elementów lutowanych powierzchniowo, które znajdują się na wierzchniej stronie płytki (lokalizacja widoczna na rysunku 3). Następnie przechodzimy do elementów w obudowach przewlekanych, które są na spodniej stronie płytki – potencjometru P1, złącz, kondensatora C1, układów US3 i US1, a na końcu przekaźnika PK1 (widoczne na rysunku 4). Na końcu wlotowujemy złącze do wyświetlacza LCD (na stronie wierzchniej) oraz przyciski.

Zmontowany układ można zobaczyć na **fotografii 1** i **fotografii 2**. Po zamontowaniu wyświetlacza LCD w odpowiednim złączu, można dołączyć zasilanie. Napięcie musi mieścić się w granicach akceptowanych przez przekaźnik PK1, czyli w zakresie 10...16 V, po uwzględnieniu spadku napięcia na diodzie D1. Pobór prądu przez prototyp, po załączeniu przekaźnika i przy zasilaniu napięciem 12 V, wynosi 55 mA.

Do prawidłowego działania układ wymaga zaprogramowania pamięci Flash mikrokontrolera oraz zmiany fabrycznych bitów zabezpieczających na: Low Fuse=0x24, High Fuse=0xD9. Szczegóły konfiguracji pokazuje **rysunek 5**, czyli zrzut ekranu z konfiguracji bitów zabezpieczających programu AVR Burn-O-Mat. Zaznaczona kratka, to bit zaprogramowany o wartości „0”. Dzięki temu, uruchomiony zostanie wewnętrzny oscylator RC o częstotliwości 8 MHz, z możliwie długim czasem rozruchu, oraz detektor zaniku napięcia zasilającego (*Brown out detector*), ustawiony na wartość około 4 V. Krótkotrwale zaniki zasilania, spowodowane

Wykaz elementów:

Rezystory:

R1...R9, R11...R14: 10 kΩ SMD0805
R10: 1 kΩ SMD0805
P1: 10 kΩ montażowy leżący

Kondensatory:

C4: 220 μF/25 V raster 3,5 mm
C2, C3, C5...C7, C9: 100 nF SMD0805
C4, C8, C10: 10 μF/16 V SMD0805

Półprzewodniki:

D1, D2: SS14
LCD1: 2×16 znaków, zgodny z HD44780
T1: BSS123
US1: 7805 T0220
US2: ATmega8A TQFP32
US3: HSCDANN150PG2A5

Pozostałe:

J1: ARK2/500
J2: ARK3/500
J3: goldpin 5 pin męski 2,54 mm THT
PK1: RM50 12 V SPDT lub podobny
S1...S5: microswitch 6×6 17 mm THT
Listwa goldpin 16 pin 2,54 mm THT męska i żeńska do wyświetlacza

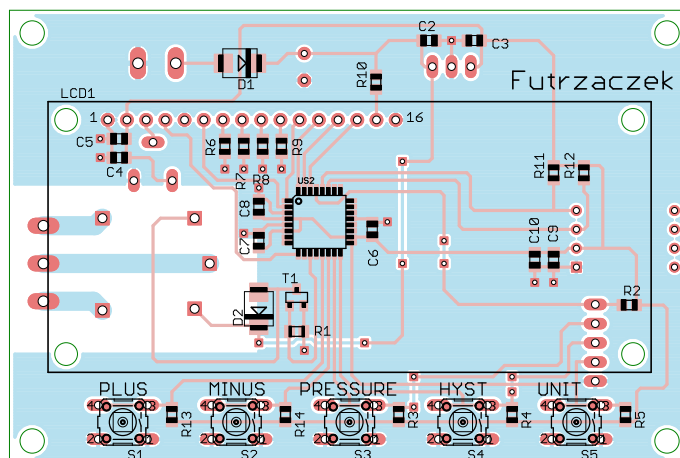
np. rozruchem pompy, nie będą groziły całkowitym zawieszeniem się programu.

Eksplotacja

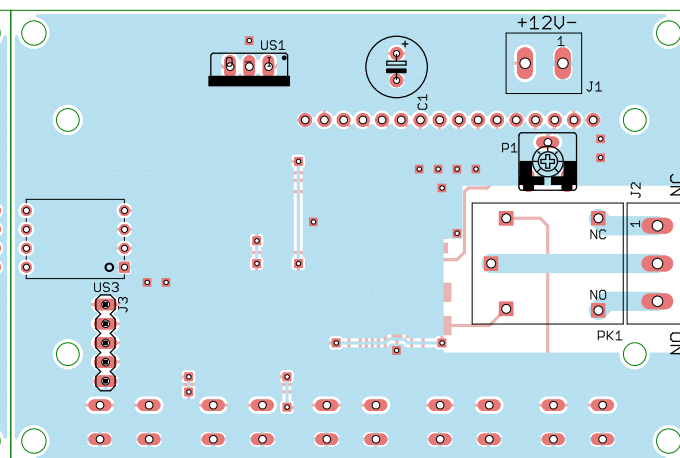
Prawidłowo zmontowany i zaprogramowany układ, po włączeniu zasilania oraz ustawieniu kontrastu wyświetlacza potencjometrem P1, powinien wyświetlić na ekranie treść taką jak na **fotografii 3**. Lewy górny róg to aktualna wartość ciśnienia (odświeżana co 500 ms) wraz z jednostką. Dolny lewy róg to zadana wartość ciśnienia. Prawy dolny róg został przeznaczony na wyświetlanie histerezy, a nad nią jest informacja o stanie przekaźnika (załączony/wyłączony).

Wcisnięcie przycisku S5, powoduje przełączanie jednostek między barami (bar), a funtami na cal kwadratowy. Układ zapamiętuje próg ciśnienia oraz histerezę oddzielnie dla obu tych jednostek. Zmiana żadanego progu ciśnienia, następuje po jednoczesnym wciśnięciu przycisku S3 oraz S1 lub S2, zależy czy chcemy tę wartość zwiększać, czy zmniejszać. Dłuższe przytrzymanie powoduje szybszą reakcję układu.

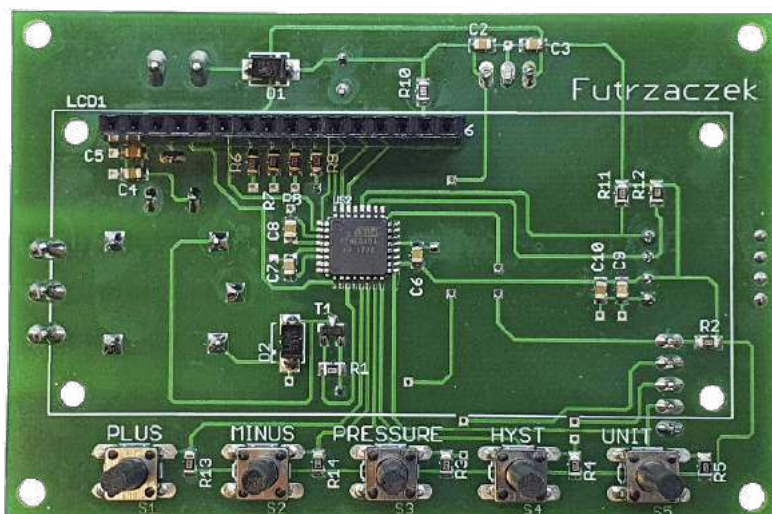
Histerezę można regulować w analogiczny sposób, lecz konieczne jest wciśnięcie przycisku S4 oraz S2 lub S1. Opatrzona jest symbolami „+/-”, ponieważ jest to odchylenie w górę i w dół od wartości zadanej.



Rysunek 3. Schemat montażowy i wzór ścieżek płytki – strona TOP



Rysunek 4. Schemat montażowy i wzór ścieżek płytki – strona BOTTOM



Fotografia 1. Widok zmontowanego układu – strona TOP

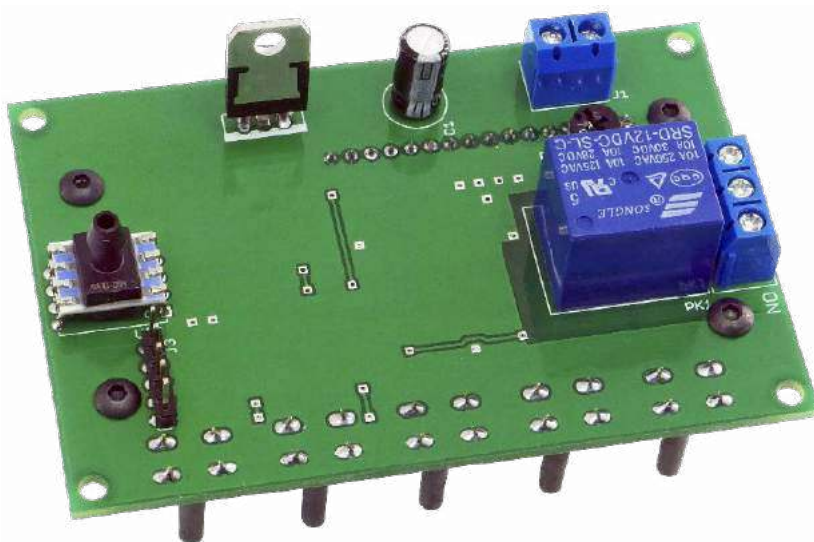
Przykładowo, po zadaniu ciśnienia 5,00 bar i przy histerezie $\pm 0,1$ bar, przełącznik będzie się włączał poniżej 4,9 bar, a wyłączał powyżej 5,1 bar. Maksymalne ciśnienie wynosi 150 psi lub 10,34 bar, a maksymalna histereza, odpowiednio 7,5 psi lub 0,5 bar. Po zwolnieniu wszystkich przycisków, ustawione wartości są zapamiętywane w nieulotnej pamięci EEPROM.

Podczas przełączania przez przełącznik obciążeń indukcyjnych, zwłaszcza o dużej indukcyjności, na wyświetlaczu mogą pojawić się różne symbole. Są to błędy w komunikacji na linii mikrokontroler

– wyświetlacz, które wywołują iskrzące styki. Receptą może być dodanie prostego układu gaszącego RC, równolegle do wykorzystywanej pary styków. Wartości tych elementów nie są ściśle określone – proponuję, na przykład, rezystor 47 Ω /1 W oraz kondensator 100 nF X2.

Dla dociekliwych

Zastosowany typ czujnika, nie ma rozbudowanego zestawu komend sterujących. Można jedynie odczytać aktualny, szesnastobitowy wynik pomiaru oraz bity statusu. Czujnik sam odświeża te rejestry, nie trzeba wysyłać



Fotografia 2. Widok zmontowanego układu – strona BOTTOM



Fotografia 3. Treść wyświetlacza po włączeniu zasilania

Name	programmed	Description
WDTCSR	☒	Select if WDT is to be enabled
WDTON	☒	Watchdog timer always on
OSCFR	☒	Oscillator frequency and clock prescaler
EEPRM	☒	EEPROM memory is preserved through the Chip Erase
BOOTSZ1	☒	Select Boot Size (see Table 82 for details)
BOOTSZ0	☒	Select Boot Size (see Table 82 for details)
BOOTRST	☒	Select Reset Vector
BODLEVEL	☒	Brown out detector trigger level
BODEN	☒	Brown out detector enable
SUT1	☒	Select start-up time
SUT0	☒	Select start-up time
CKSEL3	☒	Select Clock source
CKSEL2	☒	Select Clock source
CKSEL1	☒	Select Clock source
CKSEL0	☒	Select Clock source

Rysunek 5. Szczegóły konfiguracji bitów zabezpieczających mikrokontrolera ATmega8

komendy nakazującej konwersję wyniku, jak ma to miejsce np. w popularnym czujniku temperatury DS18B20.

Warto wiedzieć, że zgodnie z deklaracją producenta, minimalne ciśnienie (czyli 0 psi) odpowiada 10% maksymalnej wartości wyjściowej, a maksymalne ciśnienie (150 psi) to 90% tej wartości. Dwanaście bitów, może przechować wartości z zakresu 0...16383, ale nie jest on w pełni wykorzystany. Rzeczywisty zakres wartości wyjściowych wynosi 1638...14746.

Wartość dolna może ulegać niewielkim fluktuacjom, związanym z niedokładnym skompensowaniem czujnika. Samoczynne zerowanie się układu nie jest jednak pożądane. W sytuacji, gdy zostanie on włączony, a w zbiorniku będzie jeszcze jakieś ciśnienie, to właśnie ta wartość zostanie przyjęta za nowe zero. Ręczne zerowanie też może nie być wystarczające, a na pewno może skomplikować obsługę – wyzerowanie podczas utrzymywania jakiegoś ciśnienia może być potem trudne do naprawienia.

Dlatego przyjęto stałą wartość „zerową”, która wynosi 1635. Jest ona odejmowana od wyniku pobranego z czujnika, jeżeli odczyt przekracza wartość zerową. Rozwiązanie powstało na bazie moich doświadczeń z czujnikami w innych projektach. Jedyną niedoskonałością może być przesunięcie zera o wartość rzędu 0,01 bar, podobnie jak miało to miejsce podczas wykonywania fotografii 3. Zważywszy na dokładność czujnika, który nie jest przyrządem doskonałym, to i tak niewielka wartość.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

KAMAMI www.kamami.pl

wszystko o mikrokontrolerach

STM32

sprawdź naszą ofertę

na **KSIĄŻKI** i **eBOOKI**

1-Wire Emulator & Skaner (1)

Emulator układów 1-Wire będzie bardzo przydatny np. podczas uruchamiania elektronicznych termometrów, ponieważ umożliwi zastąpienie czujnika i ustawienie wymaganej temperatury w kilka sekund. Funkcja skanera będzie przydatna przy pisaniu oprogramowania hosta ponieważ wyniki są prezentowane w czytelniejszy sposób niż na rejestratorach logicznych (np. SALEAE) i umożliwiają łatwe tworzenie dokumentacji. Skaner może także wyzwalać oscyloskop różnymi zdarzeniami pojawiającymi się na magistrali.



Urządzenie umożliwia emulowanie układów z interfejsem 1-Wire, także tych trudno dostępnych i kosztownych, a nawet takich, które nie istnieją. Opcje synchronizacji mogą przydać się przy analizowaniu przebiegów przez proste oscyloskopy lub rejestratory logiczne, ponieważ synchronizacja może być wywołana sygnałem *reset*,

presence lub wybranym rozkazem, czy też zgodnością adresu albo danej. W przypadku bardziej zaawansowanych oscyloskopów funkcje takie również mają istotne znaczenie, ponieważ przyrządy z analizą protokołu 1-Wire są rzadkością.

Emulując popularny czujnik temperatury typu DS18B20 możemy łatwo ustawić temperaturę 100°C, a za chwilę -30°C. Możemy również ustawić wartości spoza zakresu układu DS18B20, np. 300°C. Przy uruchamianiu oprogramowania z układami *only add* (np. OTP EPROM) zaoszczędzimy na układach, które mogą być kosztowne.

Funkcje skanera

- pułapki na rozkazie i/lub rodzinie układów,
- synchronizacja oscyloskopu: *reset*, *presence*, rozkaz, rodzina układów,
- wyświetlanie danych na terminalu VT100 w kolorze z prędkością 500 kb/s (FT220),
- wyróżnianie kolorem *resetu*, *presence*, komendy, kodu rodziny, danych z mastera i slave, poprawnej lub złej crc,
- opis tekstowy komendy i kodu rodziny,
- akceptacja napięć na magistrali do 15 V (emulacja pamięci EPROM).

Funkcje emulatora

- ustawienie dowolnego identyfikatora układu,
- automatyczne obliczanie CRC identyfikatora,
- emulacja prędkości standardowej i overdrive,
- akceptacja napięć na magistrali do 15 V (emulacja pamięci EPROM),
- wbudowana emulacja 6 układów:
 - a. numerów seryjnych DS1990, DS2400, DS2401, DS2411 wszystkie komendy (*ReadRom*, *SkipRom*, *MatchRom*),
 - b. termometru DS18B20 łącznie z EEPROM i alarmami, *Search Alarm*,
 - c. EEPROM DS2431 łącznie z ustawianiem zabezpieczenia przed zapisem (do resetu mikrokontrolera),
- zgłaszanie przerwań/alarmu przez slave,
- emulowane EPROM, EEPROM „resetują” się do wartości fabrycznych po restarcie emulatora, zapewniając im „wieczny żywot”.

Czym jest tryb overdrive?

Standardowa prędkość transmisji wynosi: 15,4 kbps (max), a overdrive: 125 kbps (max). Zwiększona prędkość osiągnięta przez skrócenie czasu sygnału reset oraz nadawania i odbierania bitu. Dodatkowo przepustowość wzrosła dzięki rozkazowi RESUME (jeden bajt), który zastępuje MATCHROM (dziewięć bajtów) w sytuacji gdy slave był już wcześniej zaadresowany. Przejście do trybu overdrive następuje po wydaniu rozkazu: *OverdriveSKIPROM* lub *OverdriveMATCHROM*. Wyjście z tego trybu następuje po wykonaniu resetu w standardowej prędkości (reset w prędkości overdrive nie zmienia ustawienia).

Wykrywanie sygnału RESET i generowanie sygnału PRESENCE

Na początek, kilka ważnych zagadnień dotyczących realizacji kluczowych funkcji programu. Najprostsza procedura rozpoznawania sygnału *reset* jest realizowana w obsłudze przerwania od opadającego zbocza sygnału i przebiega w następujący sposób:

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-----

Podstawowe parametry:

- funkcja emulatora i skanera 1-Wire,
- obsługa prędkości standardowej i overdrive,
- akceptacja napięcia magistrali do 15 V,
- wbudowany enkoder i wyświetlacz LCD 20x4,
- komunikacja przez USB z programem terminala VT100.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

AVT-5567	1-Wire za pomocą UART (EP 1/2019)
AVT-5649	HUB 1-Wire z izolacją galwaniczną (EP 9/2018)
AVT-1949	Emulator DS18B20 (EP 4/2017)
AVT-1948	Interfejs termopary K z 1-Wire (EP 3/2017)
AVT-1787	Konwerter USB/1-Wire (EP 8/2013)

*** 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] - płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji

Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:

- wersja [A*] - płytkę drukowaną [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 <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

- czekaj, aż magistrala powróci do stanu wysokiego,
- jeśli czas $> 460 \mu s$ generuj *presence*,
- jeśli $> 60 \mu s$ to odebrano zero,
- w przeciwnym wypadku odebrano jeden.

Podstawową wadą procedury jest to, że przerwanie „wisi” przez czas generowania

zera przez host. W tym czasie program główny jest zawieszony. Ponadto, gdy magistrala zostanie zwarta program zostanie zatrzymany, chyba że zadziała watchdog.

Host, po sygnale *reset*, oczekuje na sygnał *presence*. Pomiędzy *reset* a *presence* magistrala powinna przejść w stan wysoki na $30 \mu s$, a przy opisanym wcześniej

algorytmie tak nie jest i inne układy slave mogą źle zinterpretować sygnał *reset* lub wygenerować *presence* zbyt późno.

Problem zawieszenia programu głównego na czas pomiaru sygnałów *reset* i *presence* mogą rozwiązać timery, ale jaki czas ustawić jako *reset*? Jeśli ustawimy $480 \mu s$, a host będzie generował krótszy sygnał, to nigdy nie wykryjemy sygnału *reset*. Jeśli ustawimy zbyt krótki czas to procedura przerwania będzie niepotrzebnie blokowała program główny (w przerwaniu musimy czekać na narastające zbocze sygnału). Rozwiązania są dwa:

1. Czas sygnału *reset* będzie analizowany w przerwaniu od narastającego zbocza sygnału. Aby nie kolidowało to z obsługą przerwania od obsługi bitu można tę przerwanie wyłączyć do czasu wygenerowania *presence*.
2. Czas trwania sygnału *reset* będzie mierzony. Przykład programowy pokazano na **listingu 1**.

Problem „zawieszania” programu głównego na czas rozpoznawania sygnału *reset*, generowania *presence* i zera można rozwiązać timerami. Na **rysunku 1** widać, że program główny (niebieski przebieg) pracuje, w czasie generowania sygnałów. Widać wyraźną przerwę oczekiwania na koniec resetu, następnie opóźnienie $30 \mu s$ oraz start timera generującego sygnał *presence*. Podczas generowania bitu o wartości zero nie trzeba czekać na koniec sygnału, więc program główny jest zatrzymywany na krócej (**rysunek 2**). Widoczne są tylko krótkie przerwy w działaniu programu głównego ($4,5 \mu s$) po opadającym zboczach sygnału na magistrali.

W trybie overdrive odczyt bitu powinien nastąpić $1 \mu s$ po sygnale strobojącym odczyt, a okno bitu trwa $7,6 \mu s$. Biorąc pod uwagę, że przy 16 MHz , wejście w IRQ to około $0,6 \mu s$ (dla układów z pamięcią flash $> 128 \text{ kB}$ trochę dłużej, ponieważ procesor odkłada 3 a nie 2 bajty adresu powrotu) a operacje na stosie takie jak *push Rx*, *eor r1, r1* oraz *push* rejestru stanu i RAMPZ dla procesorów z pamięcią ponad 64 kB dają łącznie $2,3 \mu s$, nie ma szansy na czas wystawić bitu zero. Jakim

REKLAMA

Listing 1. Procedura pomiaru czasu trwania sygnału reset

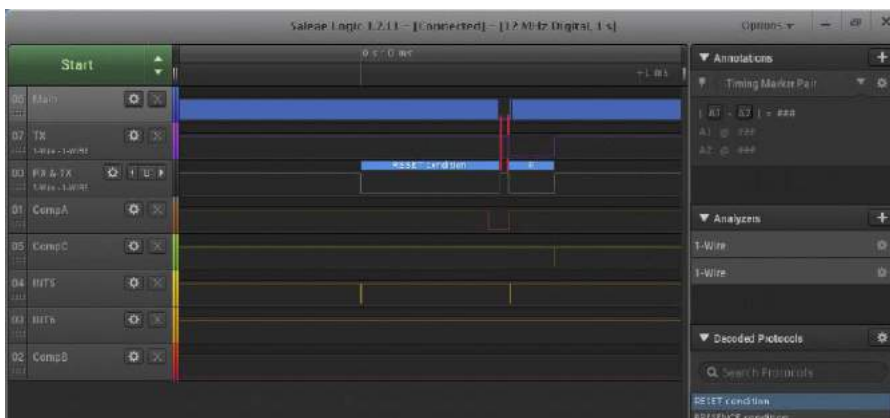
```

INTERRUPT( TIMER3_COMP_vect )
{
    long static srednia=0;
    word tim;

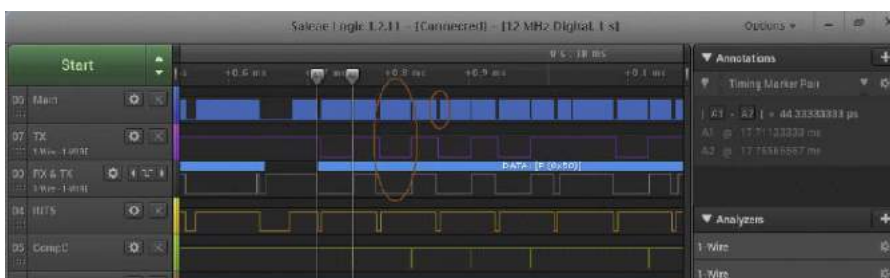
    tim = TCNT_OW;
    // Jeśli timer przepełniono a magistrala jest w stanie niskim
    if ( !WIRE1_RD ) {
        // to mamy reset (przepełnienie jest na 440us a nie 460)
        // Czekamy, aż master zwolni magistralę 1-wire
        while( !WIRE1_RD ) {
            // Jeśli zbyt długo to wyjdź
            if ( tim > microSecondsOW( TIM_1W_RST*1.5 ) ) return;
            INIT_ZMIENNE; // Wyłączenie overdrive
            WIRE1_RESET; // Początek sygnału ACK
            START_TIMER_OW; // Uruchamiamy odliczanie
            TIFR_OW |= _BV(OCFC_OW); // Kasuj flagę przerwania
            // Odblokowanie przerwań od porównania z Comp C (240us)
            TIMSK_OW |= _BV(OCIEC_OW);

            // Wylizanie średniej czasu sygnału reset
            // Jeśli nie skończono jeszcze pomiarów
            if ( RstTigMeasurement ) {
                if ( tim > microSecondsOW( 400 ) &&
                    tim < microSecondsOW( 500 ) ) {
                    srednia += tim;
                }
            }
            if ( !--RstTigMeasurement ) {
                srednia /= DEFRSTMEASUREMENT;
                // Do timera nie można wpisać czasu odczytanego z CNTx
                srednia -= microSecondsOW( 5 );
                // ponieważ od chwili wygenerowania IRQ do odczytania
                // wartości timera minął jakiś czas i CNT uległo zmianie
                // Czas ten zależny jest od liczby rejestrów odłożonych
                // na stosie
                // oraz mógłby być zakłócony przez inne przerwania
                TimRstTrigger = srednia;
                OCRA_OW = TimRstTrigger; // Nowy czas przerwania
            }
        }
        // Timer przepełniony a magistrala w wysokim, zatrzymaj więc go
    else {
        STOP_TIMER_OW;
    }
}

```



Rysunek 1. Przebiegi obrazujące działanie programu w czasie generowania sygnałów

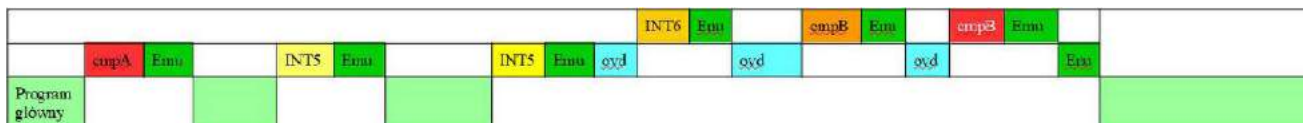


Rysunek 2. Przebiegi obrazujące działanie programu podczas generowania bitu wartości zero

Kameleon STM32L4 Board

Kompletna platforma do nauki programowania

www.kameleonboard.org STM32

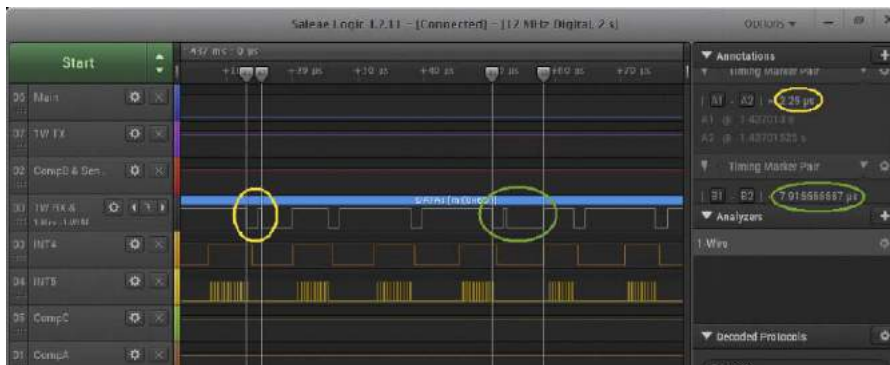


Rysunek 3. Schemat występowania przerwań

więc sposobem rozwiązano ten problem? Przejście w overdrive powoduje:

1. Zezwolenie na IRQ tylko od INT4 (overdrive) i Timera3 (wykrywającego reset i generującego presence). Pozostałe przerwania (Timer0, USART, impulsator) są zablokowane.
2. „Wieczna pętla” z której wyjście nastąpi po zmianie trybu z overdrive na standardową prędkość (reset w standardowej prędkości).
3. Po wyjściu z „wiecznej pętli” następuje wyłączenie przerwań od INT4 (overdrive) oraz przywrócenie wcześniej zawieszonych (INT5, Timer0, USART, impulsator).

Dodatkowo przerwanie INT dla overdrive zadeklarowano z flagą NAKED. Wcześniejsze wyzerowanie rejestru R1 (po wejściu w IRQ od prędkości standardowej) daje gwarancję, że ma on wartość zero i nie trzeba tego robić. Dzięki temu wejście w przerwanie trwa niecałe 0,6 μ s.



Rysunek 4. Przebiegi obrazujące działanie programu przy taktowaniu 16 MHz i bez przerzutnika D

Niestety zanim program przetestuje jaki bit wystawić na magistralę mija około 2 μ s przy taktowaniu 22 MHz, przy 14,7 MHz jest to 3,5 μ s więc za późno aby wystawić bit. Jak rozwiązano ten problem? Wiedząc jakiej wartości będzie wysyłany bit podczas kolejnego slotu odczytu ustawiam odpowiednio flagę FL_SEND_ZERO. W kolejnym przerwaniu

pierwszą czynnością jest sprawdzenie tej flagi i w razie potrzeby ustawienie magistrali w stan niski. Dzieje się to 1,4 μ s po opadającym zboczach sygnału strobowego odczyt więc jest jeszcze zapas 0,6 μ s – prawie dwa rozkazy. Obsługa przerwania trwa niecałe 3 μ s przy 22 MHz (6 μ s przy 14,7) więc jest zapas czasu na wyjście z przerwania i oczekiwanie na następne.

Wykaz elementów:

Rezystory: (SMD1206)

R1, R2: 27 Ω
R5: 1 M Ω
R20...R24, R28, R29, R44...R47: 1 k Ω
R27: 4,7 k Ω
R38: 470 Ω
R41: 2,2 k Ω
P9: 10 k Ω PT10LV potencjometr montażowy

Kondensatory: (SMD1206 jeśli nie napisano inaczej)

C1, C5, C10, C11, C21, C30: 220 nF
C2: 10 μ F/16 V elektrolityczny
C3, C4: 47 pF
C13, C14, C17: 15 nF
C18, C19: 22 pF
C23: 2,2 nF

Półprzewodniki:

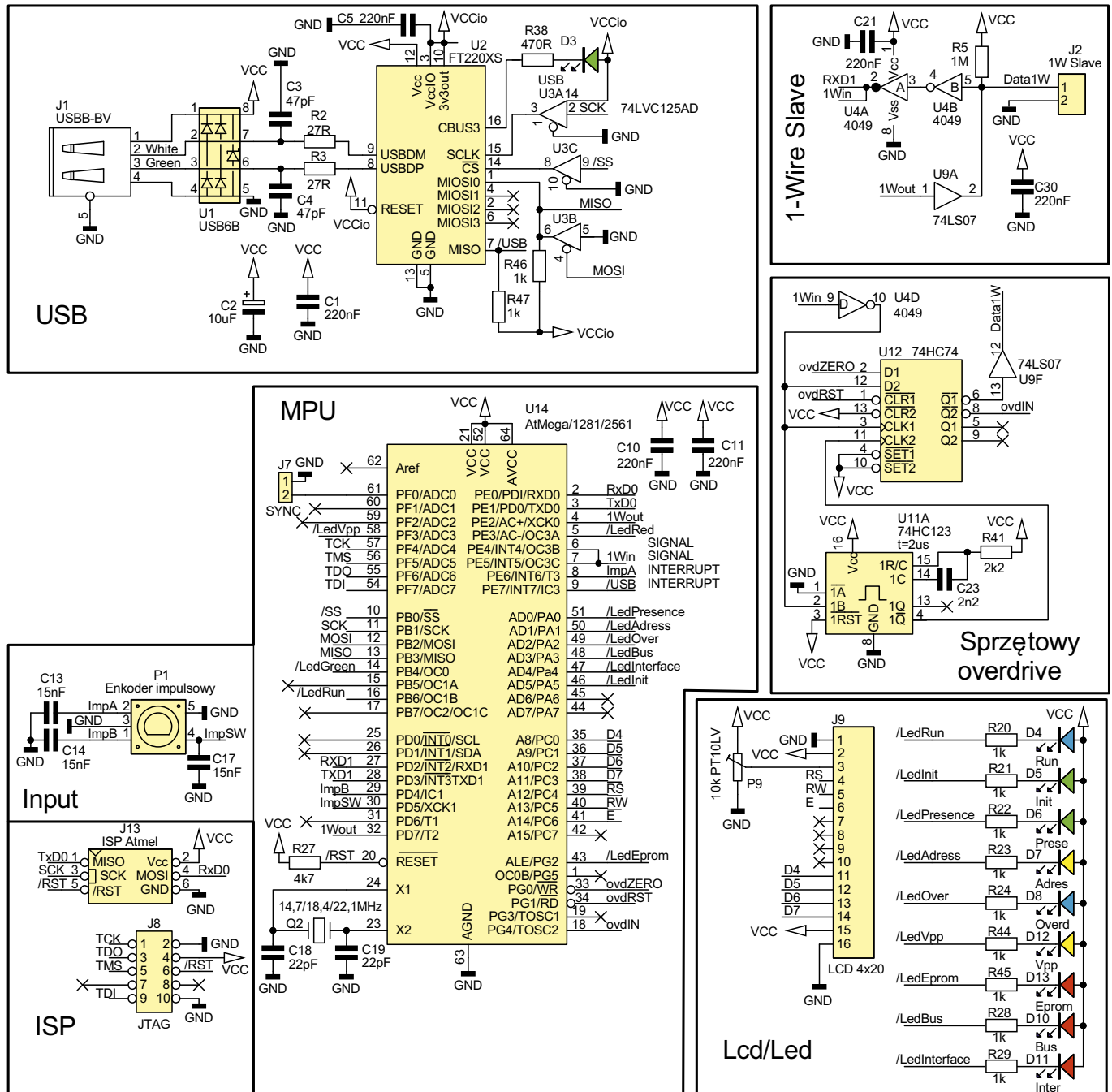
D3 (USB): dioda LED zielona SMD1206
D4 (Run): dioda LED niebieska SMD1206
D5 (Init): dioda LED zielona SMD1206
D6 (Prese): dioda LED zielona SMD1206
D7 (Adres): dioda LED żółta SMD1206
D8 (Overd): dioda LED niebieska SMD1206
D10 (Bus): dioda LED czerwona SMD1206
D11 (Inter): dioda LED czerwona SMD1206
D12 (Vpp): dioda LED żółta SMD1206
D13 (Eprom): dioda LED czerwona SMD1206
U1: USB6B zabezpieczenie ESD
U2: FT220XS SSOP-16
U3: 74LVC125AD SO-14
U4: 4049 SO-16
U9: 74LS07 SO-14
U11: 74HC123 SO-16
U12: 74HC74 SO-14
U14: ATmega1281/2561 PQFP64

Inne:

F1: bezpiecznik polimerowy SN010-60
Zw1, Zw2, Zw3: zwora 0 Ω SMD1206
Q1: rezonator kwarcowy SMD 18,4321 MHz
P1: enkoder impulsowy, impulsator
J1: gniazdo katowe USB
J2: złącze typu ARK2
J9: LCD 4x20 + złącze goldpin
J7: złącze typu HU02
J8: złącze JTAG typu IDC10
J13: złącze ISP Atmel typu IDC6

Tabela 1. Opis znaczenia diod led

Oznaczenie LED	Funkcja	Uwagi
Nazwa	Symbol	
Power	D2	Sygnalizuje napięcie zasilania
USB	D3	Praca interfejsu USB
Run	D4	Pulsuje w trakcie pracy
Init	D5	Zaświeca po poprawnym teście interfejsu i magistrali
Adr (Adress)	D6	Zaświeca po odebraniu komendy SkipRom, MatchRom ze zgodnym adresem, SkipRomOvd, MatchRomOvd, resume. Gaśnie po odebraniu resetu
Prese (Presence)	D7	Zaświeca w czasie generowania tego sygnału
Overd (Overdrive)	D8	Zaświeca po przejściu w tryb overdrive, gaśnie po wykryciu resetu o standardowym czasie trwania (reset z prędkością overdrive nie zmienia jej stanu)
Bus (Bus error)	D10	Zaświeca gdy stan niski na magistrali utrzymuje się zbyt długo (ponad 1 ms)
Inter (Interface error)	D11	Sygnalizuje uszkodzenie interfejsu (układy 4049 i 74HC07).



Rysunek 5. Schemat elektryczny urządzenia

Procedura wygląda poprawnie gdy trwa transfer danych ale co z pierwszym bitem? Czy milcząco założono, że będzie on równy jeden? Nie, po przejściu w tryb wysyłania danych do hosta jest odpowiednio ustawiana flaga FL_SEND_ZERO na podstawie pierwszego bitu bajtu do wysłania. Schemat występowania przerwań pokazuje **rysunek 3**. W przerwaniach wykonuje się kod emulacji oznaczony ciemnozielonym kolorem. Kolor czerwony to przerwanie od komparatora A (wykrycie reset), pomarańczowy komparator B (reset overdrive). Oprogramowanie przerwania comB stwierdza czy impuls resetu trwał 70 μ s czy 440 μ s. Jeśli 440 μ s postępuje tak jak w przypadku

przerwania od komparatora A (czerwone tło z białą czcionką). Podczas procedur emulacji w przerwaniu INT5, po zdekodowaniu rozkazu *skip* lub *match overdrive*, uruchamiany jest tryb overdrive (zezwolenie na INT4 i CompareB, blokada INT5). Tryb ten jest oznaczony kolorem seledynowym. Przerwanie INT6 lub COMPB może przerwać pętlę w INT5. Jeśli był to *reset overdrive* lub operacja na bicie (zapis, odczyt), program powraca do overdrive, jeśli stwierdzono standardowy sygnał reset następuje powrót do programu głównego. Jest to dość skomplikowane ale działa.

Pewną wadą takiego rozwiązania jest fakt, że program główny nie jest wykonywany

REKLAMA



podczas przejścia do trybu overdrive, ale jest to emulator i program główny ma niewiele do zrobienia. Ponadto overdrive obsługuje niewiele układów i jest on włączany na krótko.

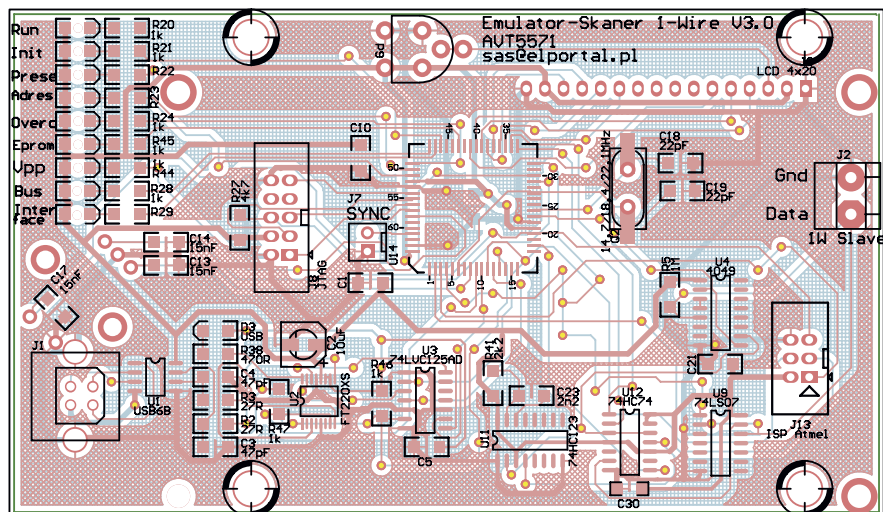
Jak się później okazało, po optymalizacji wszystko realizuje jedno przerwanie z wstawką assemblerową. Dlaczego więc opisałem sposób z dwoma przerwaniem? Ponieważ wymagania stawiane szybkości pracy mikrokontrolera są mniejsze i możliwa jest implementacja emulacji na niższych, częstotliwościach. Kolejne przyspieszenie uzyskuje się dzięki wykorzystaniu przerzutnika D. Na jego wejście podawany jest stan bitu do wystawienia w następnej transmisji zamiast ustawiania flagi FL_SEND_ZERO. Opadające zbocze sygnału stroboju odczyt przepisuje stan wejścia D przerzutnika na jego wyjście, które za pośrednictwem bramki z otwartym kolektorem wystawia bit na magistralę. Odstępstwem emulowanego układu od protokołu jest próbkowanie stanu bitu w trybie overdrive po 3 μ s a nie 1 μ s od opadającego zbocza sygnału ale biorąc pod uwagę, że czas stanu niskiego bitu 0 wynosi 7,5 μ s nie stanowi to problemu. Jeśli jednak gdzieś konieczność zachowania pełnej zgodności należy wykorzystać sprzętowy układ odczytujący stan bitu składający się z multiwibratora 74HC123 i przerzutnika D. Na **rysunku 4** pokazano analizę działania programu przy taktowaniu 16 MHz i bez przerzutnika D. Impuls kończący się ponad 2 μ s po opadającym zboczku odczytu. Dla programowych hostów nie stanowi to problemu, natomiast układy DS248x odczytują bit dużo wcześniej i wtedy pojawiają się błędy. Oczywiście przy wykorzystaniu przerzutnika D impulsu nie ma, tak jak i przy zwiększeniu częstotliwości taktującej do 22 MHz.

Budowa i działanie

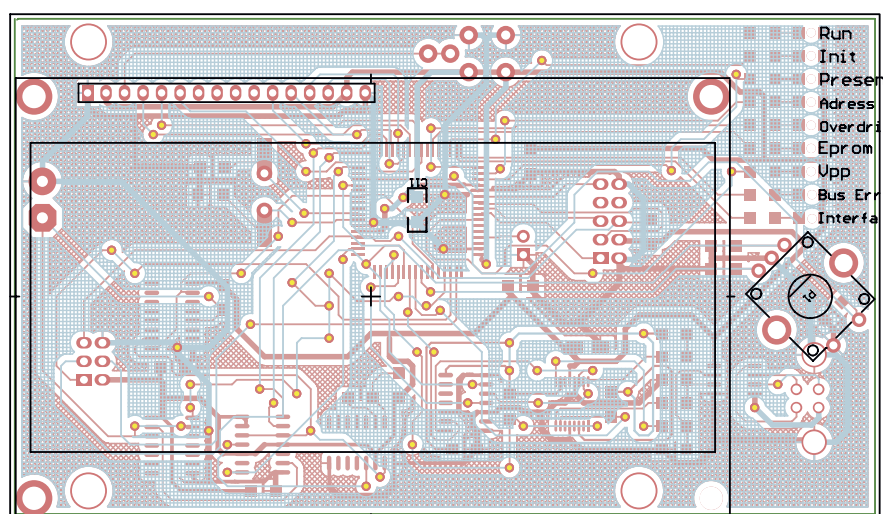
Schemat urządzenia pokazano na **rysunku 5**. Zasilanie jest doprowadzone z portu USB. Konwerter USB-SPI akceptuje na wejściach napięcia do 3,3 V dlatego zastosowano konwerter poziomów na układzie 74LVC125. Komunikację z użytkownikiem zapewnia enkoder impulsowy i wyświetlacz LCD 4x20 znaków. Elementy te zamontowano od spodniej strony płytki dzięki czemu łatwiej urządzenie zamknąć w obudowie. Kontrast wyświetlacza można regulować potencjometrem. Elementy U11 i U12 wspomagają sprzętowo obsługę trybu overdrive. Diody led informują o stanie urządzenia (**tabela 1**).

Montaż i uruchomienie

Schemat płytki drukowanej wraz z rozmieszczeniem elementów pokazano na **rysunku 6** i **rysunku 7**. Montaż jest typowy i nie wymaga



Rysunek 6. Schemat płytki PCB strona TOP



Rysunek 7. Schemat płytki PCB strona BOTTOM

omawiania. Aby ułatwić sobie pracę enkoder impulsowy i wyświetlacz należy zamontować jako ostatnie elementy (od spodniej strony płytki). Wyświetlacz z płytką warto zamontować za pomocą wtyku i gniazda goldpin, co ułatwi ewentualne naprawy. Urządzenie może pracować bez tych elementów, wtedy całe sterowanie odbywa się za pośrednictwem programu terminala. Ustawienie bitów konfiguracyjnych to: EXT=0xFD, HIGH=0x19, LOW=0xEF (**rysunek 8**).

Obsługa

Po ekranie startowym z informacją o trybie pracy, statusie (CPU, VID, PID) pojawi się menu główne z treścią podobną jak na **rysunku 9**. Przyciskiem enkodera zmieniamy cyklicznie typ emulowanego układu a obracając enkoder zmieniamy np emulowaną temperaturę. Znaczenie liter po CFG jest następujące:

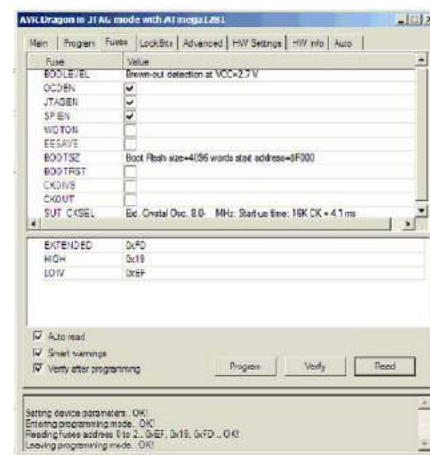
P – (mała/wielka litera) emulowanie zasilania pasywnego lub lokalnego DS18B20. Ustawianie programem terminala.

I – (mała/wielka litera) generowanie lub nie alarmu/IRQ przez slave. Ustawianie programem terminala.

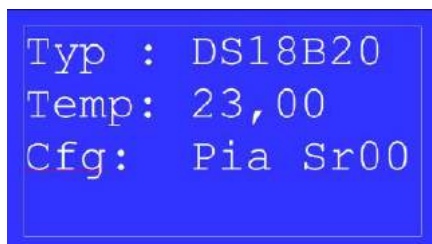
A – (mała/wielka litera) alarm temperatury. Ustawiany automatycznie podczas emulacji termometru na podstawie rejestrów tH i tL.

Sxyy – synchronizacja oscyloskopu, gdzie **x** oznacza:

- r** – sygnałem reset,
- p** – sygnałem presence,
- c** – komendą,
- f** – rodziną układu.



Rysunek 8. Ustawienie bitów konfiguracyjnych



Rysunek 9. Widok okna menu głównego

yy – oznacza nr komendy lub rodziny (zależy od parametru x) układu, z którą synchronizujemy oscyloskop. Opcje ustawianie programem terminala.

Podczas emulacji/skanowania overdrive reakcje wyświetlacza nie są zbyt szybkie, jest to spowodowane dużym obciążeniem mikrokontrolera podczas operacji symulacji i szybkim transferem danych po USB w trybie skanera.

Sterowanie urządzeniem jest możliwe całkowicie poprzez program typu terminal, wykaz komend sterujących zawiera **tabela 2**.

Uwagi końcowe

Mikrokontroler jest nieznacznie „przetaktowany” (18,4321 MHz zamiast 16 MHz) ale nie wpływa to na pogorszenie stabilności pracy układu.

Przebadalem reakcję układów slave na przedłużony reset. Te zasilane pasożytniczo, zachowują się poprawnie, po powrocie zasilania, po *resecie* zaczynają pracować wystawiając *presence*. Wewnętrzna pojemność jest rozładowana w czasie sygnału *reset*, a gdy wróci zasilanie (dlatego wymagane jest po *resecie* przetrzymanie magistrali w stanie wysokim) w układach tych następuje wewnętrzny *reset*. Układy zasilane zewnątrz (np termometr DS18B20, nr seryjny DS2411), także reagują prawidłowo. Układ DS2482, również zachowuje się poprawnie (nie wysyła danych w „kosmos”, ale w przeciwieństwie do DS2480 nie informuje o tym fakcie w statusie).

Znane mi oprogramowanie master i slave działa błędnie w takiej sytuacji. Master wysyła dane choć magistrala po zakończeniu resetu przez mastera jest jeszcze w stanie

Tabela 2. Wykaz komend sterujących

Komendy bez parametru (naciśnięcie wybranego klawisza)	
Komenda	Funkcja
?	wyświetlenie spisu komend
SPACJA	start/stop przechwytywania
TABULATOR	emulacja naciśnięcia przycisku enkodera
SHIFT + '+'	zwiększenie temperatury emulowanej przez DS18B20
SHIFT + '-'	zmniejszenie temperatury
Komendy bez parametru (wydanie komendy zatrzymuje przechwytywanie)	
Komenda	Funkcja
:v	wersja programu
:n	nazwa programu
:R	restart
Komendy z parametrem:	
Komenda	Funkcja
:Ex	echo on/off gdzie x=1 on, x=0 off
:txx	ustawienie temperatury emulowanego DS18B20, gdzie xx temperatura w postaci dziesiętnej
:e	typ emulowanego układu, zakres 01...FF. Na poziomie komend podstawowych (ReadRom, SkipRom, SearchRom) można emulować dowolny układ, tak komendy specyficzne dla danego układu są emulowane tylko dla numerów seryjnych, DS18B20 i DS2431
:ix	alarm/IRQ on/off. Włącza lub wyłącza generowanie alarmu przez slave po wygenerowaniu sygnału reset przez host
:cxx	filtrowanie ramek dla wybranej komendy (0 – wyłącza filtrowanie)
:fxx	filtrowanie ramek dla wybranej rodziny (28 – DS18B20, 01 – nr seryjny), 0 – wyłącza filtrowanie. Gdy aktywne są oba filtry wyświetlane będą tylko ramki ze zgodnym kodem rodziny i komendą.
:px	włączenie/wyłączenie zasilania pasożytniczego dla DS18B20
:sx	włączenie synchronizacji oscyloskopu gdzie: x=1 – tylne zbocze sygnału reset, x=2 – tylne zbocze sygnału presence, x=3 – zgodna komenda ustawiana rozkazem „:c”, x=4 – zgodny kod rodziny ustawiany rozkazem „:f”. Synchronizacja oscyloskopu funkcjonuje tylko gdy przechwytywanie jest włączone.

niskim i slave zakłóca transmisję innych układów. Proszę wziąć to pod uwagę w czasie pisania oprogramowania. W przypadku układów slave nigdy nie wiadomo, czy jakiś slave nie zgłosi przerwania.

Dobłą praktyką w operacjach 1-Wire jest reset magistrali po zakończeniu komunikacji z urządzeniem.

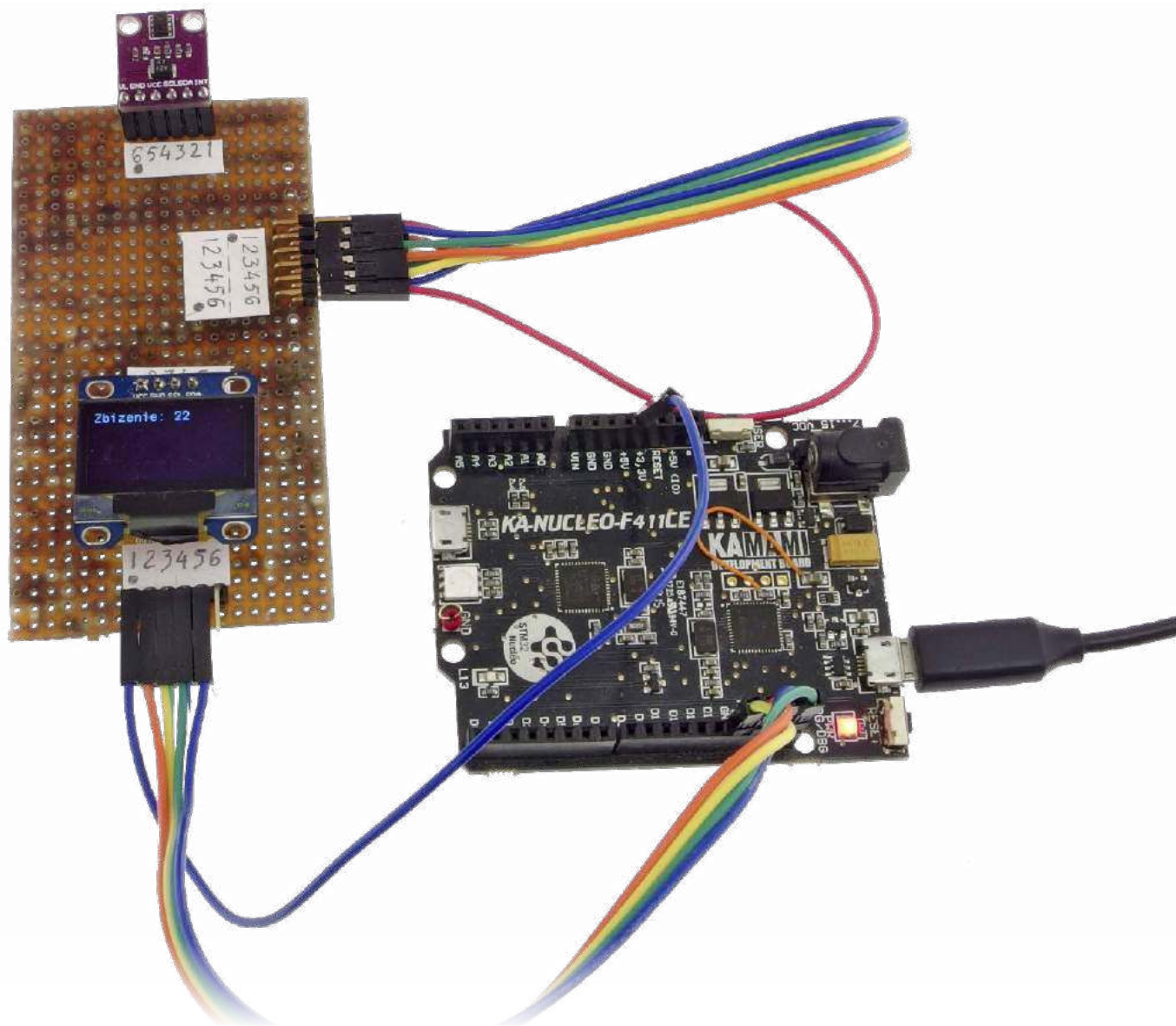
Baza emulowanych układów jest rozbudowywana. Aktualnie trwają prace nad: DS1820, DS1821, DS1920, DS1961, DS1973, DS2430, DS2432, DS2433. W sprawie nowych wersji oprogramowania proszę o kontakt.

SaS
sas@elportal.pl

Chcesz czytać nasze najnowsze artykuły jeszcze przed wydrukowaniem w EP?

Zajrzyj na

www.ep.com.pl/EPwtoku



Czujnik światła z układem APDS9930

Miniaturowy czujnik APDS9930 realizuje dwie funkcje: pomiar natężenia oświetlenia i detekcję zbliżania obiektu na dystansie do 10 cm. Małe wymiary, wysoka czułość i niski pobór prądu sugerują, że skonstruowano go z przeznaczeniem do użycia w aparatach telefonii komórkowej. Montaż w formie modułu ułatwia podłączenie i pozwala skorzystać z funkcji czujnika. Sześć styków szpilkowych daje dostęp do magistrali sterującej oraz do sygnału przerywania.

Parametry modułu

Widok płytki modułu został pokazany na fotografii 1. Główne parametry zamontowanego na module czujnika są następujące:

- wykrywanie natężenia oświetlenia (funkcja ALS) już od poziomu 0,01 luxa,
- wykrywanie obecności obiektu na dystansie od 0 do około 10 cm przy pomocy impulsów IR,
- komunikacja za pośrednictwem magistrali I²C o szybkości transmisji do 400 kHz,



Fotografia 1. Wygląd modułu APDS9930

- wyjście sygnalizujące przerwanie wywołane poziomem oświetlenia albo wykryciem obiektu,
- rozdzielone zasilanie czujnika 2,2...3,6 V/250 μ A od zintegrowanej we wspólnej obudowie diody IR 3...4,5 V/100 mA generującej impulsy używane do wykrycia obiektu,
- fabrycznie skalibrowana detekcja dystansu,
- wewnętrzny regulator prądu diody IR o programowalnej wydajności.

Funkcje wyprowadzeń modułu:

- VL – podłączenie zewnętrznego zasilania diody IR czujnika. Nie ma potrzeby stosowania dodatkowego opornika ograniczającego prąd diody,
- VCC, GND – podłączenie zasilania czujnika,
- SCL, SDA – linie magistrali sterujących I²C,
- INT – wyjście sygnału przerwania.

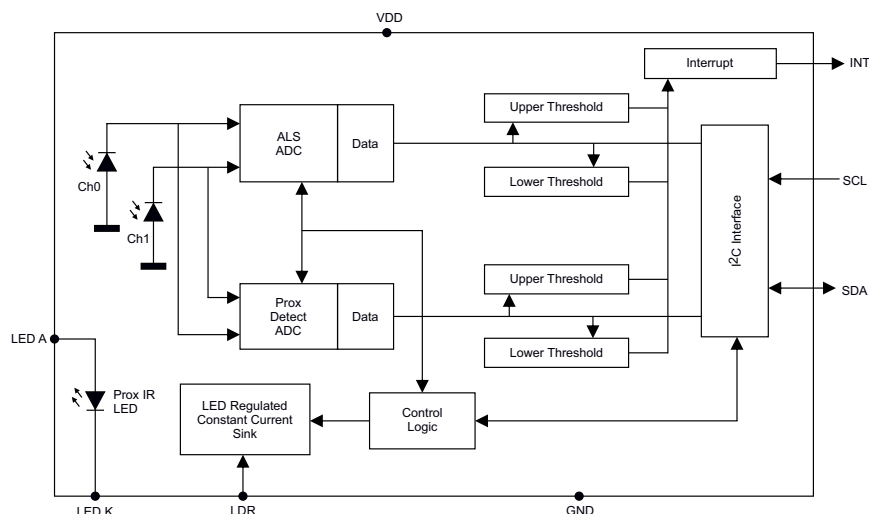
Budowa czujnika

Na **rysunku 1** pokazano schemat blokowy czujnika APDS9930. W części odbiorczej pracują dwie fotodiody CH0 i CH1. Pierwsza z nich jest czuła na światło w szerokim zakresie od promieniowania widzialnego do podczerwieni, druga jest ograniczona do zakresu IR. Dzięki temu przy pomiarze natężenia oświetlenia można wyeliminować wpływ składowej podczerwonej i uzyskać charakterystykę czułości zbliżoną do tej jaką ma oko człowieka. Diody są podłączone zarówno do bloku pomiaru natężenia oświetlenia ALS (*ambient light sensing*) jak i do bloku detekcji zbliżenia (*Proxy Detect*).

Detekcja działa na zasadzie odbicia impulsów promieniowania podczerwonego od zbliżającego się obiektu. Krótkie impulsy emituje umieszczona wewnątrz obudowy czujnika dioda Prox IR LED. Prąd diody i intensywność impulsów ustala regulator, którego wyprowadzenie LDR jest zewnętrznie łączone z wyprowadzeniem LED K diody. Do anody LED A podłącza się zewnętrzne napięcie zasilania, które może być oddzielone od zasilania pozostałych bloków czujnika.

O tym, który blok jest aktywny: pomiar oświetlenia czy detekcja zbliżania, decyduje użytkownik przez ustawienia rejestrów sterujących czujnika. Użytkownik może włączyć przerwanie podłączone do wyprowadzenia INT. A także ustawić progi jego zadziałania zarówno dla pomiaru oświetlenia jak i detekcji zbliżania.

Dostęp do rejestrów czujnika i wymiana danych odbywa się za pośrednictwem magistrali I²C. Czujnik APDS9930 reaguje na adres 0x39 (konwencja 7 bitowego adresu). W trybie zapisu dostęp do rejestru następuje po wysłaniu adresu (Slave Address) i numeru rejestru (Command Code). W trybie odczytu



Rysunek 1. Schemat blokowy

należy wysłać adres, numer rejestru, sekwencję I²C Start i ponownie adres (dodatkowy bit kierunku powinien być ustawiony) – czujnik prześle wtedy wartość rejestru.

Biblioteka

Istnieją biblioteki do obsługi czujnika APDS9930. Pod internetowym adresem <https://github.com/Depaul/APDS9930> udostępniona jest biblioteka dla Arduino wraz z kilkoma przykładami zastosowania, a także opisem sposobu podłączenia modułu do płytki Arduino. Na bibliotekę składa się szereg metod pozwalających kontrolować działanie czujnika APDS9930 w różnych trybach pracy:

- Procedura *init()* ustawia czujnik do pracy z wartościami domyślnymi zapisanymi w pliku nagłówkowym *APDS9930.h* w sekcji Default values.
- Procedura *enableLightSensor(bool interrupts)* włącza pomiar natężenia oświetlenia z uruchomionym (*true*) lub nie (*false*) trybem przerwania.
- Procedura *enableProximitySensor(bool interrupts)* włącza tryb detekcji zbliżenia obiektu, który może być dodatkowo sygnalizowany sygnałem przerwania.
- Do odczytu pomiaru natężenia oświetlenia w luksach służy procedura *readAmbientLightLux(float &val)*. Z kolei procedura *readProximity(uint16_t &val)* pozwala odczytać wartość liczbową proporcjonalną do bliskości obiektu gdy czujnik pracuje w trybie detekcji zbliżenia. Wartość 0 oznacza brak detekcji, wartość 1023 maksymalne zbliżenie.

Listing 1. Uproszczony przykład programu, kiedy czujnik pracuje w trybie wykrywania zbliżenia obiektu

```
#include <APDS9930.h>

APDS9930 apds = APDS9930();
uint16_t proximity_data = 0;

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  apds.init()

  //Start APDS-9930 tryb zbliżeniowy (bez przerwania)
  if ( apds.enableProximitySensor(false) ) {
    Serial.println(F("Sensor pracuje"));
  } else {
    Serial.println(F("Błąd inicjacji!"));
  }

  //parametr PPULSE
  apds.wireWriteDataByte(APDS9930_PPULSE, 4);
  //parametr POFFSET
  apds.wireWriteDataByte(APDS9930_POFFSET, -150);
}

void loop() {
  //Odczyt wartości trybu zbliżenia
  if ( !apds.readProximity(proximity_data) ) {
    Serial.println("Błąd odczytu");
  } else {
    Serial.print("Zbliżenie: ");
    Serial.println(proximity_data);
  }

  //Pauza 250 ms przed następnym odczytem
  delay(250);
}
```

Istnieją także procedury dostępu do określonych rejestrów w tym rejestrów określających progi zadziałania wyjścia przerwania:

- *setProximityIntLowThreshold(uint16_t threshold)*,
- *setProximityIntHighThreshold(uint16_t threshold)*,
- *setLightIntLowThreshold(uint16_t threshold)*,
- *setLightIntHighThreshold(uint16_t threshold)*.

Na **listingu 1** został pokazany uproszczony przykład programu, kiedy czujnik pracuje w trybie wykrywania zbliżenia obiektu. Po inicjacji następuje włączenie trybu zbliżeniowego. Dobierając wartość współczynnika PPULSE w zakresie 1...255 określa się sposób reakcji czujnika. Na **rysunku 2** pokazano jak różne wartości współczynnika wpływają na wynik pomiaru w funkcji rzeczywistej odległości obiektu od czujnika. Dobranie wartości POFFSET

eliminuje szumy odczytu gdy obiekt znajduje się poza zakresem. Następnie w pętli odczytywany jest współczynnik, którego wartość rosnąca od 0 do 1023 oznacza stopniowe zbliżanie się obserwowanego obiektu do czujnika.

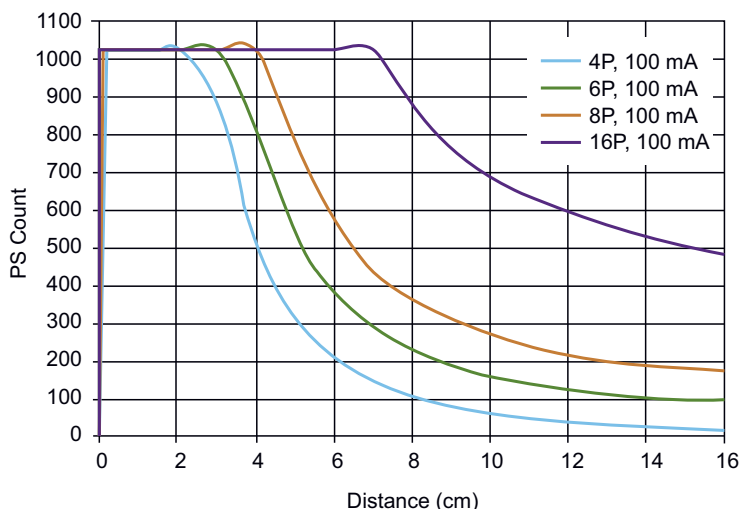
APDS9930 i Nucleo

Czujnik można podłączyć do dowolnej platformy sprzętowej o ile pracuje z poziomami logicznymi 0/3,3 V, potrafi obsłużyć transmisję I²C i jest w stanie dostarczyć zasilanie do czujnika. Warunki te spełnia dowolna płytką Nucleo z kontrolerem STM32. W tabeli 1 zestawiono potrzebne połączenia dla trybu pracy bez wykorzystania wyjścia przerwania.

Niezbędnym krokiem jest dostosowanie biblioteki czujnika APDS9930 do współpracy z płytką Nucleo. Jedną z możliwości to skorzystanie z projektu STM32Duino. Są to biblioteki „tłumaczące” oprogramowanie pisane dla Arduino na kod wykonywalny dla płyt z kontrolerami rodziny STM32. Inną możliwością jest użycie środowiska programistycznego przeznaczonego dla STM-ów i dostosowanie biblioteki czujnika. W tym drugim podejściu trzeba dostosować procedury odwołujące się bezpośrednio do warstwy sprzętowej komunikującej się z interfejsem I²C. W bibliotece APDS9930 do komunikacji z magistralą I²C zastosowano kilka procedur biblioteki Arduino – *Wire.c*. Są to:

- *begin()* – ustawienia inicjujące bibliotekę *Wire*,
- *requestFrom()* – odczyt do bufora z układu o podanym adresie żądanej liczby bajtów,
- *beginTransaction()* – przygotowanie do wysłania określonej liczby bajtów z bufora do układu,
- *endTransmission()* – zakończenie wysyłania bajtów do układu,
- *write()* – realizacja wysłania bajtów,
- *available()* – zwraca ilość odebranych bajtów oczekujących w buforze,
- *read()* – odczyt z bufora odbiorczego pojedynczego bajtu.

Należy pamiętać, że w bibliotece *Wire* operacje przesyłania danych pomiędzy układem nadrzędnym a podporządkowanym (w tym przypadku modułem APDS9930) odbywają się za pośrednictwem 32-bitowych buforów: nadawczego



Rysunek 2. Charakterystyki detekcji obiektu

Listing 2. Kod procedury odczytu bajtów z układu podrzędnego

```
extern I2C_HandleTypeDef hi2c1;

//odczytuje ilość (quantity) bajtów z układu podrzędnego o adresie (slave_addr)
//zwraca ilość odebranych bajtów w buforze
uint8_t PWire::requestFrom(uint8_t slave_addr, uint8_t quantity) {
    HAL_StatusTypeDef status;

    status = HAL_I2C_Master_Receive
        (&hi2c1, (uint16_t)slave_addr, (uint8_t *)buforRec_Wire,
         (uint16_t)quantity, 1000);

    if (stat != HAL_OK) quantity = 0;

    ile_w_buforRec_Wire = quantity;
    poz_odczytu_w_buforRec_Wire = 0;

    return quantity;
}
```

i odbiorczego. Należy zatem napisać własne procedury, które będą realizowały wymienione funkcje, korzystając z dostępu do sprzętowego interfejsu kontrolera STM32 zamontowanego na użytej płytce Nucleo.

Na listingu 2 można zobaczyć kod procedury odczytu bajtów z układu podrzędnego realizującej funkcję *requestFrom()*. Procedura jest jedną z funkcji klasy *PWire*, która zastąpi arduinową klasę *Wire*. Jeżeli moduł podłączony zostanie do wyprowadzeń tak jak podano w tabeli, to obsługą magistrali I²C zajmie się sprzętowy interfejs I2C1. Wykorzystywana jest standardowa procedura HAL-a *HAL_I2C_Master_Receive()*, a także statyczny bufor odbiorczy *buforRec_Wire[]* o rozmiarze 32 bajtów.

W samej bibliotece APDS9930 potrzebne będą niewielkie zmiany. Dotyczą głównie jej początkowej części i włączanych plików nagłówkowych co pokazano na listingu 3.

Listing 3. Niewielkie zmiany potrzebne w bibliotece APDS9930

```
// #include <Arduino.h>
#include <PWire.h> //zmienione
#include "APDS9930.h"
#include "algorithm" //dodane
using namespace std; //dodane
#include <stdio.h> //dodane

PWire Wire; //dodane
```

Przed wszystkim należy usunąć odwołanie do biblioteki *Arduino.h* i zastąpić plik *Wire.h* włączeniem stworzonej własnej biblioteki *PWire.h*. Kolejne pliki nagłówkowe i deklaracja przestrzeni nazw są potrzebne do realizacji niektórych funkcji biblioteki APDS9930. Należy także pozbyć się kilku odwołań do nieobsługiwanej teraz procedury *Serial.println()*.

Ponieważ biblioteka APDS9930 napisana jest w C++, najwygodniej używać ją w projektach dla tego samego języka. Co prawda popularne narzędzie STM32CubeMX generuje projekty w C ale przekształcenie do wersji w C++ nie powinno stanowić wielkiego problemu. W wersji środowiska programistycznego SW4STM32 po wczytaniu utworzonego projektu należy wybrać opcję Project Explorer → prawy przycisk myszy → Convert to C++. Należy także zmienić nazwę pliku *main.c* na *main.cpp*.

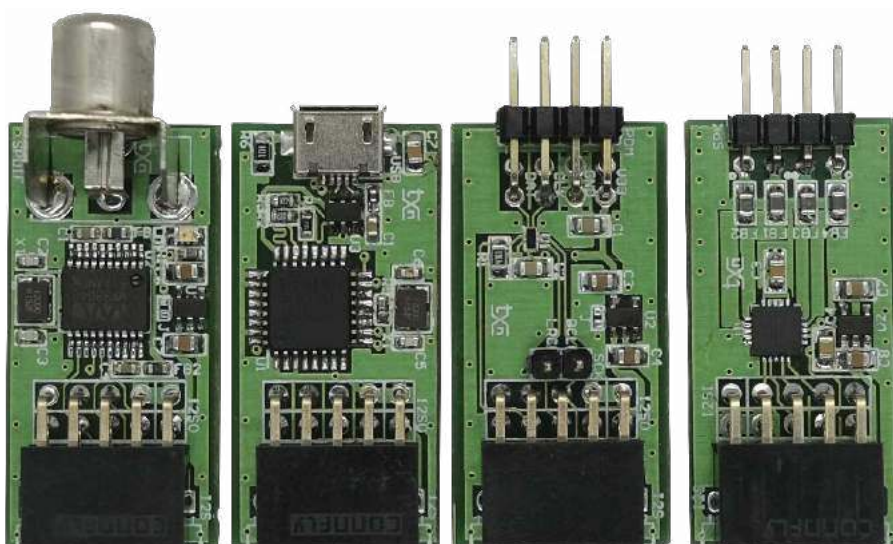
Ryszard Szymaniak
biuro@ars.info.pl

Tabela 1. Połączenia potrzebne dla trybu pracy bez wykorzystania wyjścia przerwania

Czujnik APDS9930	Nucleo	Opis
SDA	PB9	linia SDA magistrali I2C1
SCL	PB8	linia SCL magistrali I2C1
Vcc	3,3 V	zasilanie modułu
GND	GND	masa
VL	3,3 V/100 mA	zasilanie diody IR modułu

Minimoduły cyfrowego audio

W artykule zaprezentowano cztery podstawowe moduły cyfrowego audio, przydatne podczas uruchamiania aplikacji audio DIY. Wszystkie są dwukanałowe (stereo) i wyposażone w popularny interfejs I²S. Ich niewielkie rozmiary oraz zasilanie 3,3...5 V pozwalają na zastosowanie z komputerami SBC, STM, Arduino, AudioDSP. W zależności od zastosowanego złącza, mogą współpracować bezpośrednio z AudioDSP lub płytkami wyposażonymi w interfejs Pmod.



Stereofoniczny wzmacniacz małej mocy

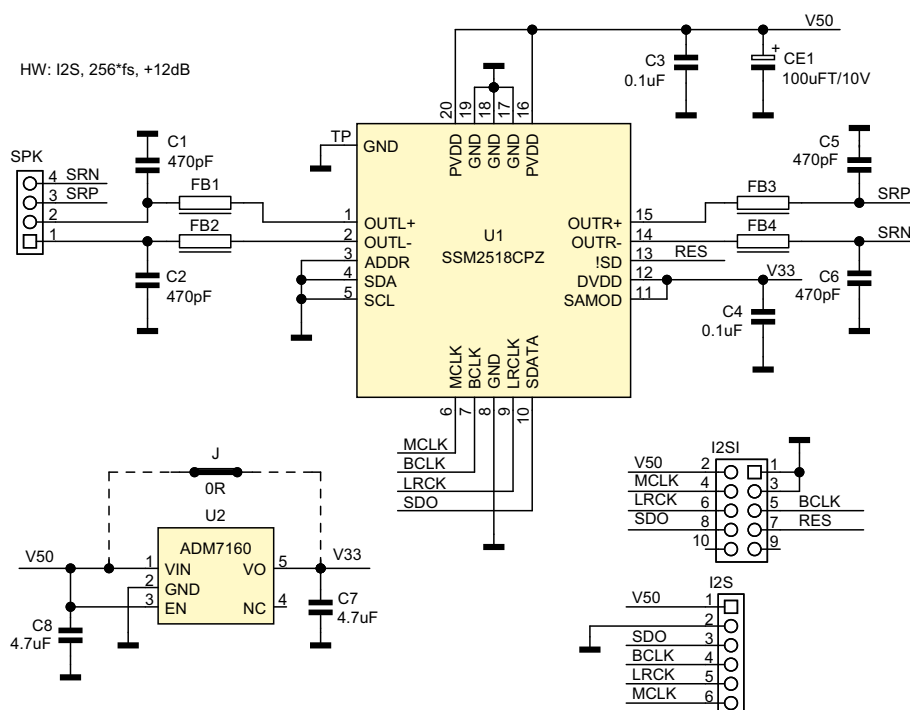
Schemat układu został pokazany na rysunku 1. Zastosowano w nim scaloną „cyfrową” końcówkę mocy U1 typu SSM2518 integrującą przetwornik D/A, obwody sterujące oraz mostkowy stopień mocy pracujący w klasie D. Przy zasilaniu 5 V, dostarcza do obciążenia 2 W/4 Ω lub 1,4 W/8 Ω.

Sygnał cyfrowy w standardzie I²S wraz z sygnałem zegarowym MCLK i zasilaniem doprowadzony jest przez złącze I²S zgodne z Pmod lub I²SI zgodne z AudioDSP. Standard napięciowy I²S to 3,3 V. Układ SSM2518 pracuje w trybie konfiguracji sprzętowej z magistralą I²S w trybie slave,

z krotnością MCLK 256 i wzmocnieniem 12 dB.

Wzmocniony sygnał wyjściowy po filtracji z użyciem elementów FB1...FB4, C1, C2 C5, C6 doprowadzony jest do złącza szpilkowego SPK. Stopień mocy U1 zasilany jest bezpośrednio ze złącza I²S napięciem 3,3...5 V o odpowiedniej wydajności prądowej. Zasilanie części logicznej zapewnia stabilizator LDO U2 typu ADM7160-3.3.

Wzmacniacz można zasilать także napięciem 3,3 V lutując zamiast stabilizatora U2 zworę J. W tym przypadku moc wyjściowa zostanie obniżona do ok. 0,8 W. Przy zasilaniu modułu z 3,3 V należy jednak pamiętać o odpowiedniej wydajności prądowej źródła zasilania.



Rysunek 1. Schemat wzmacniacza z układem SSM2518

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5781

Podstawowe parametry:

- cztery podstawowe moduły cyfrowego audio,
- dwukanałowe – stereo,
- wyposażone w popularny interfejs I²S,
- zasilanie 3,3...5 V,
- płytki o wymiarach 36×18 mm.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

- AVT-1973 Miniaturowy, stereofoniczny wzmacniacz mocy (EP 10/2017)
- AVT-1934 Miniaturowy wzmacniacz mocy 2×1 W/8 Ω (EP 9/2016)
- AVT-1712 Miniaturowy, stereofoniczny wzmacniacz mocy 2×3 W (EP 10/2012)
- AVT-5338 Moduł wzmacniacza klasy D (EP 4/2012)
- AVT-1670 Stereofoniczny regulator barwy dźwięku (EP 4/2012)
- AVT-1634 Przedwzmacniacz z TDA1524A (EP 6/2011)
- AVT-1578 Miniaturowy wzmacniacz z układem TDA7233S (EP 9/2010)
- AVT-1498 Bardzo mały wzmacniacz mocy klasy D (EP 10/2008)
- AVT-1491 Wzmacniacz 2×5 W – TDA7496 (EP 9/2008)
- AVT-1906 Moduł audio DAC dla Raspberry PI z wyjściami I²S i S/PDIF (EP 5/2016)
- AVT-1876 Konwerter USB na S/PDIF (EP 8/2015)
- AVT-1839 RN52, SPDIF Bezprzewodowy interfejs audio Bluetooth-S/PDIF (EP 1/2015)
- AVT-5324 Bezprzewodowy link audio – interfejs Bluetooth do wzmacniacza (EP 1/2012)
- AVT-5298 Konwerter USB na S/PDIF (EP 7/2011)
- AVT-5140C Konwerter S/PDIF Coaxial – Optical (EP 6/2003)
- AVT-5140C Konwerter S/PDIF Optical – Coaxial (EP 6/2003)
- AVT-574 Przełącznik optyczny SPDIF (EP 5/2004)

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

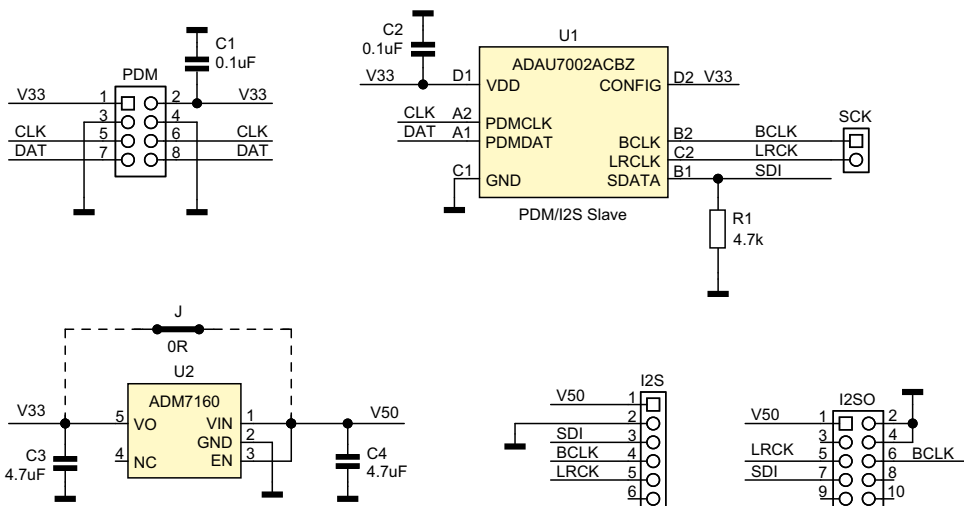
Wymagana umiejętność lutowania!

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 wylutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

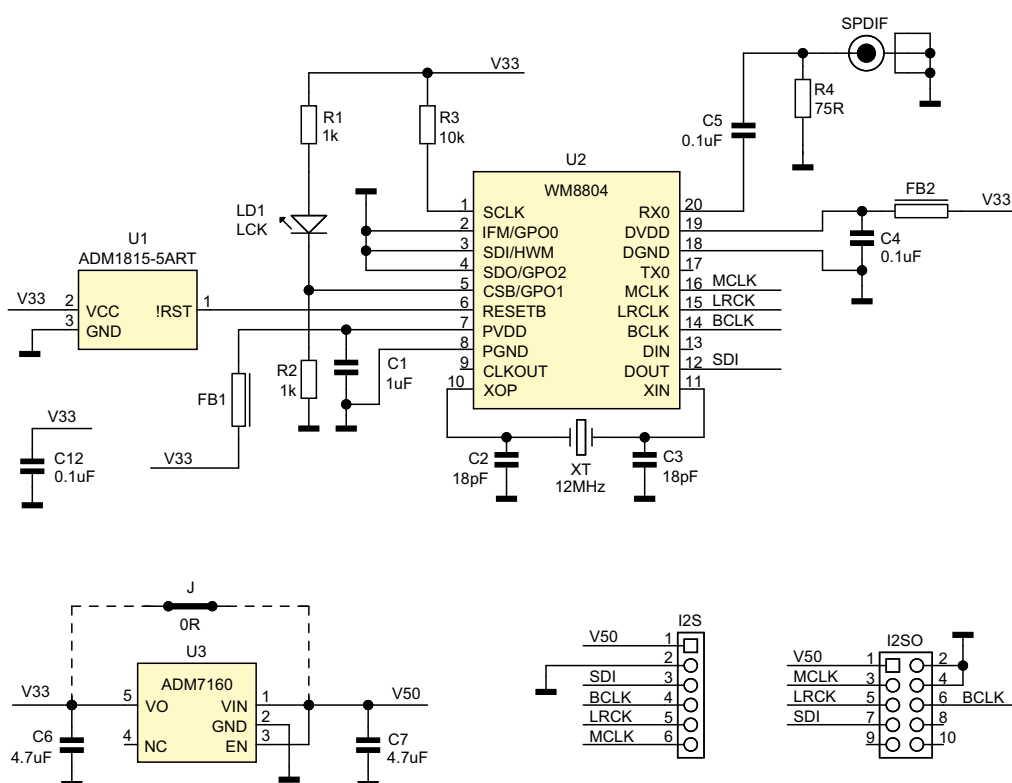
Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wylutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytkę drukowaną [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 <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.



Rysunek 2. Schemat modułu konwertera PDM-I2S



Rysunek 3. Schemat modułu odbiornika SPDIF

Wykaz elementów:

Stereofoniczny wzmacniacz małej mocy

C1, C2, C5, C6: 470 pF SMD0805
C3, C4: 0,1 μ F SMD0805
C7, C8: 4,7 μ F SMD0805
CE1: 100 μ F/10 V tantalowy SMB
U1: SSM2518CPZ LFCSP20_8
U2: ADM1815-5ART SOT-23-5
J: 0 Ω SMD0402
FB1...FB4: diodki SMD0805, WE 74279220601
I2S: złącze szpilkowe kątowe 2,54 mm 6 pin SIP6H
I2SI: złącze IDC kątowe żeńskie ZL263-10DG
SPK: złącze szpilkowe kątowe 2,54 mm 4 pin SIP4H

Konwerter interfejsu mikrofonów cyfrowych PDM do standardu I2S

R1: 4,7 k Ω SMD0805
C1, C2: 0,1 μ F SMD0805
C3, C4: 4,7 μ F SMD0805
U1: ADAU7002ACBZ WLCSP8
U2: ADM7160AUJZ-3.3 SOT-23-5
J: 0 Ω SMD0402

I2S: złącze szpilkowe kątowe 2,54 mm 6 pin SIP6H
I2SO: złącze IDC kątowe żeńskie ZL263-10DG
PDM: złącze szpilkowe proste 2x4 pin 2,54 mm IDC8H
SCK: złącze szpilkowe 2 pin 2,54 mm SIP2

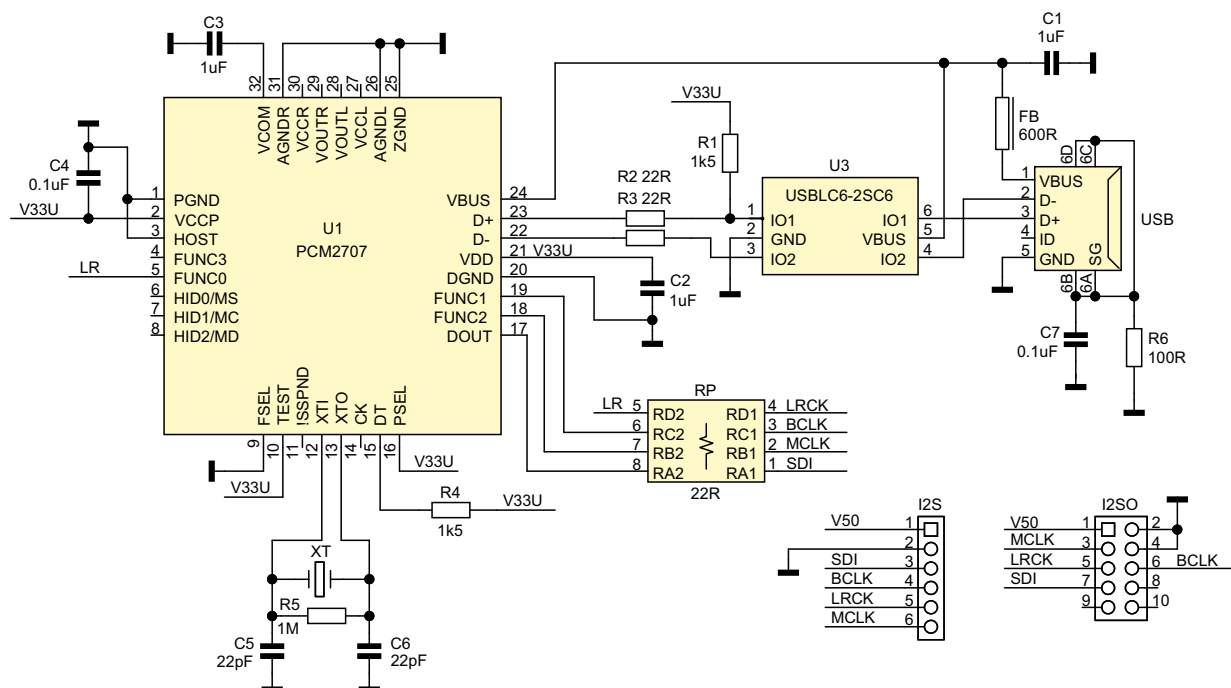
Odbiornik sygnału SPDIF

R1, R2: 1 k Ω SMD0603
R3: 10 k Ω SMD0603
R4: 75 Ω SMD0603
C1: 1 μ F SMD0603
C2, C3: 18 pF SMD0603
C4, C5, C12: 0,1 μ F SMD0603
C6, C7: 4,7 μ F SMD0805
LD1: dioda LED SMD0805D
U1: ADM1815-5ART SOT-23
U2: WM8804 SSOP20_300
U3: ADM7160AUJZ-3.3 SOT-23-5
J: 0 Ω SMD0402
FB1, FB2: koralik ferrytowy 600 Ω /100 mA SMD0603
XT: rezonator kwarcowy 12 MHz SMD 3,2x2,5

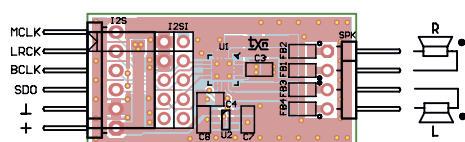
I2S: złącze szpilkowe kątowe 2,54 mm 6 pin SIP6H
I2SO: złącze IDC kątowe żeńskie ZL263-10DG
SPDIF: gniazdo RCA kątowe FC68391

Interfejs USB/SPDIF

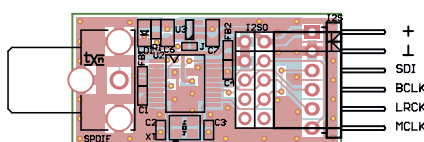
R1, R4: 1,5 k Ω SMD0603
R2, R3: 22 Ω SMD0603
R5: 1 M Ω SMD0603
R6: 100 Ω SMD0805
RP: drabinka rezystorowa 22 Ω CRA06S08
C1, C2, C3: 1 μ F SMD0603
C4: 0,1 μ F SMD0603
C5, C6: 22 pF SMD0603
C7: 1 μ F SMD0805
U1: PCM2707 TQFP32
U3: USBLC6-2SC6 SOT-23-6
FB: koralik ferrytowy 600 Ω /100 mA SMD0603
XT: rezonator kwarcowy 12 MHz SMD 3,2x2,5
I2S: złącze szpilkowe kątowe 2,54 mm 6 pin SIP6H
I2SO: złącze IDC kątowe żeńskie ZL263-10DG
USB: USB A MICRO SMD



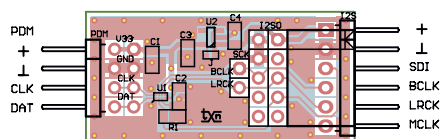
Rysunek 4. Schemat modułu interfejsu USB



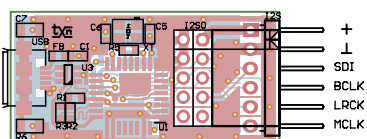
Rysunek 5. Schemat płytki wzmacniacza SSM2518



Rysunek 7. Schemat płytki modułu odbiornika SPDIF



Rysunek 6. Schemat płytki modułu konwertera PDM-I2S



Rysunek 8. Schemat płytki modułu interfejsu USB

Konwerter interfejsu mikrofonów cyfrowych PDM do standardu I²S

Schemat układu został pokazany na **rysunku 2**. Nie wszystkie mikrokontrolery i DSP posiadają interfejs PDM, który stał się popularnym standardem dla mikrofonów MEMS. Wykorzystuje on tylko dwie linie: zegara CLK i danych DAT (multiplesowana transmisja dwóch kanałów) ułatwiając realizację części sprzętowej.

Układ wykorzystuje dedykowany układ konwertera U1 typu ADAU7002. Pracuje jako slave i wymaga dostarczenia sygnałów zegarowych BCLK/LRCK. Wyprowadzenie CONFIG ustala tryb pracy U1 na I²S. Sygnały z mikrofonów doprowadzone są do złącza PDM, a stąd do U1. Sygnał cyfrowy w standardzie I²S i zasilanie doprowadzone są do złącza I²S zgodnego z Pmod lub I²SI zgodnego z AudioDSP. Standard napięciowy I²S to 3,3 V.

Stabilizator U2 zapewnia zasilanie konwertera i mikrofonów. Jeżeli przewidujemy

pracę tylko z zasilaniem 3,3 V można go pominąć i włutować zworę J. Dodatkowe złącze SCK ułatwia doprowadzenie sygnałów zegarowych BCLK/LRCK z portu wyjściowego I²SO AudioDSP.

Odbiornik sygnału SPDIF

Schemat układu został pokazany na **rysunku 3**. Moduł umożliwia podłączenie sygnału w standardzie SPDIF do magistrali I²S. Jako odbiornik zastosowano popularny układ U2 typu WM8804, pracujący w konfiguracji sprzętowej I²S/16 bit. Układ U1 zapewnia poprawny restart U2 po włączeniu zasilania, dioda LD sygnalizuje poprawny odbiór SPDIF.

Stabilizator U3 zapewnia zasilanie odbiornika. Jeżeli przewidujemy pracę tylko z zasilaniem 3,3 V można go pominąć i włutować zworę J. Wszystkie niezbędne sygnały wyprowadzone są na złącze szpilkowe I²S zgodne z Pmod lub złącze I²SO zgodnie z AudioDSP, standard napięciowy I²S to 3,3 V. Odbiornik pracuje jako master magistrali I²S.

Interfejs USB/SPDIF

Schemat układu został pokazany na **rysunku 4**. Moduł umożliwia podłączenie urządzenia USB Audio do magistrali I²S. Jako układ interfejsu zastosowano układ U1 typu PCM2707. Interfejs USB zabezpieczony jest przed skutkami wyładowań ESD układem U3. Moduł zasilany jest z magistrali USB i nie wymaga zasilania i konfiguracji. W systemach Windows nie wymaga także instalacji sterowników.

Wszystkie sygnały interfejsu I²S oraz zegar MCLK wyprowadzone są na złącze szpilkowe I²S zgodne z Pmod lub złącze I²SO zgodnie z AudioDSP. Moduł pracuje jako urządzenie master magistrali, standard napięciowy sygnałów I²S to 3,3 V.

Montaż i uruchomienie

Wszystkie moduły posiadają płytki o identycznych wymiarach 36×18 mm oraz rozmieszczeniu złączy. Zmontowane są na dwustronnych płytkach drukowanych, montaż układów jest klasyczny i nie wymaga opisu. Należy zwrócić uwagę na prawidłowe przylutowanie padu termicznego wzmacniacza mocy i obudowy BGA układu ADAU7002.

Schematy płytek, wraz z rozmieszczeniem elementów pokazano na **rysunkach 5...8**. Rodzaj włutowanego złącza I²S zależy od współpracującego zestawu uruchomieniowego, dla AudioDSP jest to ZL263-10DG, dla Pmod listwa kątowa SIP6 2,54 mm.

Moduły zmontowane ze sprawnych elementów nie wymagają uruchamiania.

Adam Tatus
adam.tatus@ep.com.pl

Sterownik wyświetlacza matrycowego LED

Alternatywą dla popularnych wyświetlaczy LED 7-segmentowych są wyświetlacze LED matrycowe, które pozwalają wyświetlać cyfry, litery oraz proste animacje. Mini-moduł z matrycą 8×16 LED sterowaną poprzez I²C doskonale nadaje się do współpracy z Raspberry Pi, Arduino itp. Poprzez odpowiednie łączenie modułów można uzyskać matryce o większej rozdzielczości - 64×8 lub 32×16.

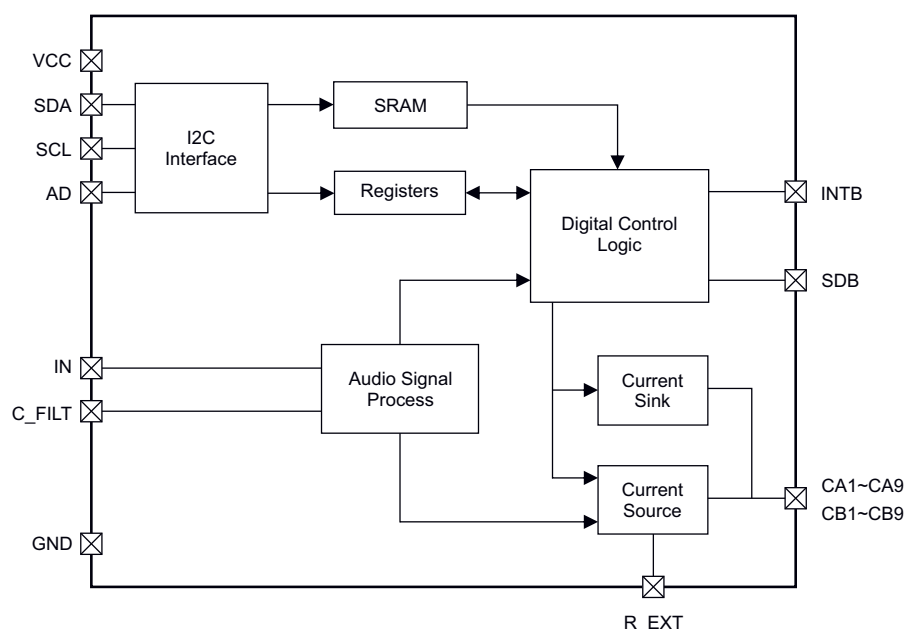


Moduł bazuje na specjalizowanym sterowniku LED IS31FL3730 firmy ISSI. Strukturę wewnętrzną układu pokazano na **rysunku 1**. Układ umożliwia sterowanie jednym lub dwoma wyświetlaczami matrycowymi o organizacji 8×8, 7×9, 6×10, 5×11. Komunikacja z układem odbywa się poprzez interfejs I²C, dostępne są cztery adresy wybieranie wyprowadzeniem AD.

Układ posiada rejestry pośrednie do których zapisywany jest kształt znaku do wyświetlenia. Także przez ustawienia rejestrów konfigurowana jest wydajność źródeł prądowych zasilających LED, dodatkowo dostępna jest regulacja jasności poprzez PWM. Dzięki rejestrom pośrednim obsługa wyświetlacza nie zajmuje zbyt wiele zasobów, wystarczy zapisać kształt do wyświetlenia, a za multipleksowanie i regulację jasności matrycy odpowiada IS31FL3730. Opcjonalnie jasność świecenia może być modulowana zewnętrznym sygnałem audio, ale funkcja ta nie jest wykorzystana w prezentowanym modelu.

Budowa i działanie

W standardowej aplikacji sterowanie matrycą 8×8 wymaga 16 linii sterujących – ośmiu dla wierszy i ośmiu dla kolumn. W IS31FL3730, dzięki wbudowanej logice, 16 wyprowadzeń wystarcza do sterowania dwoma podłączonymi matrycami. Schemat podłączenia matryc został pokazany na **rysunku 2**. Jeżeli stosujemy niezależne diody LED, to sposób podłączenia nie jest problemem, komplikuje ewentualnie płytkę drukowaną. W przypadku gotowych matryc 8×8 wymaga drobnego zabiegu, polegającego na zastosowaniu odpowiednio połączonych matryc jednej ze wspólną anodą, drugiej ze wspólną katodą. Na szczęście praktycznie wszyscy producenci oferują matryce w obu konfiguracjach połączeń.



Rysunek 1. Schemat blokowy IS31FL3730

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5782

Podstawowe parametry:

- interfejs I²C,
- możliwość łączenia modułów dla uzyskania większych matryc,
- wymaga zasilania z zakresu 3,3-5 V.

Wykaz elementów:

A60, A61, A62, A63: Zwora 0 Ω SMD0402
R1, R2: 4,7 kΩ SMD0603
C1: 100 nF SMD0603
CE1: 22 μF/10 V tantalowy SMDA
DISP1: matryca 8×8 anoda KWM-2881AVB
DISP2: matryca 8×8 katoda KWM-2881CVB
U1: IS31FL3730 QFN24
I2CA: złącze PH 4 pin 2 mm
MH1, MH2: dystans M2 SMD (dobrac)

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

AVT-5776 Miniaturowa czujka ruchu dla Raspberry Pi, Arduino i nie tylko (EP 6/2020)
AVT-5770 Arduino i nie tylko (EP 5/2020)
AVT-5761 Czterokanałowy moduł przełącznikowy sterowany I²C (EP 4/2020)
Projekt 249 Karta muzyczna dla Raspberry Pi (EP 3/2020)
AVT-5739 Zasilacz buforowy z superkondensatorami dla Raspberry Pi (EP 1/2020)
---- Instalacja zegara czasu rzeczywistego w Raspberry Pi (EP 9/2019)
---- Domowy serwer Network Attached Storage na Raspberry Pi (EP 9/2019)
---- Sprzętowy przycisk do wyłączenia Raspberry Pi (EP 9/2019)
AVT-5689 Budżetowy interfejs USB-I2S (EP 7/2019)
AVT-5680 Sensor smogu z technologią Bluetooth Low Energy (EP 4/2019)
---- Miniaturowy moduł interfejsu RS485 dla Raspberry Pi, launchpadów i nie tylko (EP 11/2018)

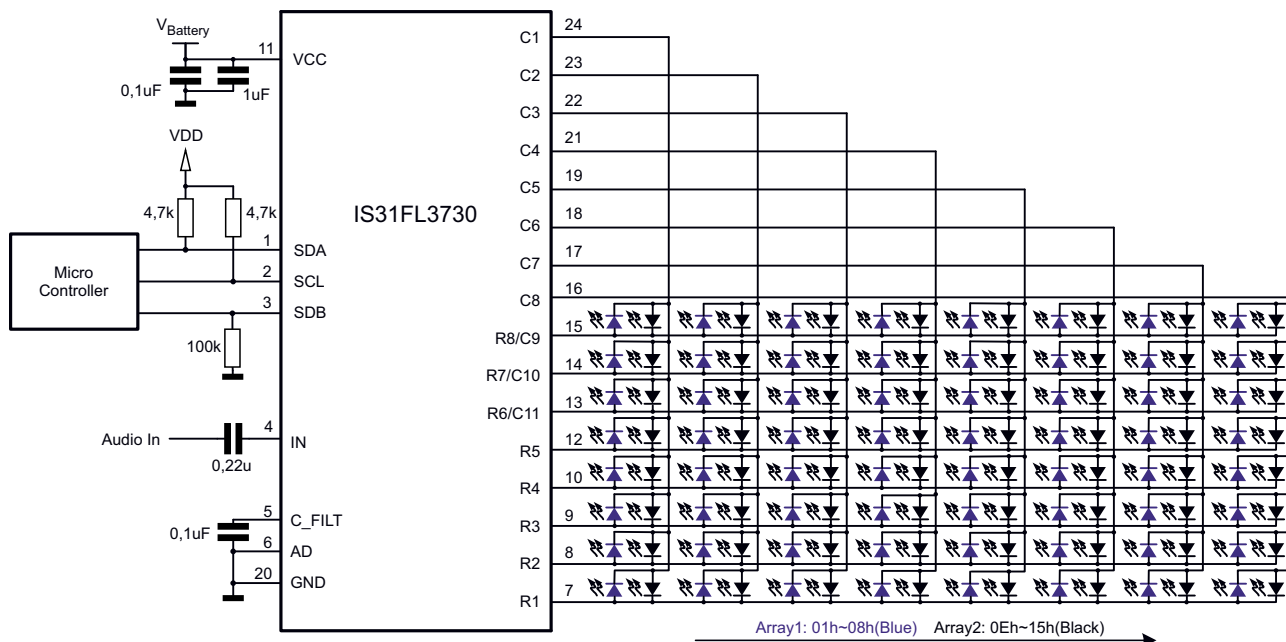
Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

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 wzlutować 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 wzlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytkę drukowaną [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 <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.



Rysunek 2. Sposób podłączenia matryc 8×8

W modelu zastosowano matryce 20×20 mm KWM-20881AVB/CVB.

Układ nie odbiega od aplikacji z karty katalogowej, a jego schemat pokazuje **rysunek 3**. Zasilanie i magistrala I²C doprowadzone są do złącza I2CA, drugie złącze I2CB służy do połączenia kolejnego modułu, gdy budujemy wyświetlacz o rozdzielczości większej od 16×8. Zwory adresowe A60..A63 ustalają adres bazowy IS31FL3730, powinna być wlutowana jedna z nich. Domyślnym adresem jest 0x60 z wlutowaną zwróca A60.

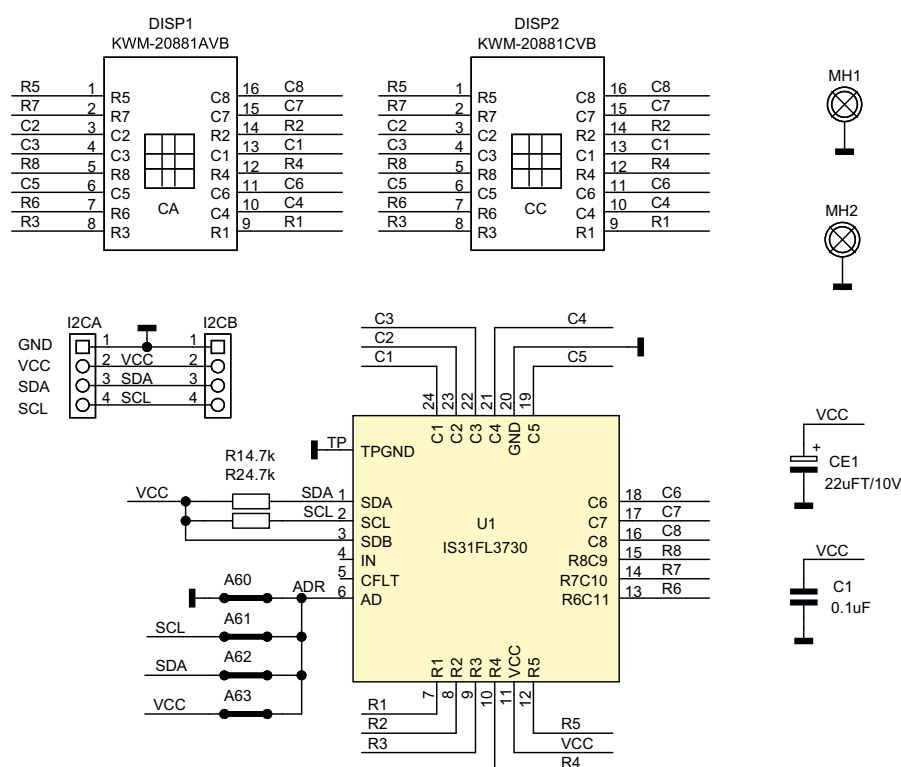
Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na dwustronnej płycie drukowanej, której konstrukcja umożliwia zestawianie w poziomie i w pionie, a występy stabilizują położenia płytek. Włutowane kołki M2 służą do montażu mechanicznego na ramce nośnej. Rozmieszczenie elementów pokazano na **rysunku 4**. Zmontowany moduł, od strony elementów pokazuje **fotografia 1**.

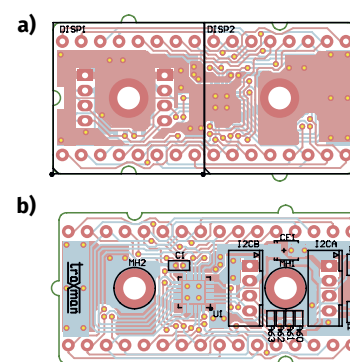
Konfiguracja układu odbywa się przez rejestry, których adresację i funkcję zestawiono w **tabeli 1**. Pierwszym rejestrem

który należy zapisać jest *Configuration Register* (0x00), znaczenie bitów rejestru jest następujące:

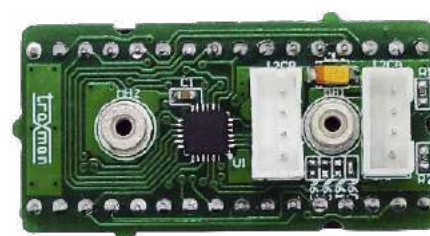
- D7 (SSD): 0 – praca, 1 – programowe wyłączenie (*shutdown*),
- D6, D5: bez znaczenia,
- D4, D3 (DM): konfiguracja matryc, 00 – tylko matryca 1, 01 – tylko matryca 2, 11 – obie,
- D2 (A_EN): 0 – sterowanie jasnością z rejestru *Lighting Effect* (0x0D), 1 – sterowanie jasnością sygnałem z wejścia audio,
- D1, D0 (ADM): typ matrycy, 00 – 8×8, 01 – 7×9, 10 – 6×10, 11 – 5×11.



Rysunek 3. Schemat ideowy modułu



Rysunek 4. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów a) strona TOP, b) strona BOTTOM



Fotografia 1. Zmontowany moduł, widok od strony elementów

Tabela 1. Wykaz rejestrów układu IS31FL3730

Adres	Nazwa	Funkcja	Wartość domyślna
0x00	Configuration Register	Konfiguracja układu, trybu wyświetlania i konfiguracja matrycy	0x00
0x01...0x0B	Matrix 1 Data Register	Rejestry stanu LED	0x00
0x0E...0x18	Matrix 2 Data Register	Rejestry stanu LED	0x00
0x0C	Update Column Register	Rejestr odświeżania przepisujący stan rejestrów LED na wyświetlacz	–
0x0D	Lighting Effect Register	Rejestr efektów świetlnych, konfiguracja wzmocnienia audio i wydajności źródeł prądowych	0x00
0x19	PWM Register	Rejestr regulacji jasności PWM	0x80
0xFF	Reset Register	Rejestr ustawiający wartości domyślne układu	–

Dla modelu konfiguracja wynosi 0x18, co odpowiada dwóm matrycom 8×8 i sterowaniu jasnością z rejestru 0x0D.

Rejestry danych *Matrix1/2 Data Register* (0x01...0x0B, 0x0E...0x18) zawierają wzór znaku do wyświetlenia, stan 0 wygasza LED, stan 1 zapala LED w matrycy, najmłodszy bit odpowiada pikselowi w górnym lewym rogu matryc. Aktywne są tylko rejestry wynikające z konfiguracji matrycy, dla matrycy 8×8 zapisujemy pierwsze i drugie osiem rejestrów 0x01...0x0B i 0x0E...0x15. Po każdorazowej zmianie zawartości rejestrów stanu LED należy zapisać do rejestru odświeżania (0x0C) wartość 0x00, co zaktualizuje wyświetlany wzór.

Rejestr efektów świetlnych (0x0D) odpowiada za regulację wzmocnienia toru audio (nieużywana w modelu) i ustawienie prądu źródeł dla każdego rzędu, znaczenie bitów jest następujące:

- D7: bez znaczenia,
- D6...D4 (AGS): wzmocnienie audio 000: 0 dB, 110: +18 dB, co 3dB, 111: –6 dB,

- D3...D0 (CS): prąd źródeł, 0000 – 40 mA, 0111 – 75 mA, 1000 – 5 mA, 1110 – 35 mA, co 5 mA,

Dla modelu konfiguracja wynosi 0x09, co odpowiada dwóm matrycom 8×8 i sterowaniu jasnością z rejestru 0x0D, co odpowiada prądowi źródeł 10 mA.

Rejestr regulacji jasności PWM (0x19), umożliwia regulację jasności matryc w 128 krokach, znaczenie bitów jest następujące:

- D7 (krok 128): 1 – ustawia maksymalny PWM,
- D6...D0: jeżeli D7=0, D6...D0 ustawiają krok PWM w zakresie 127...0, przy maksymalnej jasności określonej w rejestrze 0x0D.

Zapis do rejestru *Reset* (0xFF) ustawia domyślne wartości wszystkich rejestrów konfiguracyjnych. Układ nie przewiduje trybu odczytu rejestrów.

Do szybkiego sprawdzenia działania modułu przygotowałem prosty skrypt *FL3730x60.sh* dla Raspberry Pi, obsługujący moduł ze skonfigurowanym adresem bazowym 0x60 (włutowana zwora A60) – listing 1.

Listing 1. Skrypt do szybkiego sprawdzenia modułu dołączonego do RPi

```
#!/bin/bash
echo 'IS31FL3730 dual 8x Led Matrix Example'
i2cset -y 1 0x60 0xFF 0x00
i2cset -y 1 0x60 0x00 0x18
i2cset -y 1 0x60 0x00 0x09
i2cset -y 1 0x60 0x19 0x0F
i2cset -y 1 0x60 0x01 0x7E
i2cset -y 1 0x60 0x02 0x81
i2cset -y 1 0x60 0x03 0xB5
i2cset -y 1 0x60 0x04 0xA1
i2cset -y 1 0x60 0x05 0xA1
i2cset -y 1 0x60 0x06 0xB5
i2cset -y 1 0x60 0x07 0x81
i2cset -y 1 0x60 0x08 0x7E
i2cset -y 1 0x60 0x0C 0x00
i2cset -y 1 0x60 0x0E 0x7E
i2cset -y 1 0x60 0x0F 0x81
i2cset -y 1 0x60 0x10 0xB5
i2cset -y 1 0x60 0x11 0x91
i2cset -y 1 0x60 0x12 0x91
i2cset -y 1 0x60 0x13 0xB5
i2cset -y 1 0x60 0x14 0x81
i2cset -y 1 0x60 0x15 0x7E
i2cset -y 1 0x60 0x0C 0x00
```

Moduł wymaga zasilania z zakresu 3,3...5 V, pobór prądu zależy od typu zastosowanej matrycy oraz konfiguracji układu IS37FL3730.

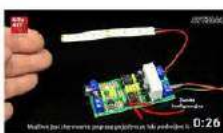
Adam Tatus
adam.tatus@ep.com.pl

REKLAMA

KITy
AVT

O KIT-ach AVT przeczytasz również na Facebooku <http://bit.ly/2BjVMN7>

KITy AVT na wideo <http://bit.ly/2ScLZTy>

 AVT3144 - Kłaskacz - przełącznik akustyczny 470 wyświetleń • 3 miesiące temu	 AVT3250 - Bombka LED dla każdego - montaż 470 wyświetleń • 5 miesięcy temu	 AVT3165 - Odstraszcza kretów 1,5 tys. wyświetleń • 1 rok temu	 AVT5599 - Zdalnie sterowany włącznik 4-kanalowy 971 wyświetleń • 1 rok temu	 AVT1484 - Wskaźnik temperatury silnika 1,6 tys. wyświetleń • 1 rok temu
 AVT1960 - Termometr z termoparą i alarmem 1,8 tys. wyświetleń • 1 rok temu	 AVT777 - Sterownik miniwiertarki modelarskiej 741 wyświetleń • 2 lata temu	 AVT MOD01 - Uniwersalny regulator impulsowy 5A 1,7 tys. wyświetleń • 2 lata temu	 AVT5554 - Gra elektroniczna SNAKE 1,6 tys. wyświetleń • 2 lata temu	 AVT478 - Regulator obrotów wentylatorów 12V 3,4 tys. wyświetleń • 2 lata temu
 AVT1853 - Iluminofonia LED RGB 5 tys. wyświetleń • 2 lata temu	 AVT2942 - Kogut dyskotekowy 3,2 tys. wyświetleń • 2 lata temu	 AVT3125 - Włącznik sterowany dowolnym pilotem 2,3 tys. wyświetleń • 2 lata temu	 AVT788 - Lampka LED reagująca na kłaskanie 8,8 tys. wyświetleń • 2 lata temu	 AVT1900 - Animowany bałwanek LED 1,5 tys. wyświetleń • 2 lata temu

Ekspander HAT dla CM3+

Płytkę uruchomieniową IO Board dla Compute Module opracowaną przez fundację, posiada wyprowadzenia GPIO w postaci złączy BANK0 i BANK1, które w żaden sposób nie są zgodne z nakładkami HAT stosowanymi w pozostałych modelach Raspberry. Jest to sytuacja dość dziwna i irytująca, gdyż naturalną i najszybszą drogą podczas nauki i prototypowania wydaje się wykorzystanie przeważnie już posiadanych nakładek z „dużego” Raspberry.

Budowa i działanie

Ekspander HAT, jest prostym układem krosującym sygnały i zasilanie ze złącza GPIO CM3 IO Board na standardowe 40-pinowe złącze HAT. Schemat ideowy nakładki pokazano na **rysunku 1**. Oprócz wyprowadzenia GPIO0-27 dla zapewnienia zgodności z HAT, posiada dodatkowe złącza UART i I²C. Złącza te są przydatne do szybkiego podłączenia modułów I²C lub realizacji transmisji

szeregową dla potrzeb SSH. Jest szczególnie pomocne, bo CM IO Board nie posiada wbudowanego interfejsu Ethernet i ma tylko jeden port USB.

Należy pamiętać o zgodności sygnałów z standardem napięciowym 3,3 V. GPIO0/1 z J5IO wyprowadza sygnały I²C ID dla zewnętrznej pamięci konfiguracji EEPROM, dla nakładek zgodnych z HAT. Interfejs ID może zostać odłączony zworami IDSCL/IDSCA, gdy powoduje konflikty, np. gdy używamy kilku nakładek HAT. Układ uzupełnia przycisk RUN umożliwiający restart SoM, złącze RC umożliwia wyprowadzenie sygnału do układów zewnętrznych np. watchdog lub BOD/POR.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na niewielkiej dwustronnej płytce drukowanej, której schemat

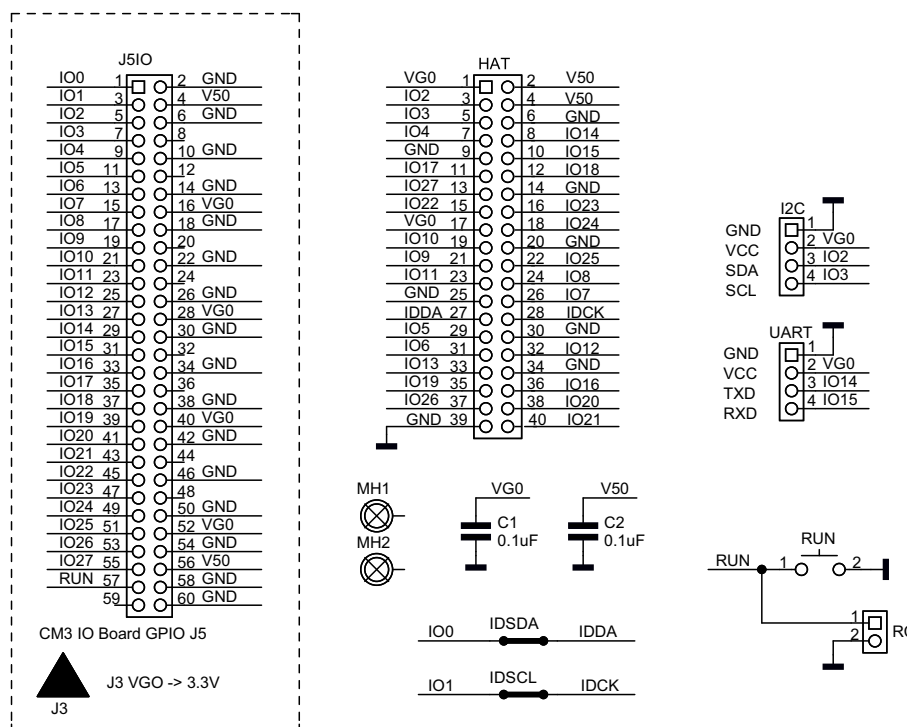
wraz z rozmieszczeniem elementów pokazano na **rysunku 2**. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga opisu.

Złącze J5IO 2x30 pin, nie jest elementem łatwo dostępnym i należy przygotować je z typowego złącza żeńskiego 2x40 typu DS-1023-2*40S21, przez docięcie do wymaganej długości. Płytkę ekspandera montowana jest do modułu CM3 IO Board przy pomocy tulejek dystansowych M2.5 o długości 11 mm. Podobnie montowany jest współpracujący moduł HAT, zapewnia to podstawową stabilność połączeń mechanicznych.

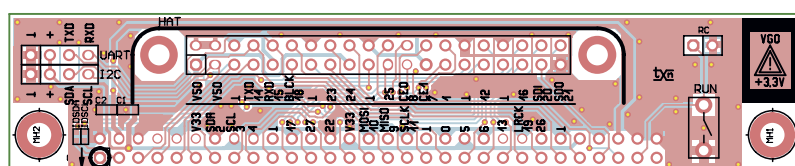
UWAGA: przed podłączeniem modułu ekspandera należy ustawić zworę J3 VGO SELECT CM3 IO Board w pozycji 3,3 V, dla zapewnienia zgodności poziomów napięć HAT i CM3.

Adam Tatus

adam.tatus@ep.com.pl



Rysunek 1. Schemat ideowy nakładki



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5783

Podstawowe parametry:

- udostępnia standardowe 40-pinowe złącze HAT dla modułów CM3+
- posiada dodatkowe złącza UART i I²C,
- przycisk RUN umożliwiający restart dołączonego modułu SoM.

Wykaz elementów:

C1, C2: 100 nF SMD0603
GPIO: Złącze IDC 40 męskie DS1021-2*20SF11
J5IO: Złącze IDC60 żeńskie DS1023-2*40S21 (dociąć)

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] - płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji
- wersja [A+] - płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ
- 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 <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.



Palcem po prądzie, czyli o przełącznikach i przyciskach

Nie ma bardziej podstawowej metody sterowania przepływem energii elektrycznej niż łączenie i rozłączanie obwodów elektrycznych. Dlatego wszystkie elementy, które do tego służą, są tak kluczowe we współczesnych systemach elektronicznych. Szeroka kategoria łączników obejmuje wszystkie elementy elektromechaniczne, służące do łączenia i rozłączania obwodów elektrycznych, a w szczególności przełączniki, przyciski i klawiatury. U każdego dystrybutora elementów elektronicznych można znaleźć bardzo wiele komponentów tego typu, zawsze stanowiąc jedną z najliczniejszych kategorii. Tak ogromna ich ilość i fakt, że jedynie część spośród tych elementów jest wyspecjalizowana do konkretnych zastosowań, sprawia, że wybór odpowiedniego przełącznika czy przycisku do danego projektu nie jest łatwy.

W artykule skupimy się na ogólnym podziale łączników mechanicznych sterowanych manualnie, czyli bezpośrednio przez człowieka, oraz ich parametrach i zastosowaniach w systemach elektronicznych. Pominęte zostaną przekaźniki, przełączniki ciśnieniowe, termiczne itp. oraz takie, w których za akcję łączenia/rozłączania obwodu nie odpowiada bezpośrednio człowiek.

Czym jest przełącznik

Przełączniki są elementami kontrolującymi przepływ prądu elektrycznego w obwodzie, mają kluczową rolę wszędzie tam, gdzie wymagana jest interakcja użytkownika. Elementy te mogą znajdować tylko w jednym z dwóch stanów: **otwartym** lub **zamkniętym**. W stanie otwartym (wyłączonym) przełącznik jest po prostu przerwą w obwodzie. W efekcie obwód jest otwarty, co uniemożliwia przepływ prądu. W stanie zamkniętym (włączonym) przełącznik działa jak zwykły, rzeczywisty przewodnik (ma rezystancję, indukcyjność, itd.), przez który może płynąć prąd elektryczny i który zamyka obwód.

Istnieje wiele rodzajów przełączników: hebelkowe, z pokrętką, DIP, przyciski, klawisze, klawiatury, membrany... Każdy typ przełącznika ma zestaw swoich unikalnych cech, odróżniających go od pozostałych, a co za tym idzie unikatowe aplikacje, w których się sprawdza. Do cech charakterystycznych możemy zaliczyć ich parametry mechaniczne (sposób przełączania, ilość sterowanych obwodów etc.) oraz elektryczne (rezystancja, maksymalny dopuszczany prąd, indukcyjność i pojemność pasożytnicza etc.).

Parametry definiujące łącznik Sposób przełączania

Aby przejść z jednego stanu przełącznika do drugiego, należy wykonać jakieś działanie fizyczne, które wymusi zmianę stanu fizycznego tego elementu. Metoda aktywacji przełącznika jest jedną



Fotografia 1. Przełącznik aktywowany językiem, przeznaczony dla osób niepełnosprawnych, <https://bit.ly/30eg483>

z jego najbardziej charakterystycznych cech. Najprostszy podział można poprowadzić na granicy przełączników aktywowanych przez człowieka i takich, które do zmiany pozycji wykorzystują inne siły bądź zjawiska.

Aktywacja przełącznika może być realizowana poprzez jego przesunięcie, naciśnięcie, pociągnięcie, obracanie lub dowolną czynnością wykonywaną, najczęściej, dłonią/palcami. Niemniej na rynku dostępne są, także przyciski aktywowane nożnie, lub specjalne elementy aktywowane za pomocą np. łokcia. Na **fotografii 1** pokazano przełącznik przeznaczony do naciskania językiem. Urządzenie trzyma się w zębach i naciska językiem na czerwony punkt. Tego rodzaju przełączniki używane są m.in. przez osoby niepełnosprawne do sterowania urządzeniami wspomagającymi ich funkcjonowanie.

Elementy przełączające wykorzystujące inne zjawiska fizyczne niż ruch człowieka, mogą być aktywowane na przykład temperaturą (termostaty), ciśnieniem (presostaty), polem magnetycznym (kontaktrony) itp. Stosowane są najczęściej, jako elementy zabezpieczające lub sterujące w układach regulacji. O ile parametry mechaniczne tego rodzaju elementów są zupełnie inne niż przełączników aktywowanych przez człowieka, to opisują je te same parametry elektryczne, co inne przełączniki. Przykładowe przełączniki tego rodzaju pokazano na **fotografii 2**. Nie będą omawiane w tym artykule ale część informacji może być z powodzeniem stosowana także i do nich.



Fotografia 2. Presostaty – przełączniki aktywowane zmianą ciśnienia, <https://bit.ly/2AF86dy>

Przycisk stabilny czy niestabilny?

Wszystkie przełączniki należą do jednej z dwóch odrębnych kategorii: chwilowe (monostabilne) lub podtrzymywane (bistabilne). Przycisk chwilowy (monostabilny) to łącznik, który nie posiada stabilnej pozycji zwierającej (na ogół, ale istnieją także przełączniki domyślnie zwarte). Oznacza to, że obwód zwierany jest tylko chwilowo, w czasie, gdy operator w jakiś sposób oddziałuje na przełącznik, potem łącznik chwilowy powraca do swojego domyślnego stanu. Większość przełączników, które nazywane są przyciskami, należy do kategorii przełączników chwilowych. Istnieją takie przełączniki, jak przyciski podtrzymywane (stabilne), ale zasadniczo stanowią one wąską grupę tych elementów, dlatego na ogół mówiąc o przyciskach mamy na myśli chwilowy przełącznik wciskany.

Natomiast przełączniki bistabilne zachowują się podobnie jak włączniki światła na ścianie – pozostają w jednym stanie, dopóki nie zostaną przełączone do drugiego stanu, w którym następnie pozostaną, dopóki nie zostanie ponownie podjęte działanie.

Bieguny (obwody) i połączenia

Przełącznik musi mieć co najmniej dwa wyprowadzenia – jedno pracuje jako umowne wejście, drugie jako umowne wyjście, jednak dotyczy to tylko najprostszej wersji przełącznika. Najczęściej przełącznik ma więcej niż dwa wyprowadzenia. Istnieje wiele różnych konfiguracji przełączników, które opisywane są liczbą obwodów i liczbą połączeń.

Liczba biegunów (ang. *pole*) przełącznika określa liczbę oddzielnych obwodów, którymi może on sterować. Przełącznik z jednym biegunem może kontrolować tylko jeden obwód, a przełącznik czterobiegunowy może równocześnie sterować czterema różnymi obwodami.

Liczba pozycji (ang. *throw*) przełącznika określa, z iloma wyprowadzeniami można podłączyć każdy z biegunów przełącznika. Na przykład, jeśli przełącznik ma dwie pozycje, każdy obwód (biegun) w przełączniku można podłączyć do jednego z dwóch wyprowadzeń (pinów).

Wiedząc, ile biegunów i pozycji ma dany przełącznik, można go dokładniej sklasyfikować i wyobrazić sobie jego schemat ideowy (i odwrotnie). Zwykle przełączniki należą do jednej z najczęstszych kategorii: jednobiegunowy, jednoobwodowy – SPST, jednobiegunowy, dwuobwodowy – SPDT, oraz dwubiegunowy, dwuobwodowy – DPDT. Oczywiście, występują przełączniki z większą liczbą biegunów i większą liczbą przełączanych obwodów.



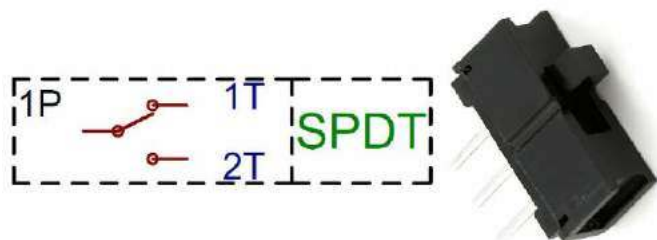
Rysunek 1. Schemat ideowy przełącznika SPST i przykładowy przełącznik kołyskowy

Przełączniki SPST

Przełącznik jednobiegunowy, jednoobwodowy (SPST) ma jedno wejście i jedno wyjście, może być domyślnie zamknięty lub rozwarty. Znajduje zastosowanie, jako przełączniki chwilowe lub przyciski w klawiaturach. Przełącznik SPST typu kołyskowego oraz jego schemat ideowy pokazano na **rysunku 1**.

Przełączniki SPDT

Innym popularnym typem przełącznika jest SPDT, czyli element o jednym biegunie, ale dwóch obwodach. Ma trzy piny: jeden wspólny i dwa pomiędzy którymi przełączany jest sygnał ze wspólnego pinu.



Rysunek 2. Schemat ideowy przełącznika SPDT i przykładowy przełącznik suwakowy

Elementy SPDT idealnie nadają się do wybierania, np. między dwoma źródłami zasilania lub dwoma źródłami sygnału. Umożliwiają łatwe dołączanie jednego z dwóch obwodów do wspólnego elementu.

Najprostsze przełączniki SPDT budowane są jako przełączniki suwakowe. Na **rysunku 2** pokazano przykład łącznika suwakowego wraz ze schematem ideowym tego elementu.



Rysunek 3. Schemat ideowy przełącznika DPDT i przykładowy przełącznik kotłuszkowy tego rodzaju

Przełączniki DPDT

Przełącznik dwubiegunowy z dwoma obwodami – DPDT, jest jak dwa przełączniki SPDT, które mogą kontrolować dwa oddzielne obwody, ale są połączone ze sobą mechanicznie i przełączane razem. Przełącznik DPDT ma sześć wyprowadzeń. Na **rysunku 3** pokazano przełącznik kotłuszkowy o takiej konstrukcji oraz jego schemat ideowy.

Przełączniki DPDT idealnie nadają się do przełączania np. sygnałów symetrycznych, lub dowolnych innych, gdzie komutować trzeba dwie linie. Dodatkowo, tego rodzaju łączniki często stosuje się do odłączania zasilania od urządzeń zasilanych z sieci 230 V – odłączane są obie linie (przewód fazowy i przewód neutralny), ponieważ zwykle nie wiadomo, na której linii znajduje się przewód fazowy.



Rysunek 4. Schemat ideowy i przykładowy przełącznik 4PDT

Przełączniki wielobiegunowe

Przełączniki o większej liczbie biegunów lub obwodów nie są zbyt powszechne, ale są dostępne w handlu w wielu zaskakujących konfiguracjach. Opisuje się je podobnie jak przełączniki z jednym czy dwoma biegunami/obwodami, zastępując pierwszą literę (S lub D) oznaczeniem liczbowym. W ten sposób możemy wyobrazić sobie, np. przełącznik 4PDT, który może kontrolować cztery oddzielne obwody z dwoma pozycjami na każdy obwód. Przykład takiego łącznika, wraz z jego schematem ideowym, pokazano na **rysunku 4**.

Analogicznie wygląda sytuacja z przełącznikami o większej liczbie pozycji. Jeśli przełącznik czteroobwodowy może być ustawiony, np. w jednym z czterech położen to będzie oznaczony 4P4T.

A jak będzie wyglądał przełącznik SP12T? Może to być przełącznik obrotowy taki jak na **fotografii 3**.



Fotografia 3. Przykładowy przełącznik obrotowy SP12T



Fotografia 4. Łączniki o różnym sposobie montażu (od lewej): panelowy, THT i SMD, firmy APEM

Sposób montażu i parametry mechaniczne

Przełącznik może być integrowany w systemie na wiele sposobów. Podstawowym podziałem pod tym względem, jest podział na elementy do montażu panelowego i na płytce drukowanej. Nie jest to ścisły podział, ponieważ istnieje wiele przełączników, które są lutowane do PCB, ale przeznaczone są do zastosowań panelowych.

Podobnie jak w przypadku większości komponentów elektronicznych, można je podzielić na elementy do montażu powierzchniowego (SMD) lub przewlekane (THT). Elementy do montażu przewlekane są zwykle większe, szczególnie, że montaż THT pozwala na przenoszenie większych obciążeń mechanicznych. Przełączniki SMD są mniejsze niż ich odpowiedniki THT, mają na ogół znacznie mniejszą wysokość i zajmują mniej miejsca na PCB i wymagają niewielkiej siły do przełączania.

Przełączniki do montażu panelowego wyposażone są w elementy, pozwalające na zamontowanie ich w obudowie. Na ogół mają gwintowane korpusy, pozwalające na dokręcenie ich nakrętką, ale producenci stosują, także inne rozwiązania. Wyprowadzenia przystosowane są do montażu THT, SMD lub do montażu przewodów. Na **fotografii 4** pokazano przykładowe komponenty (od lewej) panelowy, do montażu przewlekane oraz SMD o podobnej konstrukcji wewnętrznej i porównywalnych parametrach elektrycznych.

Odporność na warunki środowiskowe – klasa IP oraz IK

Przełączniki panelowe często wystawione są na warunki środowiskowe. Głównymi zagrożeniami dla tych elementów są: pył oraz wilgoć. O odporności przełącznika na te czynniki mówi nadana mu klasa IP. Stopień ochrony i klasy IP zdefiniowane są w normie IEC 60529 i jej polskiej implementacji PN-EN 60529.

Klasa IP opisywana jest dwoma liczbami, zapisanymi w formacie IPxy, gdzie x to pierwsza cyfra charakterystyczna mówiąca o ochronie przed dostępem do wnętrza obudowy jak i zabezpieczeniem przed dostawaniem się do jej wnętrza pyłów. Natomiast y to druga cyfra charakterystyczna, mówiąca o wodoodporności przełącznika.

Najniższa klasa ochrony IP00 oznacza urządzenie bez ochrony przed dostępem do wnętrza, w tym wypadku, przycisku. Klasa ochrony specyfikuje np. wielkość ciał, które mogą się dostać do wnętrza przycisku lub ochronę przed pyłem albo kompletną pyłoszczelność. Z kolei w przypadku ochrony przed dostępem wody stopnie ochrony rozciągają się od ochrony przed padającymi kroplami wody (stopień 1) do ochrony przed zalaniem silną strugą wody pod ciśnieniem (80...100 bar o temperaturze 80°C) zgodnie z normą DIN 40050 (stopień 9). Najwyższa klasa ochrony to IP69.

Tak jak klasa IP specyfikuje odporność na pył i wilgoć, tak klasa IK specyfikuje odporność elementów na uszkodzenia mechaniczne, tak zwaną wandaloodporność. Norma IEC 62262 i jej polska implementacja PN-EN 62262 definiuje odporność mechaniczną elementów, jako ilość energii mechanicznej uderzenia, którą dany element jest w stanie przetrwać bez uszkodzenia. Norma definiuje też wysokość, z jakiej element może upaść bez uszkodzenia i inne testy mechaniczne. Norma definiuje klasy od IK00, czyli elementu w ogóle nieodpornego na uszkodzenia mechaniczne, do IK10, gdzie element może wytrzymać uderzenie o energii do 20 J (stalową kulą o masie 5 kg, promieniu 50 mm, spadającą z wysokości 40 cm).

Parametry elektryczne

Podstawowe parametry elektryczne przełączników to napięcie i prąd znamionowe, rezystancja styków oraz maksymalna dopuszczalna liczba ruchów (przełączeń) przełącznika.

Napięcie znamionowe – to maksymalne napięcie, które może wytrzymać dany przełącznik. Jest określone przez wiele czynników, w tym materiały izolacyjne, odległość rozłączonych styków, szybkość ich separacji i ogólne względy bezpieczeństwa.

Znamionowy prąd przewodzenia – to największy prąd stały (lub zmienny – zależnie od przełącznika), jaki przełącznik może przenosić przez zwarte styki. Prąd ten jest ograniczony głównie przez nagrzewanie się przełącznika z uwagi na straty na rezystancji styków.

Rezystancja styków – to opór elektryczny, przez jaki płynie prąd w zwartym przełączniku. Ponieważ styki przełącznika nie są ciągłym przewodnikiem, rezystancja styku jest większa niż porównywalnego, ciągłego przewodnika. Z uwagi na to, na przełączniku mogą się pojawić spadki napięcia, szczególnie przy wyższych prądach.

Liczba operacji – to szacowana maksymalna liczba przełączeń styków przełącznika, po jakiej może nastąpić pogorszenie się parametrów elektrycznych i innych. Z uwagi na to, że przełącznik jest elementem mechanicznym, każdy jego ruch powoduje w pewnym stopniu zużycie się mechanizmów wewnątrz tego elementu, co przekłada się na pogarszanie parametrów łącznika, aż do przekroczenia granic parametrów, zdefiniowanych przez producenta.

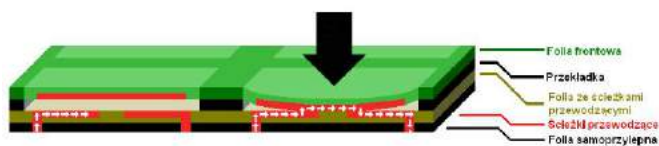
Przykładowe aplikacje

Przełączniki mają wiele aplikacji w systemach elektrycznych i elektronicznych. Najprostsze z nich to sterowanie zasilaniem – niezależnie, czy jest to włącznik oświetlenia w pokoju czy sterowanie zasilaniem w komputerze czy innym urządzeniu, znajdziemy tam na pewno rodzaj przełącznika. Są też bardziej wyspecjalizowane aplikacje przełączników. Niektóre przykłady omówimy w ostatniej części tego artykułu.

Klawiatury

Klawiatura to macierz przycisków, która służy najczęściej do wprowadzania danych do urządzenia. Flagowym przykładem klawiatury może być alfanumeryczna klawiatura komputera, która wraz z myszą służy do jego obsługi. Istnieje wiele rodzajów klawiatur i wiele technologii, w których wytwarza się przyciski do takowych.

Jednym z najbardziej typowych rodzajów klawiatur jest klawiatura membranowa, taka jak pokazana na rysunku 5. Wykonana jest z cienkich, sklejonych ze sobą warstw dielektrycznych i przewodzących. Naciśnięcie pola – klawisza, powoduje zwarcie ze sobą dwóch warstw, a co za tym idzie zamknięcie obwodu danego przycisku.



Rysunek 5. Schemat budowy klawiatury membranowej,
<https://bit.ly/3dDKyV4>



Fotografia 5. Klawiatura wandaloodporna firmy APEM o klasie odporności IK09

Tego rodzaju klawiatury, oprócz kompaktowych rozmiarów, charakteryzują się nieskomplikowaną budową oraz niską ceną. Niestety, wiąże się to z zmniejszoną wygodą dla użytkownika – niewielki skok i (na ogół) brak sprzężenia haptycznego z użytkownikiem, pogarsza komfort obsługi. Z kolei klawiatury mechaniczne, zapewniając wyraźny skok zapewniają dużo większą wygodę, niestety są droższe i bardziej skomplikowane w wykonaniu.

Klawiatury można spotkać w wielu urządzeniach, zwłaszcza takich, gdzie konieczne jest wprowadzanie danych. Najczęściej są to klawiatury numeryczne, jakie spotyka się w zamkach elektronicznych, domofonach czy bankomatach. Zwłaszcza w tych ostatnich urządzeniach często instaluje się klawiatury o zwiększonej wytrzymałości na uszkodzenia, tzw. wandaloodporne. Z uwagi na to, że systemy takie znajdują się w przestrzeni publicznej i często narażone są na dewastację, stosuje się tam moduły klawiatury takie, jak pokazana na fotografii 5. Jest to klawiatura firmy APEM, wykonana ze stali nierdzewnej, odpornej na zniszczenie, ma klasę odporności IK09.

Przełączniki bezpieczeństwa i czuwaki

Bardzo istotnym zastosowaniem przełączników czy przycisków są systemy bezpieczeństwa. W tym sektorze możemy wyróżnić dwie podstawowe aplikacje – przełączniki bezpieczeństwa oraz czuwaki. Różnią się one sposobem działania, a co za tym idzie, wymaganiami co do parametrów mechanicznych i elektrycznych. Dodatkowo, jako że są to systemy, które bardzo często odpowiadają za ludzkie zdrowie i życie, obwarowane są szeregiem norm dotyczących niezawodności, takich jak na przykład IEC 61508 czy IEC 61511 (w Polsce wprowadzone, jako PN-EN 61508 oraz PN-EN61511).

Wyłącznik awaryjny, jest mechanizmem bezpieczeństwa stosowanym do awaryjnego wyłączania urządzenia w sytuacji np. zagrożenia życia lub zdrowia, gdy nie można jej wyłączyć w normalny sposób. W przeciwieństwie do zwykłego wyłącznika, który po kolei wyłącza wszystkie systemy w odpowiedniej kolejności i wyłącza maszynę w bezpieczny sposób, wyłącznik awaryjny jest zaprojektowany i skonstruowany tak, aby przerwać działanie urządzenia tak szybko, jak to tylko możliwe (nawet, jeśli uszkodzi przy tym samo urządzenie). Dodatkowo element taki musi być obsługiwany w prosty i szybki sposób, aby nawet w sytuacji stresowej operator z zaburzeniami funkcji wykonawczych lub osoba postronna mogła go aktywować bez żadnej wiedzy). Wyłączniki bezpieczeństwa są zwykle zaprojektowane tak, aby były łatwo zauważalne, nawet dla nieprzeszkolonego operatora lub osoby postronnej.

Większość wyłączników awaryjnych jest wyposażona w rodzaj usuwalnej, ochronnej bariery chroniącej przed przypadkowym uruchomieniem (np. osłonę, którą należy podnieść lub szklaną płytkę,

którą należy rozbić przed wyłączeniu urządzenia). Wyłączniki awaryjne są typowymi elementami mechanizmów, których niewłaściwe użycie może spowodować obrażenia lub śmierć człowieka. Wyłączniki bezpieczeństwa wykorzystywane są, ponieważ uszkodzenie lub zniszczenie maszyny jest mniej ważne, niż zapobieganie urazom osób w miejscu pracy.

Wyłączniki bezpieczeństwa służą także do monitorowania położenia zabezpieczeń (np. drzwi i kłap do maszyny). Po otwarciu tak zabezpieczonych drzwi wyłącznik bezpieczeństwa przesyła sygnał do związanej z bezpieczeństwem jednostki sterującej, która powoduje natychmiastowe zatrzymanie niebezpiecznych funkcji maszyny. Wyłączniki takie stosuje się w różnych sektorach, wszędzie tam, gdzie istnieje niebezpieczeństwo dla człowieka po otwarciu obudowy systemu lub elementów zabezpieczających – w obrabiarkach numerycznych, robotach fabrycznych itp. Tego rodzaju systemy zabezpieczeń opisywane są w normie PN-EN ISO 14119.

Podobnym systemem zabezpieczeń są tak zwane czuwaki. Ich działanie jest jednak dokładnie odwrotne niż wyłączników awaryjnych. Jest to również urządzenie przewidziane do zatrzymania maszyny (lub jej części), jeśli cokolwiek stanie się operatorowi lub maszyna zmusi go do np. ucieczki, jednakże ich zasada działania sprawia, że nie wymagają aktywacji – brak aktywacji czuwaka powoduje wyłączenie maszyny. Są one powszechnie stosowane w przemyśle (np. w lokomotywach, dźwigach, windach towarowych itp.) oraz w zastosowaniach konsumenckich – często na przykład włącznik kosiarki do trawy ma formę czuwaka, który trzeba trzymać cały czas, by urządzenie działało.

Czuwak musi być trzymany przez użytkownika przez cały czas działania urządzenia – wyłącza on maszynę, jeśli użytkownik go puści. Istnieją różne rozwiązania mechaniczne tego typu systemów. Na przykład w przypadku lokomotyw częstym rozwiązaniem jest przycisk, który maszynista musi okresowo nacisnąć, po podaniu przez system sterujący wezwania (np. zapaleniu kontrolki czy uruchomieniu brzęczyka), jest to czuwak aktywny. Czuwaki pasywne to np. włączniki do kosiarek, które trzeba trzymać, ale także np. pedały w obrabiarkach mechanicznych, które muszą być naciśnięte cały czas przez stojącego przy niej operatora.



Fotografia 6. Czuwak nalewaka paliwa, obsługiwany przez żołnierza tankującego samolot w amerykańskiej bazie w Azji

Na **fotografii 6** pokazano przykład czuwaka w rękach żołnierza tankującego samolot wojskowy. Musi być on naciśnięty przez cały czas tankowania samolotu, inaczej dystrybutor odetnie dopływ paliwa, aby zapobiec zagrożeniom powstałym, gdy np. operator straci przytomność.

Podsumowanie

Przełączniki i przyciski odpowiadają za najbardziej podstawową czynność w układzie – sterowanie przepływem prądu elektrycznego, a są kluczowymi elementami wielu urządzeń elektronicznych. Dobór odpowiednich łączników do systemów jest kluczowym aspektem uzyskania ich wysokiej ergonomii i niezawodności działania, a także odpowiedniej klasy bezpieczeństwa dla jego użytkowników.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła

- <https://bit.ly/2XxHRi0>
- <https://bit.ly/3eSXerm>
- <https://bit.ly/3eQylfJ>
- <https://bit.ly/3ePX2sB>

REKLAMA

HUB INFORMACYJNY WEBINARIA DLA PRZEMYSŁU W OKRESIE COVID-19

Aktualne informacje o webinarach branżowych.
Zobacz: www.automatykab2b.pl/hub-informacyjny

SHORTRON Connect

– mały i mocny

Georg Schlegel GmbH & Co. KG powiększył rodzinę produktów SHORTRON kolejnego członka. Oprócz standardowych przycisków z konwencjonalnymi przyłączami i wersji z przyłączem M12 na przewodzie, istnieje teraz także wariant z przyłączem M12 zintegrowanym z przyciskiem. SHORTRON Connect jest odpowiedzią na stale rosnącą liczbę zapytań o specjalne rozwiązania z przyłączem M12 dla sektora przemysłowego.

Szybko i łatwo

Podczas planowania projektów, oprócz kosztów, istotną rolę odgrywa także czas. SHORTRON Connect z bezpośrednim przyłączem M12 umożliwia prostą, szybką, a przede wszystkim pewną instalację urządzeń sterujących, ponieważ technologia M12 uniemożliwia zamianę lub złą polaryzację podłączenia – zgodnie z zasadą plug & work: podłącz i pracuj.

Chroniony dookoła

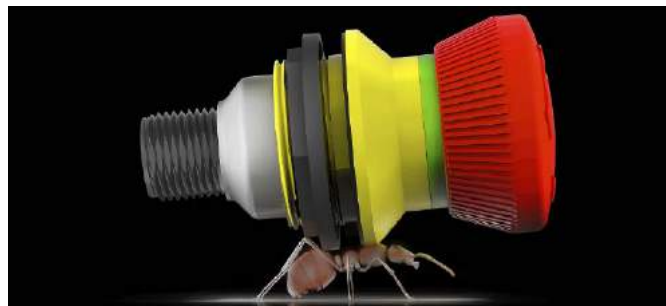
Użycie serii SHORTRON Connect eliminuje wymóg stosowania drogiej i kosztownej w montażu obudowy, ponieważ stopień ochrony IP65/IP67 gwarantuje niezawodną ochronę przed wodą i kurzem zarówno od przodu, jak i od strony przyłącza. To pozwala nie tylko zaoszczędzić koszty ale także miejsce, zwłaszcza gdy stosowane są ergonomiczne wsporniki montażowe SHORTRON Connect. Zostały one zaprojektowane z myślą o szybkim i łatwym montażu na profilach 40 mm. Za pomocą kątownika 90° do montażu pionowego, a także kątownika 135° do montażu poziomego, przełączniki można ustawiać i organizować zgodnie z potrzebami, a istniejące stanowiska operatora można łatwo rozbudowywać. W tym celu wsporniki montażowe są dostępne w trzech różnych wersjach, każda z 1, 2 lub 3 otworami montażowymi.

Mały z designem

Dzięki głębokości montażowej wynoszącej zaledwie 33,7 mm (stop awaryjny 26,7 mm), SHORTRON Connect ma typową kompaktową konstrukcję charakterystyczną dla całej rodziny produktów i dlatego idealnie nadaje się do stosowania w coraz mniejszych maszynach, panelach i jednostkach sterujących. Zadbano również o zachowanie płaskiego i atrakcyjnego wzornictwa znanego z serii, więc oprócz srebrnych i czarnych przednich paneli dostępna jest też ekskluzywna wersja ze stali nierdzewnej.

Mocny i wszechstronny

Seria SHORTRON Connect składa się z lampki kontrolnej, przycisków, przycisków podświetlanych pierścieniowo, przełączników obrotowych i stacyjek oraz wyłącznika awaryjnego. Dla napędów z podświetleniem istnieją różne kolorowe pokrywki przycisków lub sztyldzki, które można zmienić w dowolnym momencie, nawet po zainstalowaniu. Typy styków przełączników z 4-stykowym połączeniem M12 obejmują zakres



Więcej informacji:

Nowimex s.c.

02-969 Warszawa, ul. Kremowa 65a

tel. +48228168579, faks +48228168534

info@nowimex.com.pl, www.nowimex.com.pl



od prostych styków zwiernych przez zwierny/rozwierny, aż do dwóch zwiernych. Wyłącznik awaryjny jest dostępny jako podwójny rozwierny (4-stykowy, 5-stykowy w układzie AIDA) lub jako podwójny rozwierny + zwierny (5-stykowy). Wszystkie połączenia M12 są wg. kodowania A. Przełącznik i przełączniki kluczykowe są dostępne z 2 lub 3 pozycjami przełączania, stabilnymi lub chwilowymi. Parametry elektryczne mieszczą się w zakresie: napięcie robocze U_e do 35 V i prąd roboczy I_e między 2 a 4 A, w zależności od wersji.



Micros – Twój dostawca przycisków i przełączników

Przełączniki i przyciski to grupa nieskomplikowanych elementów elektromechanicznych, jeśli chodzi o zasadę działania, które konstruktorzy traktują jako coś oczywistego, rzadko interesując się ich budową i właściwościami. Ale szczęśliwie coraz więcej osób przywiązuje wagę do jakości wykonania tych podzespołów. Z każdą kolejną generacją poprawiają się ich parametry: trwałość mechaniczna i elektryczna, a następnie odporność środowiskowa. Rośnie też liczba dostępnych wykonania, kolorystyki i opcji oraz akcesoriów. Producenci pracują nad tym, aby było z czego wybierać. Zobaczmy, na co może liczyć konstruktor.

Dla automatyki i przemysłu

W zakresie przycisków i przełączników najbardziej cenione i poszukiwane na rynku krajowym są rozwiązania przeznaczone do zastosowań w przemyśle: w maszynach, urządzeniach technologicznych, szafach sterujących, nastawniach i do pracy jako wyłączniki bezpieczeństwa, przełączniki krańcowe lub przyciski nożne. Łączą w sobie wysoką jakość wykonania, dużą odporność na narażenia środowiskowe i mechaniczne, zapewniają bezpieczeństwo obsługi i zdolność do pracy z sygnałami o dużym poziomie mocy.



Fotografia 1. Przełączniki dźwigniowe

Warto zauważyć, że w elementach dla przemysłu producenci kładą coraz większy nacisk na zapewnienie trwałości mechanicznej, wysokiej odporności środowiskowej (duży współczynnik IP) oraz na ergonomię. Wysiłek wkładany jest w to, aby elementy te wyglądały atrakcyjnie od strony wzornictwa i funkcjonalności (kolory, podświetlenie, symbole).



Fotografia 2. Przełączniki kołyskowe

Więcej informacji:

Micros sp. j. W. Kędra i J. Lic
30-198 Kraków, ul. E. Godlewskiego 38
tel. 12 636 95 66, faks 12 636 93 99
biuro@micros.com.pl, www.micros.com.pl



Fotografia 3. Mikroprzełączniki

Do automatyki kierowane są przełączniki sterownicze grzybkowe i obrotowe. Dostępne opcje obejmują wersje z podświetleniem, są też wymienne akcesoria: kapturki, podświetlenia.

Popularną grupą są także mikroprzełączniki o wysokiej trwałości i dużej zdolności łączeniowej przeznaczone do współpracy z elementami mechanicznymi, takimi jak wały obrotowe, taśmy produkcyjne i podobne. Mikroprzełączniki dostępne są w wersjach z dźwignią z kółkiem, kulką lub suwakiem, w trzech różnych wersjach wielkości wykonania i wielu różnych opcjach w zakresie długości dźwigni, kąta jej mocowania w stosunku do obudowy przycisku, mocowania przycisku i wyprowadzeń.

Drugą ważną grupę stanowią przełączniki panelowe, przeznaczone do montażu na płytach czołowych urządzeń i służące do załączania i uruchamiania ich pracy. Występują w wersji z klawiszem grzybkowym, klawiszem krytym i obrotowym.

Z kolei przełączniki kołyskowe mają charakter uniwersalny. Można je spotkać w różnego typu obszarach techniki, gdzie są trwałym elementem płyt czołowych. Dostępne wykonania obejmują wersje



Fotografia 4. Przyciski nożne



Fotografia 5. Przyciski membranowe TACT



Fotografia 6. Przyciski wandaloodporne



Fotografia 7. Przełączniki klawiszowe

z klawiszem prostokątnym i okrągłym, przezroczystym i nieprzezroczystym, z podświetleniem lub bez. Przełączniki kołyskowe są cenione przez konstruktorów za ładny wygląd, czytelne sygnalizowanie stanu załączenia i szeroki obszar aplikacyjny.

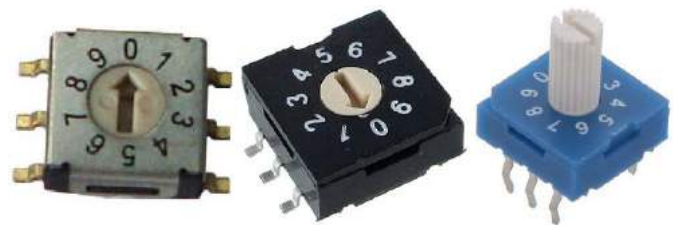
Przełączniki i przyciski wandaloodporne

Interesującą grupę produktów stanowią przełączniki wandaloodporne, wykonane z wytrzymałej stali, o konstrukcji zwartej mechanicznie i odpornej środowiskowo (IP65...68). Cechują się dużą wytrzymałością mechaniczną i elektryczną, a ich żywotność wynosi nawet 200 tys. cykli. Podzespoły te produkowane są w wersjach do lutowania oraz ze złączami śrubowymi. Omawiane przyciski mogą być chromowane lub wykonane ze stali nierdzewnej, mieć przycisk płaski lub wypukły. Są także przyciski w wersjach z podświetleniem LED (np. punktowym lub krawędziowym), które mogą być wykonane dla różnych wersji napięcia nominalnego. Przyciski te przeznaczone są do montażu na płytach czołowych w urządzeniach narażonych na dewastację (windy, domofony, automaty sprzedaży, parkometry, różne miejsca użyteczności publicznej, pojazdy szynowe, kioski POI, terminale i podobne).

Dla elektroniki

Oferta elementów przełączających dla elektroniki obejmuje wiele typowych elementów, takich jak zadajniki kodu BCD w wersji na płytkę drukowaną i płytę czołową, przełączniki DIP. Są też przełączniki suwakowe, do montażu przewlekane i z oczkami do przewodów.

Po przełączniki i przyciski oraz inne komponenty elektroniczne zapraszamy do nowego sklepu internetowego: www.micros.com.pl. Oferta firmy Micros zawiera ponad 100 różnych typów tych elementów, dzięki czemu konstruktor zawsze dobierze potrzebny komponent. Przykładowe rozwiązania pokazujemy na fotografiach.



Fotografia 9. Zadajniki kodu

W tym zakresie Micros proponuje klientom przełączniki firmy SAB Switches, dalekowschodniego producenta przełączników DIP-switch, zadajników kodu, w wersjach do montażu przewlekane i SMT, słynącego z bardzo wysokiej jakości produktów.

Micros ma również pełną gamę przycisków membranowych TACT, które spotyka się praktycznie we wszystkich współczesnych urządzeniach elektronicznych. Przyciski TACT są dostępne w kilku rozmiarach i kształtach (kwadratowe i prostokątne) i wszystkich wariantach wykonania różniących się długością dźwigni oraz opcją montażu (kątowe, proste, z dźwignią okrągłą i o przekroju kwadratowym pod klawisz itp.). TACT switch występują też w wersji hermetycznej (IP68), z podświetleniem, klawiszem, o małej wysokości i innych podobnych wersjach przeznaczonych do zastosowań specjalnych. Są montowane na płytkach drukowanych.

Drugą ważną grupę handlową stanowią przełączniki do montażu na panelu czołowym, przykręcane i łączone za pomocą kabli lub lutowane do płytki. Są to przełączniki dźwigniowe typu KN, MTS i SMTS. Charakteryzują się one estetycznym wykonaniem, dużą różnorodnością kolorystyczną i szeroką ofertą akcesoriów.

Kolejną istotną grupę tworzą przełączniki obrotowe i hebelkowe. Całości dopełniają przełączniki z wbudowanym bezpiecznikiem oraz nieśmiertelne isostaty.



Fotografia 8. Przyciski sterownicze



fot. Impresja

Klawiatury – budowa i parametry

Klawiatura jest chyba najpopularniejszym z urządzeń wejściowych we współczesnych urządzeniach elektronicznych. Zetkniemy się z nią w bankomacie, sterowniku przemysłowym czy komputerze. To wszechstronne urządzenie ma wiele tajemnic, które trzeba poznać, aby optymalnie dostosować klawiaturę do potrzeb projektowanego urządzenia.

Niemal każde urządzenie elektroniczne wyposażone jest w jakąś klawiaturę, służącą do jego obsługi czy wprowadzania informacji. Standardowym przykładem jest oczywiście komputer – jest wyposażony w klawiaturę alfanumeryczną czyli posiadającą komplet liter oraz cyfr, ale swoje dedykowane klawiatury posiadają, także urządzenia AGD i RTV (np. w pilocie do zdalnego sterowania) czy inna elektronika konsumencka jak przenośne odtwarzacze multimedialne, aparaty cyfrowe itp. Niektóre klawiatury pracują w cięższych warunkach, np. w systemach przemysłowych czy bankomatach. Szczególnym rodzajem jest klawiatura ekranowa, zbudowana na bazie ekranu dotykowego, która jest standardem np. w smartfonach.

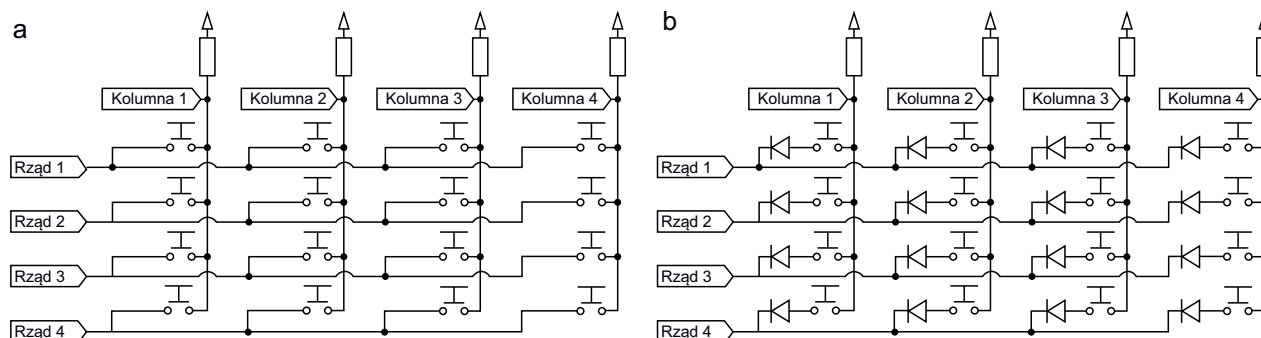
Podczas projektowania klawiatury do własnego systemu należy odpowiedzieć na dwa podstawowe pytania – jaki ma być układ klawiatury oraz z jakiego mechanizmu chcemy skorzystać. Przed podjęciem tej decyzji warto zapoznać się z wadami i zaletami różnych rozwiązań i technologii, jakie są obecnie dostępne.

Numeryczne, alfanumeryczne, dedykowane

Klawisze na klawiaturze mogą być ułożone w różny sposób. Zależy to przede wszystkim od ich ilości i rodzaju – czy potrzebne są tylko cyfry i nieliczne klawisze funkcyjne, kompletny alfabet czy też dedykowane przyciski. Najpopularniejszymi klawiaturami są numeryczne i alfanumeryczne w układzie QWERTY.



Fotografia 1. Przykładowa klawiatura alfanumeryczna w układzie QWERTY (horizontech.pl)



Rysunek 1. Schemat ideowy typowej klawiatury matrycowej z 16 przyciskami, a) – wersja bez diod, b) – z diodami

Układ klawiszy na klawiaturze, szczególnie takiej, z większą liczbą przycisków, ma istotny wpływ na ergonomię jej użytkowania. Konieczne jest takie zaprojektowanie układu klawiszy, aby te najczęściej używane znajdowały się w wygodnej dla użytkownika pozycji, a te sporadycznie używane, na peryferiach klawiatury. Projektowanie ergonomicznych klawiatur jest procesem bardzo złożonym i wybiegającym poza ramy tego artykułu. Na przykład szeroko używana klawiatura komputerowa w ułożeniu QWERTY, pokazana na **fotografii 1**, nie jest wcale najbardziej optymalną, jeśli chodzi o szybkość pisanie – została zaprojektowana po to, by ograniczyć prędkość pisanie na mechanicznych maszynach do pisanie, które zaczynały się, gdy pisało zbyt szybko. Jednak jest to obecnie najpopularniejszy układ, dla większości użytkowników naturalny.

Definiując układ klawiszy trzeba pamiętać także o schemacie połączeń elektrycznych. Najczęściej stosuje się matrycowy układ klawiszy – są one połączone w kolumny i rzędy, a układ sterujący klawiaturą (np. mikrokontroler lub dedykowany kontroler klawiatury) przemiatą np. rzędy i odczytuje wartości z kolumn. Na podstawie tego systemu wykrywa, jaki klawisz został naciśnięty. Typowy układ matrycowy pokazano na **rysunku 1**. Warto zwrócić uwagę, że występuje on w dwóch konfiguracjach – bez diod (**rysunek 1a**) oraz z diodami (**rysunek 1b**). Zastosowanie diod pozwala systemowi działać poprawnie w momencie, gdy naciśniętych jest kilka klawiszy.

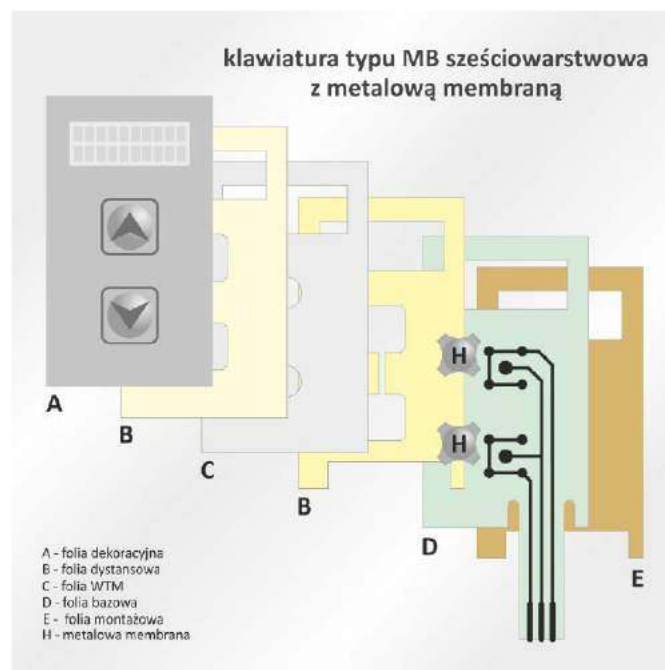
Kontroler klawiatury, w systemie pokazanym na **rysunku 1**, przemiatą układ rzędami, monitorując stan na wyjściach poszczególnych kolumn, które podciągnięte są do napięcia zasilania. W danym momencie, tylko jeden rząd jest aktywny – skonfigurowany do pracy, jako wyjście z ustawionym stanem niskim. W tym czasie, wszystkie inne rzędy i kolumny są skonfigurowane, jako wejścia. Naciśnięcie przycisku, który znajduje się w skanowanym rzędzie spowoduje, że związana z nim kolumna przyjmie stan niski. Obecność diod w systemie powoduje, że naciśnięcie przycisków w dowolnym innym rzędzie nie wpływa na odczyt.

Membranowe, mechaniczne, z przewodzącą gumą i inne

Technologia konstrukcji przycisków klawiatury ma kluczowy wpływ na jej parametry użytkowe i trwałość, a także na cenę. O ile trwałość i koszt produkcji są wartościami łatwymi do oceny podczas wybierania klawiatury, o tyle parametry użytkowe, takie jak ergonomia czy wygoda użytkownika mogą być dużo trudniejsze w analizie. Jednym z najważniejszych elementów ergonomii używania klawiatury jest sprzężenie zwrotne, które potwierdza użytkownikowi, że poprawnie nacisnął on dany przycisk.

Jednym z najprostszych i najtańszych mechanizmów klawiatur jest rozwiązywanie z użyciem membrany. Klawiatury takie, zwane czasami klawiaturami foliowymi, zbudowane są z odpowiednio uformowanych, laminowanych warstw z tworzyw sztucznych. Przykładowa konstrukcja tego rodzaju klawiatury została pokazana na **rysunku 2**.

Produkowane są dwa rodzaje klawiatur membranowych: z płaskim panelem i z pełnym przesuwem. Technologia klawiatur foliowych



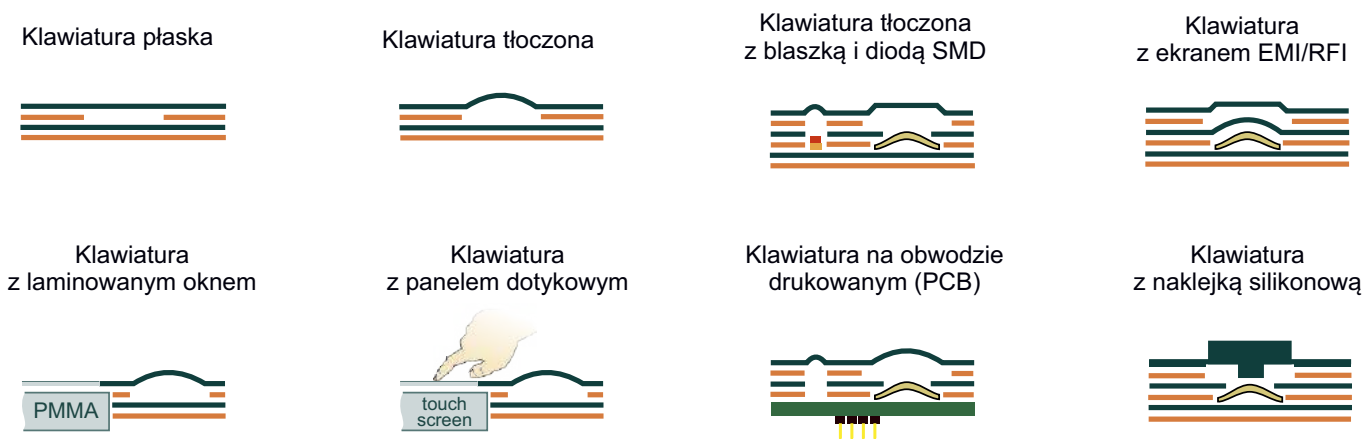
Rysunek 2. Budowa przykładowej klawiatury membranowej (lcelektronik.com)

jest obecnie bardzo rozwinięta i możliwe jest integrowanie ich z wieloma innymi elementami, takimi jak obudowy, płytki drukowane, kontrolki LED i inne. Na **rysunku 3** pokazano przykładowe możliwości produkcyjne jednej z firm wytwarzającej klawiatury membranowe na zamówienie.

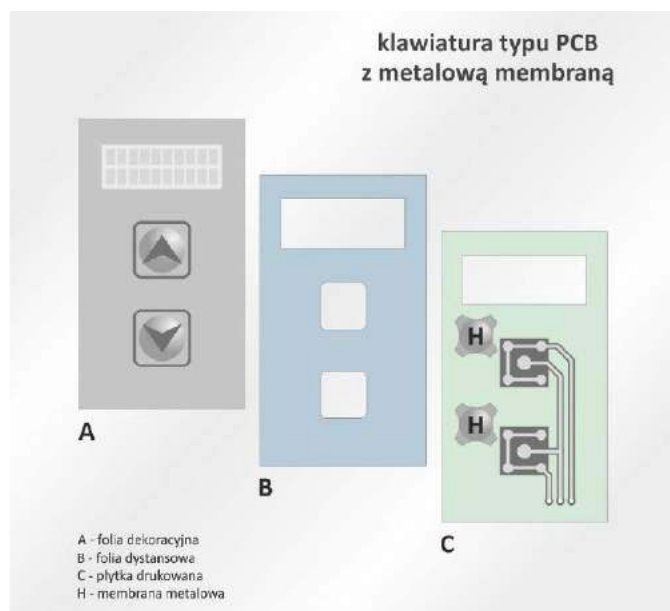
Płaskie klawiatury membranowe najczęściej można znaleźć w urządzeniach gospodarstwa domowego, itp. Najprostsza konstrukcja składa się z trzech warstw. Górna warstwa ma nadrukowane etykiety z przodu i przewodzące paski z tyłu. Poniżej znajduje się warstwa dystansowa, która utrzymuje przednią i tylną warstwę w pewnej odległości od siebie, aby się nie stykały. Tylna warstwa również wyposażona jest w przewodzące paski, ale są one nadrukowane prostopadle do pasków górnej warstwy. Paski te układają się w kolumny i wiersze, jak pokazano na **rysunku 1**. Gdy użytkownik naciska panel w określonym miejscu, jego palec popycha przednią warstwę przez warstwę dystansową, co powoduje, że na jednym ze skrzyżowań macierzy połączeń, kolumna i rząd zwierają się, co wskazuje układowi sterującemu klawiaturą, że został naciśnięty określony przycisk.

Klawiatury membranowe z płaskim panelem nie wytwarzają zauważalnego mechanicznego sprzężenia zwrotnego dla użytkownika. Dlatego też urządzenia korzystające z takich klawiatur powinny zapewniać je w jakiś inny sposób – światłem, dźwiękiem czy wibracjami. Często klawiatury takie pracują w trudnych warunkach, w których wymagane jest zabezpieczenie przed wodą.

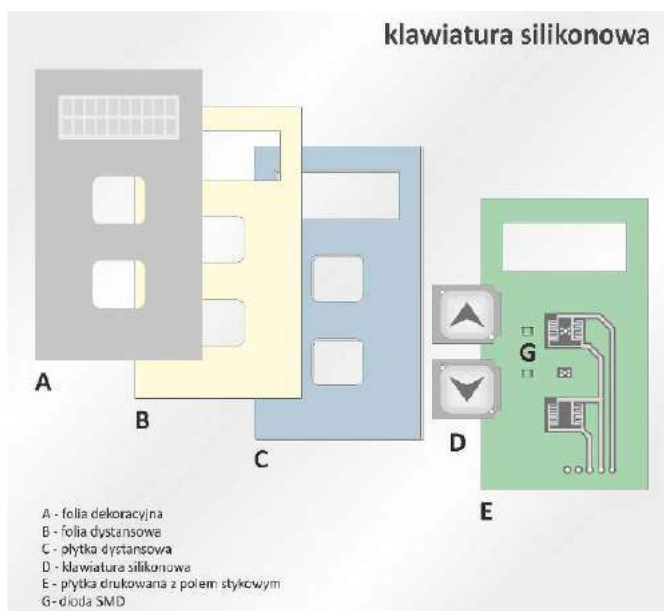
Klawiatury membranowe tłoczone i/lub z dodaną blaszką są pozbawione, opisanej powyżej, wady. Dzięki mechanizmowi z tłoczonej folii



Rysunek 3. Przykładowe możliwości integracji klawiatur membranowych z innymi elementami urządzenia (horizontech.pl)



Rysunek 4. Budowa klawiatury z metalowymi kopułkami (lcelektronik.com)



Rysunek 5. Budowa klawiatury z silikonowej (lcelektronik.com)

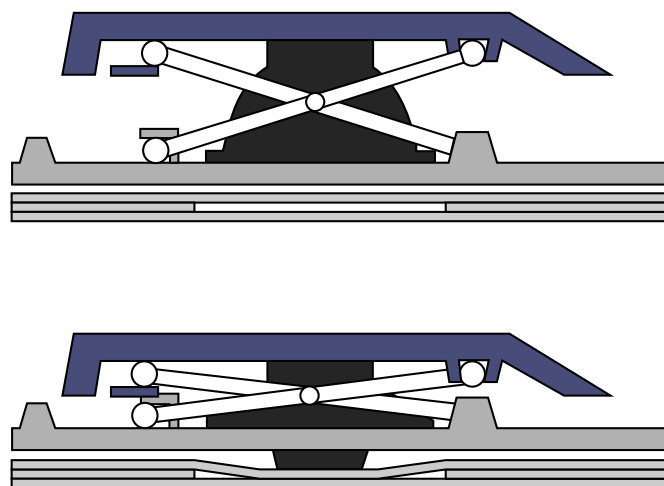
lub odpowiednio ukształtowanej blaszki, podczas naciskania przycisku użytkownicy mogą wyczuwać opór i podobne do naciśnięcia mechanicznego przycisku mechaniczne sprzężenie zwrotne. Podobnym rozwiązaniem jest zastosowanie metalowych kopulek, jakie pokazano na **rysunku 4**. Elementy te montuje się bezpośrednio na PCB; zwierają one pola na płytce drukowanej, jak pokazano na **rysunku 4**.

Klawiatury silikonowe są hybrydą płaskich klawiatur membranowych i klawiatur z kopułkami. Łączą one dwie ścieżki na płytce drukowanej, znajdujące się pod gumową lub silikonową klawiaturą za pomocą tworzywowych, przewodzących elementów, najczęściej wykonanych z poliuretanu z dodatkiem przewodzącego materiału, np. grafitu. Choć klawiatury takie są zwykle tańsze niż klawiatury z metalowymi kopułkami, to są stosowane mniej chętnie z uwagi na brak wyczuwalnego „kliknięcia”, charakterystycznego dla przycisków z metalową kopułką. Na **rysunku 5** pokazano budowę typowej klawiatury silikonowej.

Zaletą klawiatur membranowych, kopułkowych i silikonowych jest fakt, iż pierwsza – z punktu widzenia użytkownika – warstwa klawiatury jest na ogół jednolita. Oznacza to, że tego rodzaju klawiatury są odporne na kurz i wodę. Dodatkowo mogą być odporne na związki chemiczne, takie jak np. rozpuszczalniki organiczne, zależnie od materiału, z jakiego wykonana jest wierzchnia warstwa. Dzięki temu idealnie nadają się np. do pracy w urządzeniach AGD, które mogą mieć kontakt z wodą czy w systemach przemysłowych.

Rozwiązaniem pośrednim, pomiędzy klawiaturami membranowymi i silikonowymi, a mechanicznymi, które oferuje zauważalnie

lepszą ergonomię pisanie, są klawiatury wyposażone w przełączniki nożycowe. Przykład takiego elementu zaprezentowano na **rysunku 6**. Klawisze te są przymocowane do klawiatury za pomocą dwóch elementów, które tworzą mechanizm nożycowy. Nadal stosuje się tutaj silikonowe elementy do przełączania, ale dodatkowy mechanizm, który łączy klawisze z pozostałą częścią klawiatury



Rysunek 6. Schemat (w przekroju) przycisku z mechanizmem nożycowym (wikimedia.org)



Fotografia 2. Przykładowe przyciski mechaniczne do klawiatur: Cherry MX Blue (zamknięty) oraz Cherry MX Brown (otwarty), różniące się typem i siłą aktywacji

i naciska tworzywowo element zapewni znacznie mniejszy skok niż typowa klawiatura silikonowa (typowo 2 mm zamiast 3,5...4 mm w przypadku standardowych klawiatur silikonowych i kopułek). Dzięki temu możliwe jest konstruowanie bardziej kompaktowych i cichszych klawiatur. Z drugiej strony są one nieco droższe w produkcji i są trudniejsze do czyszczenia, ale również rzadziej dostają się do nich zanieczyszczenia, ponieważ szczeliny między kłaczami są mniejsze niż np. w klawiaturach mechanicznych.

Najlepsze sprzężenie mechaniczne oferują klawiatury mechaniczne. Posiadają one klasyczne mechaniczne przełączniki (o różnej konstrukcji), które zapewniają najlepszą ergonomię pracy. Każdy przełącznik składa się z obudowy, sprężyny i innych elementów mechanicznych. Są one najczęściej lutowane np. na płytce drukowanej. Wielkość i kształt przełączników mechanicznych ogranicza możliwości ich ustawienia na klawiaturze – w porównaniu do klawiatur membranowych są one znacznie mniej elastyczne projektowo.

Przełączniki mechaniczne występują w trzech wariantach: liniowym (ze stałym oporem), taktowym, z niesłyszalnym kliknięciem i klikalnym (taktowy z słyszalnym kliknięciem). W zależności od oporu sprężyny przełącznik może wymagać różnej siły do naciśnięcia. Kształt trzpienia oraz konstrukcja obudowy przełącznika decyduje o głębokości przesuwu podczas naciskania. Głośność dźwięku wytwarzanego podczas naciskania można zmienić przez dodawanie gumowych tłumików. Na **fotografii 2** pokazano przykładowe przełączniki mechaniczne do klawiatur. Klawiatury mechaniczne mają

zwykle dłuższą żywotność niż klawiatury membranowe lub z przełącznikiem kopułkowym. Oczekiwana żywotność tych elementów to około 50...60 milionów kliknięć.

Parametry klawiatur

Specyfikując klawiaturę w projekcie urządzenia elektronicznego należy rozpocząć od wyboru technologii. Wybór może być podyktowany szeregiem czynników. Najczęstszym z nich jest kompromis pomiędzy ceną a wytrzymałością rozwiązania. Dodatkowo, w wielu systemach wymaga się odporności na pył oraz wodę, a to najprościej zagwarantować z zastosowaniem klawiatur membranowych, które można zintegrować z obudową w estetyczny panel.

Po wyborze technologii można rozpocząć projektowanie układu klawiszy na klawiaturze. To, jakiej muszą być one wielkości oraz jakie są minimalne odległości pomiędzy nimi wynika z zastosowanej technologii – na przykład w przypadku klawiatury mechanicznej o parametrach tych decyduje fizyczna wielkość przycisków mechanicznych. Najelastyczniejsze w tym zakresie są klawiatury membranowe i kopułkowe, które pozwalają na osiągnięcie bardzo wysokiej gęstości przycisków na panelu urządzenia.

Finalnie można wybrać parametry takie jak głębokość skoku przycisków oraz siłę aktywacji. To, w jakim zakresie wybierać można te parametry, zależne jest od wybranej technologii. Parametry te mają wpływ na dobranie odpowiednich elementów do konstrukcji, takich jak konkretny model przycisku mechanicznego, bądź kopułek. Jeśli dana aplikacja tego wymaga, można sięgnąć po dedykowane elementy do specjalistycznych zastosowań – istnieją na przykład metalowe kopułki, które pozwalają łączyć nie jeden, a dwa obwody – przy delikatnym naciśnięciu wspólne pole zwierane jest z jednym polem, a po mocniejszym wciśnięciu zwierane jest również z drugim polem. Tego rodzaju rozwiązania stosuje się np. w profesjonalnych aparatach cyfrowych, gdzie lekkie naciśnięcie spustu migawki powoduje ustawienie wszystkich parametrów zdjęcia (ostrości, przysłony etc.), a mocniejsze wykonanie zdjęcia.

Podsumowanie

Mając gotowy projekt klawiatury można zwrócić się do jednej z wielu firm, zajmujących się wytwarzaniem tego rodzaju klawiatury. Kontakt z firmą warto rozpocząć już podczas projektowania panelu czy klawiatury, celem uzyskania informacji, jakie mogą być potrzebne w projekcie. Na rynku polskim działają obecnie takie firmy jak LC Elektron, QWERTY czy Horizon Technologies, które zajmują się produkcją klawiatur membranowych, kopułkowych, silikonowych i innych, w szerokim zakresie parametrów i rozwiązań.

Nikodem Czechowski, EP

REKLAMA

m.technik
Ciekawi świata są zawsze młodzi

w prezencie na każdą okazję

przejrysz i kupisz na
www.ulubionykiosk.pl

<http://bit.ly/2DKgsBJ>

PREZENTACJE



Klawiatury w sprzęcie medycznym

Postęp w technologiach medycznych, w sposób naturalny stymuluje rozwój aparatury elektronicznej realizującej lub wspomagającej nowe sposoby leczenia i rehabilitacji. Medyczna aparatura elektroniczna, z racji swojego przeznaczenia, musi pracować w specyficznych warunkach panujących w szpitalach, przychodniach lub laboratoriach.

Medyczna aparatura elektroniczna jest tak konstruowana, aby była łatwa w obsłudze i nie powodowała zagrożenia zarówno dla personelu medycznego jak i dla pacjentów. Jednym z podstawowych wymagań, jakie muszą spełniać urządzenia, jest możliwość utrzymania ich w czystości i sterylności. Muszą dawać się łatwo myć, odkażać i być odporne na powszechnie stosowane środki czyszczące. Obudowy muszą być odporne na plyn i pył (muszą spełniać warunki normy IP 65) tak, aby nie było możliwości uszkodzenia obwodów elektronicznych.

W większości urządzeń medycznych elementami sterującymi elektroniką są klawiatury. Mogą to być klawiatury mechaniczne (np. komputerowe), silikonowe lub foliowe. Utrzymanie klawiatur mechanicznych w czystości, z racji ich skomplikowanej konstrukcji, jest bardzo trudne. Wymagają długotrwałego żmudnego czyszczenia ręcznego lub stosowania drogich i nieefektywnych automatycznych systemów myjących.

Na **fotografii 1** pokazano rozwiązanie proponowane przez firmę Vioguard. Klawiatura mechaniczna, co pewien czas jest wciągana pod lampę UV i naświetlana w celu pozbycia się bakterii z jej powierzchni. Pomimo tego, klawiatura wymaga czyszczenia mechanicznego. Jej konstrukcja jest skomplikowana, a całość droga i trudna w użytkowaniu.

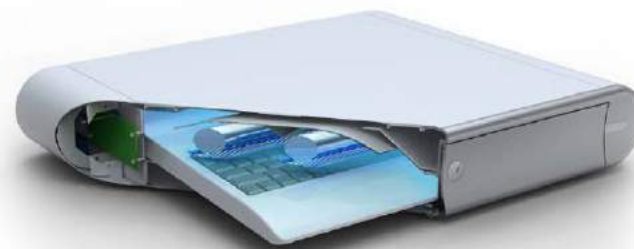
Więcej informacji:

QWERTY Sp. z o.o.
ul. Siewna 21, 94-250 Łódź
tel. +48 42 633 32 84, faks +48 42 632 85 93
qwerty@qwerty.pl, <https://qwerty.com.pl>



Łatwiejsze w utrzymaniu czystości są klawiatury silikonowe lub mechaniczne pokryte warstwą silikonu. Silikon tworzy powierzchnię hydrofobową, łatwą w myciu a jednocześnie odporną na narażenia chemiczne. Klawiatura taka wymaga jednak zachowania dużej staranności przy usuwaniu zanieczyszczeń z zakamarków pomiędzy klawiszami. Proces ten pokazano na **fotografii 2**.

W zastosowaniach medycznych najlepiej sprawdzają się klawiatury foliowe (membranowe). Z powodu swojej płaskiej konstrukcji, pozbawionej szczelin i zakamarków oraz całkowitej szczelności znakomicie nadają się do mycia i odkażania. Wystarczy proste przetarcie ich powierzchni przy użyciu powszechnie stosowanych środków odkażających, aby pozbyć się bakterii, wirusów i innych zanieczyszczeń. Folie stosowane do wykonywania elewacji zewnętrznych, poza odpornością na większość preparatów dezynfekcyjnych, posiadają właściwości bakteriobójcze. Wyglądają jak standardowe folie poliestrowe ale zawierają domieszkę srebra w postaci nanocząstek co powoduje, że na ich powierzchni nie rozwijają się bakterie, grzyby i pleśnie stanowiące potencjalne zagrożenie dla zdrowia. Są zabójcze dla następujących drobnoustrojów (dane z materiałów informacyjnych firmy Autotype International Ltd.):



Fotografia 1. Rozwiązanie proponowane przez firmę Vioguard

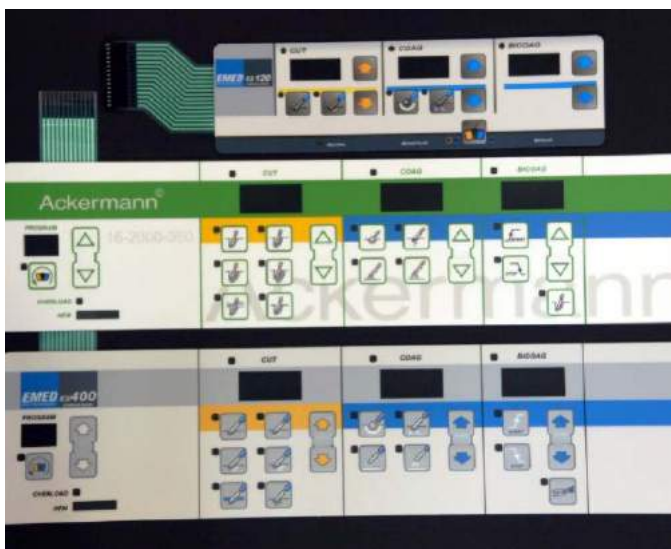


Fotografia 2. Klawiatura silikonowa wymaga zachowania dużej staranności przy usuwaniu zanieczyszczeń z zakamarków pomiędzy klawiszami

- MRSA (Staphylococcus Aureus odporny na Metycilinę),
- E.coli 0157,
- Streptococcus faecalis,
- Pseudomonas aeruginosa,
- Salmonella enteritidis,
- Bacillus cereus,
- Saccharmyces cerevisiae,
- Klebsiella pneumoniae,
- Aspergillus Niger,
- Penicillium purpurogenum,
- Phoma violacea

Klawiatura foliowa może być wykonana w dowolnych kolorach, z dowolną grafiką, podświetlanymi elementami, z przetłoczonymi klawiszami, wmontowanymi diodami LED, okienkami o różnych kolorach filtrów itp. oraz z indywidualnymi połączeniami i wyprowadzeniami elektrycznymi klawiszy. Wszystko na indywidualne życzenie klientów. Tak wykonane klawiatury powodują, że urządzenia elektroniczne postrzegane są jako szczególnie estetyczne i wzbudzające zaufanie zarówno obsługi jak i pacjentów. Na **fotografii 3** pokazano przykładowe klawiatury foliowe, wykonane przez firmę QWERTY Sp. z o.o. do urządzeń medycznych.

Ciągłe dążenie do doskonalenia nowych produktów, usprawniania ich obsługi i konserwacji powoduje poszukiwanie nowych



Fotografia 3. Przykładowe klawiatury foliowe, wykonane przez firmę QWERTY Sp. z o.o. do urządzeń medycznych



Fotografia 4. Klawiatura wyświetlana przy pomocy lasera

rozwiązań technicznych. Jednym z nich jest próba skonstruowania takiej klawiatury, która nie wymaga czyszczenia i odkażania. Może nią być klawiatura wirtualna wyświetlana np. na blacie biurka lub na ścianie pomieszczenia. Na **fotografii 4** została pokazana klawiatura wyświetlana przy pomocy lasera. Nie zawiera żadnych elementów, a więc nie wymaga żadnych czynności dezynfekujących. Niestety, nie jest łatwa w użyciu, obsługa wymaga pewnego doświadczenia. Być może jest to jedna z idei jaka będzie powszechnie stosowana w przyszłości?

REKLAMA



KLAWIATURY FOLIOWE MEMBRANE KEYBOARDS FOLIANTASTATUREN

PROJEKTUJEMY
PRODUKUJEMY
SPRZEDAJEMY

- klawiatury
- elewacje
- tabliczki
- zestawy foliowe

TOWARZYSTWO
ELEKTROTECHNOLOGICZNE
QWERTY Sp. z o.o.

ul. Siewna 21, 94-250 Łódź, Polska
tel.: +48 42 632 47 92, +48 42 633 32 84
e-mail: qwerty@qwerty.pl
www.qwerty.pl



Wyższy poziom integracji

Wspieramy producentów urządzeń elektronicznych, dostarczając wysokiej jakości interfejsy, takie jak klawiatury membranowe, silikonowe czy elewacje foliowe. Na przestrzeni ostatnich kilku lat poszerzyliśmy naszą ofertę o produkcję i dostawę szybkie wyświetlaczy (maskownic), zintegrowanych paneli dotykowych, pojemnościowych paneli i klawiatur dotykowych oraz usługi związane ze znakowaniem produktów, drukowaniem, jak też kompleksowym projektowaniem i wdrażaniem w pełni funkcjonalnych urządzeń.

Klawiatury membranowe

Technologia w zakresie produkcji klawiatur membranowych pozwala dziś na bardzo wiele. Dostarczamy klawiatury z diodami SMD, membranami blaszanymi, matą silikonową czy też wymienną wsuwką opisową. Należy podkreślić, że jako jedna z nielicznych firm w Polsce możemy pochwalić się technologią LGF (Light Guide Film) umożliwiającą podświetlenie całej klawiatury foliowej kilkoma diodami SMD z zachowaniem standardowej grubości konstrukcji (0,9 mm).



HORIZON
TECHNOLOGIES

Więcej informacji:

Horizon Technologies Sp. z o.o.
66-400 Gorzów Wlkp., ul. Walczaka 25
tel. 95 782 12 11, faks 95 782 12 14
biuro@horizontech.pl, www.horizontech.pl



Szybki wyświetlacz

Transparentne szybkie dekoracyjne zapewniające zabezpieczenie wyświetlaczy cechują się wysoką estetyką wykonania, precyzyjnym frezowaniem oraz odpornością na zarysowania. Szybkie wyświetlacze mogą być wykonane w niemalże dowolnym kształcie, dzięki czemu możemy spełnić nawet najbardziej wyszukane oczekiwania klientów.



Klawiatury silikonowe

Nakładki silikonowe są interesującą alternatywą dla klawiatur membranowych. Technologia ich wykonania otwiera duże możliwości dla projektantów urządzeń pod względem kształtu i wykończenia powierzchni. Jedną z ciekawszych technik wykończenia klawiatur do podświetlenia jest sprejowanie oraz grawerowanie laserowe elementów opisowych.





Emblematy metalizowane

Niezwykle cienkie, estetyczne oraz trwałe emblematy metalizowane mają swoje zastosowanie w szeroko rozumianym znakowaniu urządzeń. Wysoka precyzja wykonania pozwala na uzyskanie praktycznie dowolnych kształtów z dokładnym odwzorowaniem nawet najdrobniejszych szczegółów.

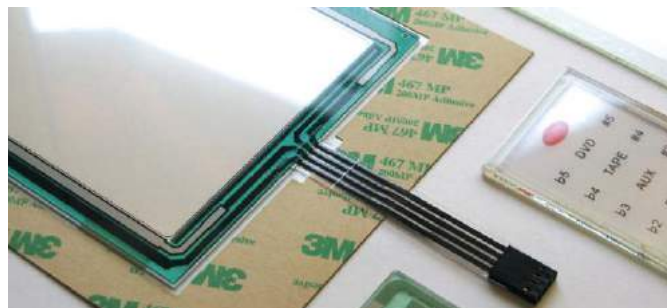


Dotykowe panele pojemnościowe

Rynek konsumencki odznacza coraz większe piętno na sektorze przemysłowym. Klienci oprócz sprawdzonych i solidnych rozwiązań często zwracają uwagę na wizualny aspekt danego rozwiązania. Szklane klawiatury i panele pojemnościowe są bardzo ciekawą propozycją dla tych, którzy szukają rozwiązania innowacyjnego i bardzo efektywnego. W naszej ofercie znajdują Państwo klawiatury ze szkła hartowanego, podświetlane oraz odporne na wodę.

Zintegrowane panele dotykowe

Bazując na naszym doświadczeniu, jako jedyni w Polsce oferujemy pełną integrację dotykowych paneli dotykowych z klawiaturą membranową lub frontem foliowym (elewacją) z wykorzystaniem technologii laminowania optycznym czystym klejem. Uzyskujemy wówczas



w pełni hermetyczne i funkcjonalne połączenie technologii dotykowej ze standardową klawiaturą foliową.

Projekty kompleksowe

Koncepcja, projekt, wdrożenie, na produkcji kończąc. Coraz częściej wspieramy naszych klientów już w momencie powstawania koncepcji samego urządzenia. Wykorzystując wiedzę w zakresie wzornictwa przemysłowego oraz doświadczenie przy wdrażaniu nowych projektów, aktywnie uczestniczymy w każdej jego fazie. Wspieramy w określeniu założeń funkcjonalnych, projektujemy poszczególne elementy obudowy 3D, optymalizujemy pod kątem ekonomiki produkcji oraz dobieramy przy tym możliwie najlepszy pod względem ergonomii i funkcjonalności interfejs do komunikacji człowieka z urządzeniem. Wspólnie z klientem wdrażamy pierwsze wtryski, testujemy efekty naszej pracy i wdrażamy gotowy produkt, by mógł on finalnie odnieść sukces na rynku.



REKLAMA

technologie dotykowe
www.horizontech.pl

- klawiatury membranowe
- klawiatury silikonowe
- klawiatury szklane
- panele dotykowe
- maskownice wyświetlaczy
- fronty foliowe
- znakowanie produktów
- rozwiązania kompleksowe
- i wiele innych

dostarczamy przemysłane rozwiązania

Horizon Technologies Sp. z o.o. 66-400 Gorzów Wlkp. ul. Walczaka 25
tel. 95 782 12 11 faks 95 782 12 14 e-mail: biuro@horizontech.pl

HORIZON
TECHNOLOGIES



FPGA w systemach DSP

– przykład aplikacji zestawu Eclypse Z7

O tym, że w pełni cyfrowe układy FPGA doskonale nadają się do obróbki sygnałów analogowych wie praktycznie każdy elektronik, niekoniecznie używający tych układów swoich projektach. Żeby nieco przybliżyć technologię DSP bazującą na FPGA szerszemu gronu użytkowników, pokażemy przykład implementacji dolnoprzepustowego filtra FIR w zestawie Digilent Eclypse Z7.

Użycie układów FPGA w aplikacjach DSP jest ze wszechmiar uzasadnione, bowiem ich budowa i architektura pozwalają na wykonywanie złożonych obliczeniowo zadań równolegle a nie sekwencyjnie, jak się to odbywa w typowych architekturach procesorów lub koprocesorów DSP. Dzięki temu możliwe jest relatywnie łatwe uzyskanie dużych prędkości przetwarzania sygnałów, często nieosiągalne dla

Więcej informacji:

Wyłącznym, autoryzowanym dystrybutorem edukacyjnym zestawów firmy Digilent w Polsce jest firma KAMAMI, www.kamami.pl



rozwiązań klasycznych, jak choćby ma to miejsce w przypadku aplikacji SDR (Software Defined Radio).

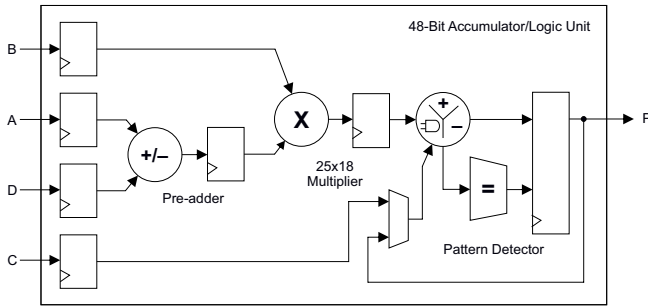
Układy FPGA z natury rzeczy służą do implementacji systemów cyfrowych. Im więcej zasobów oferują użytkownikom tym prostsze jest implementowanie w nich projektów. W układzie XC7Z020 zastosowanym w zestawie Digilent Eclypse Z7 użytkownik ma do dyspozycji 85000 konfigurowalnych komórek logicznych, w których znajduje się 106400 przerzutników oraz 53200 tablice LUT. Architektura części FPGA tego układu jest kopią używanej w popularnej rodzinie FPGA o nazwie Artix-7, skąd pochodzi także zintegrowana w układzie konfigurowalna pamięć RAM o pojemności 4,9 Mb.

Integralną częścią matrycy FPGA układu XC7Z020 są sprzętowe bloki DSP, których w układzie XC7Z020 jest 220. Każdy z nich składa się ze sprzętowego multiplikatora 25×18 bitów zintegrowanego z 48-bitowym akumulatorem na wyjściu oraz konfigurowalną logiką dodatkową, którą można wykorzystać także w projektach nie związanych bezpośrednio z DSP. Schemat blokowy pojedynczego bloku DSP pokazano na **rysunku 1**.

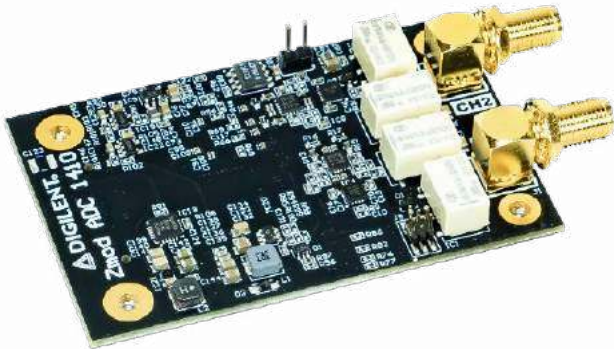
W odróżnieniu od klasycznych układów FPGA, w których można implementować m.in. różnego rodzaju rdzenie MPU/MCU, układy Zynq zastosowane w zestawie Digilent Eclypse Z7 dodatkowo wyposażono w zintegrowaną domenę MPU, w której zastosowano 2-rdzeniowy mikroprocesor (2×Cortex-A9MP) z koprocesorem FPU i peryferiami i układami komunikacyjnymi charakterystycznymi dla systemów mikroprocesorowych.

Zestaw Digilent Eclypse Z7 w skrócie:

- wbudowany układ SoC z rodziny Zynq-7000 (XC7Z020-1CL-G484C) z dwurdzeniowym procesorem Cortex-A9 667 MHz,
- interfejsy o dużej przepustowości: 1G Ethernet, USB 2.0, SDIO,
- interfejsy o niskiej przepustowości: SPI, UART, CAN, I²C,
- zintegrowana matryca o architekturze Artix-7 (85000 komórek logicznych),
- pamięć RAM 1 GB DDR3L z 32-bitową magistralą,
- pamięć Flash 16 MB Quad-SPI Flash,
- dwa złącza Zmod (SYZYGY),
- dwa złącza Pmod,
- 2 przyciski,
- 2 diody LED RGB.



Rysunek 1. Schemat blokowy pojedynczego bloku DSP w FPGA o architekturze Artix-7



Fotografia 1. Wygląd dwukanałowego przetwornika A/C Zmod ADC 1410 ze złączem SYZYGY

Przykładowy system DSP

Systemy obróbki sygnałów implementowane w matrycach FPGA są z natury rzeczy przystosowane do działania z sygnałami dyskretnymi (próbkowanymi w domenie czasu). Rolę interfejsu z analogowym otoczeniem zapewniają zestawowi Digilent Eclipse Z7



Fotografia 2. Wygląd dwukanałowego przetwornika C/A Zmod DAC 1411 ze złączem SYZYGY



Fotografia 3. Wygląd zestawu Digilent Eclipse Z7 z zamontowanymi przetwornikami A/C i C/A w złączach SYZYGY



Fotografia 4. Zestaw Digilent Eclipse Z7 z przetwornikami Zmod ADC 1410 i Zmod DAC 1411 zamontowane w dedykowanej obudowie

Podstawowe dane przetwornika Zmod ADC 1410:

- rozdzielczość 14 bitów,
- częstotliwość próbkowania 105 MHz,
- pasmo analogowe 0...70 MHz,
- dwa wejściowe kanały napięciowe,
- wejścia asymetryczne (z uziemieniem),
- zintegrowany przetwornik Analog Devices AD9648,
- interfejs SYZYGY.

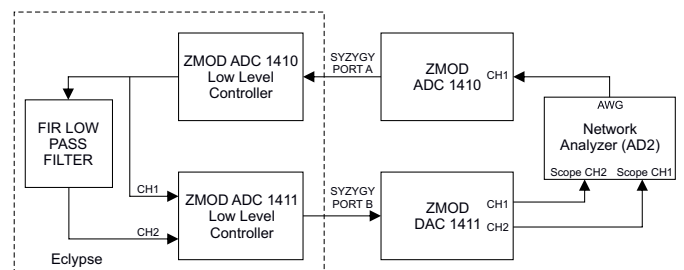
specjalne moduły przetworników A/C (ADC) i C/A (DAC), które wchodzi w skład nowej rodziny Digilent Zmod i są wyposażone w złącze nowego standardu SYZYGY. Wygląd dwukanałowego przetwornika A/C Zmod ADC 1410 pokazano na **fotografii 1**, a dwukanałowego przetwornika C/A Zmod DAC 1411 – na **fotografii 2**. Na **fotografii 3** widać zestaw Digilent Eclipse Z7 z zamontowanymi przetwornikami A/C i C/A, a na **fotografii 4** pokazano wygląd całego systemu zamkniętego w dedykowanej obudowie.

Podstawowe dane przetwornika Zmod DAC 1411:

- rozdzielczość 14 bitów,
- częstotliwość próbkowania 100 MHz,
- pasmo analogowe 0...40 MHz,
- dwa asymetryczne napięciowe kanały wyjściowe ± 5 V/50 W,
- interfejs SYZYGY.

Przykładowa implementacja algorytmu filtracji FIR

Firma Digilent przygotowała opis aplikacji demonstracyjnej DSP (pod adresem <https://bit.ly/2N15zx5>), która ilustruje wykorzystanie przetworników ADC i DAC z zestawem Eclipse Z7 – jest to cyfrowy, konfigurowalny, dolnoprasmowy filtr FIR (Finite Impulse Response Filter) implementowany w FPGA. Schemat blokowy



Rysunek 2. Schemat blokowy rekomendowanej przez producenta konfiguracji testowej

Dokładny opis implementacji filtra FIR w zestawie Digileny Eclipse Z7, wraz z materiałami do pobrania są dostępne pod adresem: <https://bit.ly/2N15zx5>

FIR (Finite Impulse Response Filter)

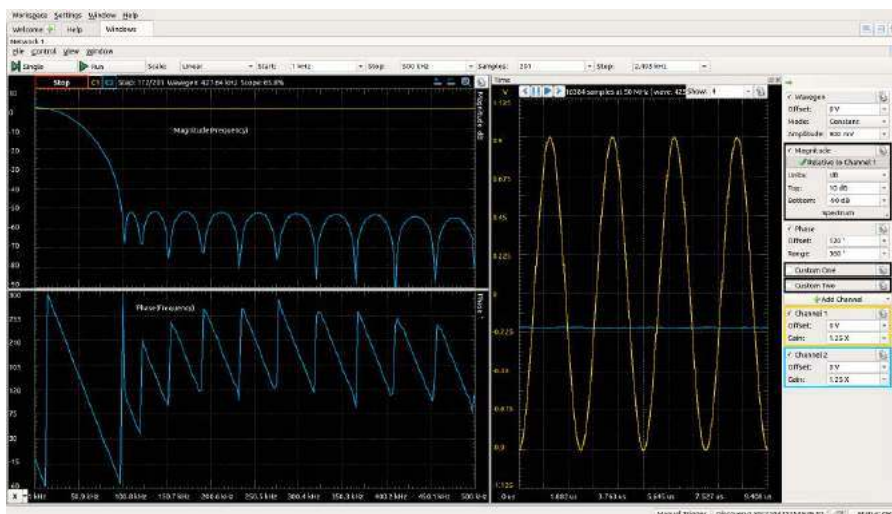
– cyfrowy filtr o skończonej odpowiedzi impulsowej. Odpowiedź na wyjściu filtra na pobudzenie o skończonej długości jest również skończona. Aby warunek ten był spełniony, filtry FIR nie mają wewnętrznej pętli sprzężenia zwrotnego, pobierającej do obliczenia wartości kolejnej odpowiedzi wartości poprzedniej odpowiedzi.

rekomendowanej przez producenta konfiguracji testowej pokazanej na **rysunku 2**.

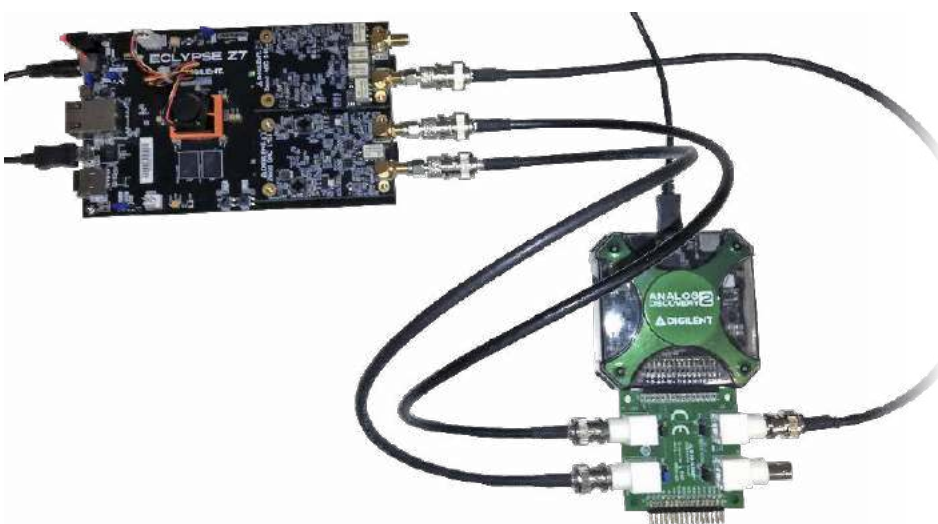
W torze pomiarowym wykorzystano zintegrowany przyrząd pomiarowy Analog Discovery 2, który za pomocą wbudowanego generatora arbitralnego generuje sygnał wejściowy (żółty z prawej strony **rysunku 3**) i bada odpowiedź filtra: amplitudową i fazową (niebieskie przebiegi z lewej strony **rysunku 3**). Filtr FIR został zaimplementowany w FPGA za pomocą konfiguratora rdzeni IP Xilinx FIR Compiler 7.2, zintegrowanego w środowisku narzędziowym Vivado Design Suite. Na **fotografii 5** pokazano zestaw sprzętowy podczas testów.

SYZYGY – nowy standard złączy systemowych

Istotną nowością zestawu Eclipse Z7 jest wyposażenie go w złącza standardu SYZYGY. Mają one umożliwiać dołączanie kart rozszerzających, przy czym zoptymalizowano je pod kątem przesyłania szybkich sygnałów cyfrowych. Przez każde złącze można przesłać 8 sygnałów różnicowych oraz 12 asymetrycznych. Istnieje możliwość synchronizacji transmisji za pomocą różnicowego sygnału zegarowego.



Rysunek 3. Ekran programu Digilent WaveForm z przebiegami zarejestrowanymi przez Analog Discovery 2



Fotografia 5. Zestaw sprzętowy skonfigurowany do pomiarów

REKLAMA

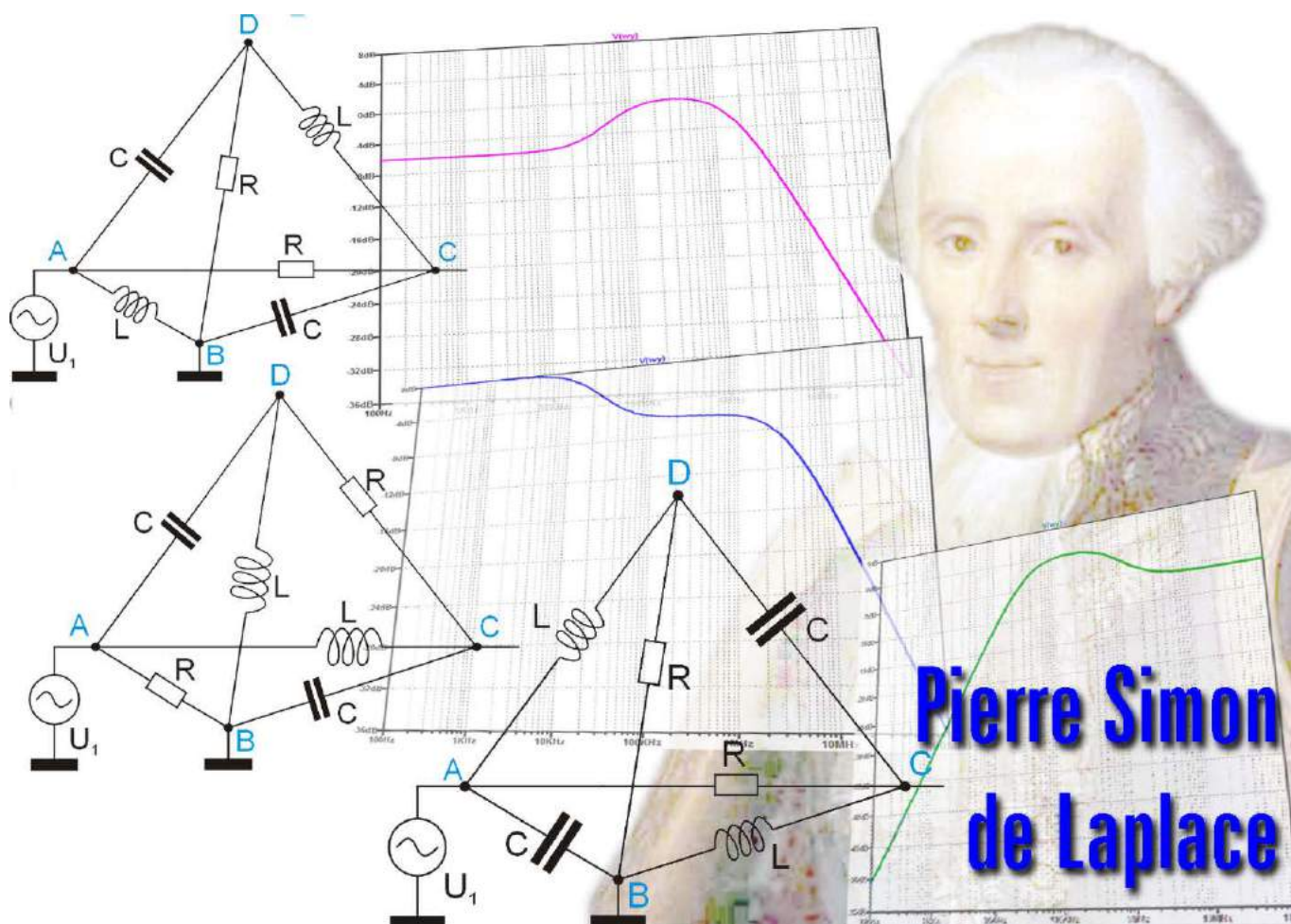
Wstąp do Klubu AVT Elektronika

będziesz miał prawo do korzystania z szeregu przywilejów:

- do 50% zniżki w Sklepie AVT
- darmowe prenumeraty Wydawnictwa AVT
- do 50% zniżki w Ulubionym Kiosku
- Zapraszamy do zapoznania się z zasadami Klubu!



<http://bit.ly/2GaDwtQ>

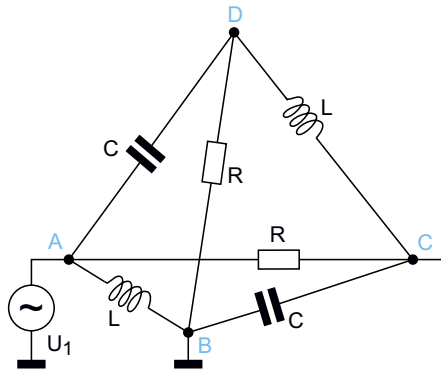


Symulacja i pomiar czyli LTspice i Analog Discovery 2 w rękach konstruktora (12)

LTspice jako narzędzie przydatne w obliczeniach transmitancji

W tym odcinku musimy nastawić się na sporą dawkę dość złożonych obliczeń i przypomnienie sobie metod rozwiązywania obwodów elektrycznych. Nie wszystkie zagadnienia będą wyjaśnione od podstaw, założeniem jest posiadanie przez Czytelników elementarnej wiedzy z zakresu teorii obwodów. Siadamy więc głęboko w fotelu i zabieramy się do pracy.

Naszym zadaniem będzie obliczenie transmitancji pewnego obwodu elektrycznego o pozornie nieokreślonym przeznaczeniu i wykreślenie jego charakterystyki amplitudowej. Obliczenia tego typu, nawet w przypadku względnie prostych obwodów stają się dość złożone. Łatwo można popełnić błąd, którego wyszukanie zajmie później sporo czasu. Często tak sugerujemy się przy tym własnym wcześniejszym tokiem rozumowania, że nawet wielokrotnie przeprowadzona analiza nie daje żadnego rezultatu. Najprostszą metodą sprawdzenia



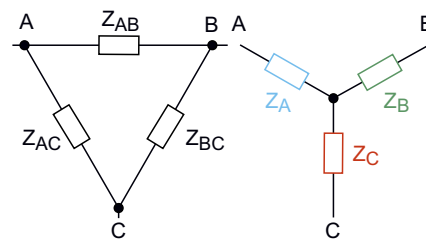
Rysunek 1. Rozpatrywany układ w konfiguracji piramidy

własnych obliczeń i ewentualnej lokalizacji błędów byłoby użycie jakiegoś niezależnego narzędzia. Dzisiaj jest nim oczywiście symulator LTspice. Och! Gdyby takie programy były dostępne w moich studenckich czasach.

Problem

Obwód, którego transmitancję będziemy liczyć nie ma pozornie żadnych własności użytkowych. Nie chodzi o to, by uporać się z jakimś konkretnym zagadnieniem technicznym, lecz o to, by pokazać jedną z wielu metod rozwiązania problemów związanych z teorią obwodów. Mamy więc piramidę zbudowaną z elementów R, L i C pokazaną na rysunku 1. Wszystkie boki tej piramidy mają kształt trójkąta, a każdy z nich zawiera trzy różne elementy. Dla uproszczenia obliczeń przyjmujemy, że elementy poszczególnych typów mają równe wartości, i tak: $R=1\ \Omega$, $L=4,5\ \mu\text{H}$ i $C=100\ \text{nF}$. Sygnał wejściowy jest doprowadzony do wierzchołka A podstawy piramidy, wyjście jest w wierzchołku C, a wierzchołek B jest dołączony do punktu odniesienia - masy.

Układ jest na pierwszy rzut oka dość nieprzyjemny do obliczeń. Z każdego węzła odchodzą 3 rozgałęzienia, nie da się więc go zwinąć prostymi metodami. Obecność trójkątów nasuwa pomysł, aby skorzystać z przekształceń trójkąt-gwiazda. Zasadę tę pokazano na rysunku 2, a na rysunku 3 widoczne są kolejne etapy zwinania obwodu. No cóż, do uzyskania końcowego obwodu, z którego już bez większego problemu będzie możliwe obliczenie transmitancji wymaga wykonania aż 7 kroków. Gdyby piramida składała się z samych rezystorów



$$Z_A = \frac{Z_{AB} \cdot Z_{AC}}{Z_{AB} + Z_{BC} + Z_{AC}}$$

$$Z_B = \frac{Z_{AB} \cdot Z_{BC}}{Z_{AB} + Z_{BC} + Z_{AC}}$$

$$Z_C = \frac{Z_{AC} \cdot Z_{BC}}{Z_{AB} + Z_{BC} + Z_{AC}}$$

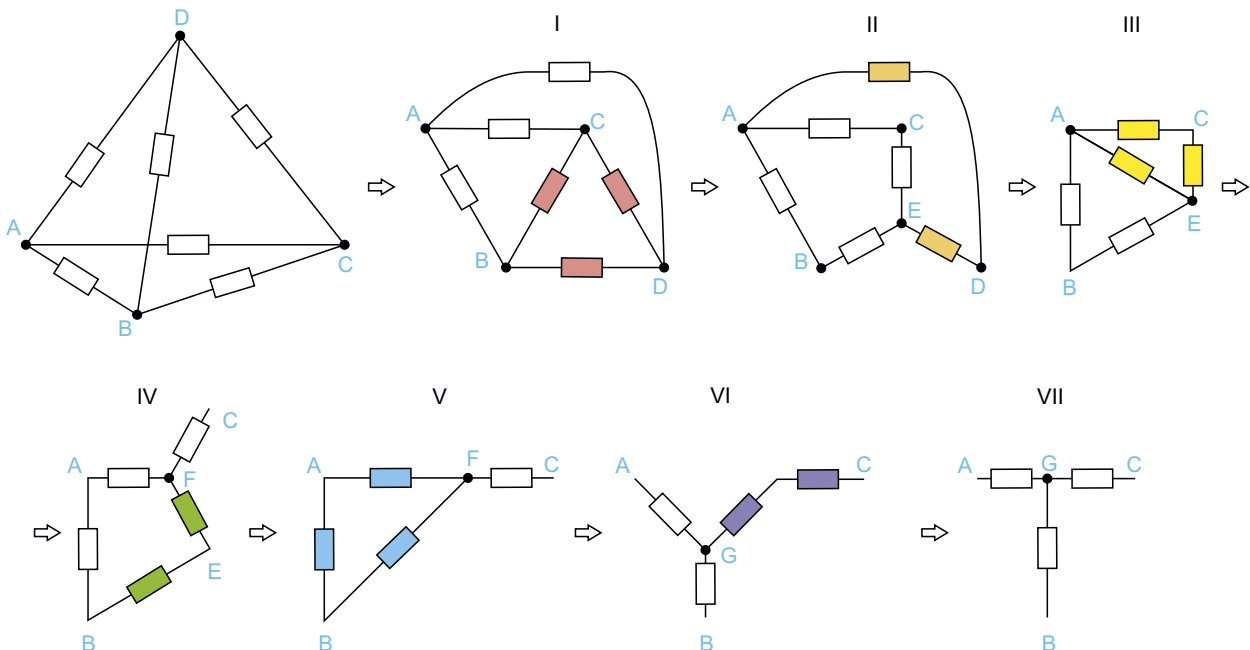
Rysunek 2. Ilustracja zasady przekształcania trójkąt-gwiazda

można by ewentualnie zdecydować się na taką metodę obliczeń, my mamy jednak elementy R, L i C, więc obliczenia znacznie się skomplikują. Zastosujemy więc metodę Thevenina, w której będziemy zwinąć układ wprowadzając źródła zastępcze. W tym celu przerysujemy schemat piramidy nieco inaczej, wydzielając dwa obwody, które będą analizowane niezależnie (rysunek 4). Są one zasilane dwoma źródłami napięciowymi o tym samym napięciu U_1 . Możemy tak postąpić, ponieważ wejściami obwodu górnego i dolnego jest ten sam punkt oznaczony literką A.

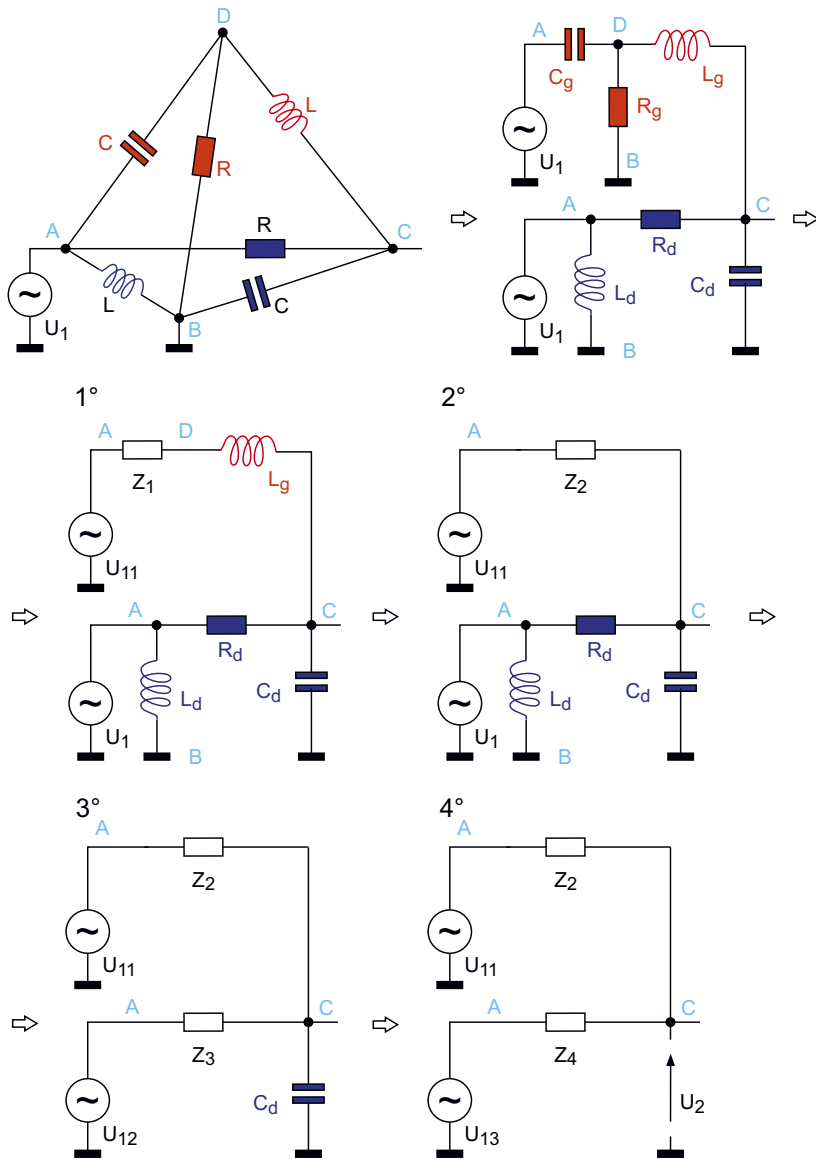
Najpierw rozpatrzmy obwód górny. Utworzymy źródło zastępcze dla U_1 uwzględniające elementy C_g i R_g . Napięcie tego źródła jest równe napięciu jakie występuje na rezystorze R_g . Będzie ono niższe od U_1 , gdyż elementy C_g i R_g tworzą dzielnik napięciowy. Ze względu na to, że w obwodzie występują elementy reaktancyjne, do obliczeń zastosujemy rachunek operatorowy, w którym reaktancja kondensatora jest równa $1/(s \cdot C)$, a reaktancja cewki $s \cdot L$. Napięcie tak utworzonego źródła zastępczego jest więc równe:

$$U_{11} = U_1 \cdot \frac{R}{R + \frac{1}{sC}} = U_1 \cdot \frac{sRC}{sRC + 1}$$

Impedancja zastępcza Z_1 źródła jest równa równoległemu połączeniu elementów R_g i C_g :



Rysunek 3. Kolejne etapy zwinania układu z zastosowaniem przekształcenia trójkąt-gwiazda



W kolejnym kroku (3°) zajmujemy się obwodem dolnym. Utworzymy źródło zastępcze zbudowane z elementów U_1 (dolne), L_d i R_d . W tym przypadku nie ma żadnych dzielników napięciowych, więc napięcie U_{12} jest równe U_1 . Impedancja zastępcza tego źródła jest równa rezystancji R , gdyż idealne źródło U_1 zwiera cewkę L_d . Mamy więc:

$$U_{12} = U_1$$

$$Z_3 = R$$

Do dalszych obliczeń konieczne jest jeszcze kolejne zwinięcie obwodu dolnego. W kroku 4° tworzymy więc źródło zastępcze składające się z elementów U_{12} , Z_3 i C_d . Napięcie U_{13} jest równe:

$$U_{13} = U_{12} \cdot \frac{\frac{1}{sC}}{Z_3 + \frac{1}{sC}} = U_{12} \cdot \frac{1}{sZ_3C + 1} = U_1 \cdot \frac{1}{sRC + 1}$$

a impedancja wewnętrzna Z_4 tego źródła jako równoległe połączenie Z_3 i reaktancji kondensatora C_d jest równa:

$$Z_4 = \frac{Z_3 \cdot \frac{1}{sC}}{Z_3 + \frac{1}{sC}} = \frac{Z_3}{sZ_3C + 1} = \frac{R}{sRC + 1}$$

W wyniku przeprowadzonych operacji uzyskaliśmy obwód składający się z dwóch źródeł napięciowych U_{11} i U_{13} oraz dwóch impedancji Z_2 i Z_4 . Napięcie wyjściowe U_2 obliczymy korzystając z zasady superpozycji. W tym celu najpierw zwierymy źródło U_{11} i obliczamy napięcie wyjściowe U_{21} , następnie zwierymy źródło napięciowe U_{13} i obliczamy napięcie U_{22} . Całkowite napięcie wyjściowe będzie równe sumie napięć U_{21} i U_{22} . We wszystkich powyższych wyrażeniach występuje czynnik RC będący stałą czasową obwodu RC . Jest on oznaczany zwykle literką τ , którą zastosujemy w następnych obliczeniach. Są one następujące:

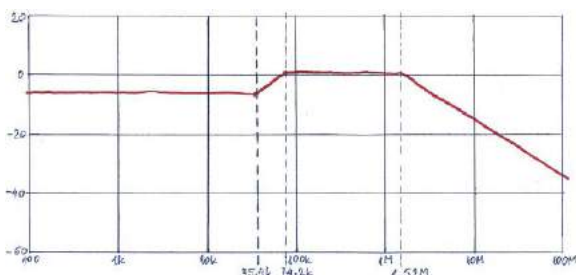
Rysunek 4. Kolejne etapy zwijania układu z zastosowaniem metody Thevenina

$$Z_1 = \frac{R \cdot \frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC}} = \frac{R}{sRC + 1}$$

W tym kroku analizujemy tylko górną część obwodu, napięcie w punkcie C jest równe napięciu źródła zastępczego U_{11} . Jego impedancja wewnętrzna natomiast zwiększy się o reaktancję cewki L_g :

$$Z_2 = Z_1 + sL = \frac{R}{sRC + 1} + sL = \frac{R + sL(sRC + 1)}{sRC + 1}$$

$$Z_2 = \frac{s^2RLC + sL + R}{sRC + 1}$$



Rysunek 5. Odręczna charakterystyka amplitudowa badanego układu

$$U_{21} = U_{13} \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_4} = U_1 \cdot \frac{1}{s\tau + 1} \cdot \frac{\frac{s^2RLC + sL + R}{sRC + 1}}{\frac{s^2RLC + sL + R}{sRC + 1} + \frac{R}{sRC + 1}}$$

$$U_{21} = U_1 \cdot \frac{s^2L\tau + sL + R}{(s\tau + 1)(s^2L\tau + sL + 2R)} = U_1 \cdot \frac{s^2L\tau + sL + R}{s^3L\tau^2 + s^2L\tau + 2sR\tau + s^2L\tau + sL + 2R}$$

$$U_{21} = U_1 \cdot \frac{s^2L\tau + sL + R}{s^3L\tau^2 + 2s^2L\tau + s(2R\tau + L) + 2R}$$

Nie wygląda to najlepiej, ale na razie zostawiamy to wyrażenie w takiej postaci. A teraz liczymy U_{22} :

$$U_{22} = U_{11} \cdot \frac{Z_4}{Z_2 + Z_4} = U_1 \cdot \frac{s\tau}{s\tau + 1} \cdot \frac{\frac{R}{sRC + 1}}{\frac{s^2RLC + sL + R}{sRC + 1} + \frac{R}{sRC + 1}}$$

$$U_{22} = U_1 \cdot \frac{s\tau R}{(s\tau + 1)(R + s^2L\tau + sL + R)} = U_1 \cdot \frac{s\tau R}{s^3L\tau^2 + s^2L\tau + 2sR\tau + s^2L\tau + sL + 2R}$$

$$U_{22} = U_1 \cdot \frac{s\tau R}{s^3L\tau^2 + 2s^2L\tau + s(2R\tau + L) + 2R}$$

Mamy już dwa składniki, z których obliczamy całkowite napięcie wyjściowe U_2 .

$$U_2 = U_{21} \cdot \frac{s^2L\tau + sL + R}{s^3L\tau^2 + 2s^2L\tau + s(2R\tau + L) + 2R} + U_{22} \cdot \frac{s\tau R}{s^3L\tau^2 + 2s^2L\tau + s(2R\tau + L) + 2R}$$

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{s^2L\tau + sL + R + s\tau R}{s^3L\tau^2 + 2s^2L\tau + s(2R\tau + L) + 2R} = U_1 \cdot \frac{s^2L\tau + s(L + \tau R) + R}{s^3L\tau^2 + 2s^2L\tau + s(2R\tau + L) + 2R}$$

Transmitancja układu jest równa stosunkowi napięcia wyjściowego do wejściowego, a więc:

$$H(s) = \frac{U_2}{U_1} = \frac{s^2 L \tau + s(L + \tau R) + R}{s^3 L \tau^2 + 2s^2 L \tau + s(2R\tau + L) + 2R}$$

Otrzymaliśmy wyrażenie opisujące transmitancję układu. Właściwie można by zakończyć na tym działania, ale powyższy wzór nie jest zbyt czytelny, spróbujemy jeszcze coś z nim zrobić. Intuicja nakazuje podzielenie licznika i mianownika przez $s\tau + 1$. Czy ktoś jeszcze pamięta dzielenie wielomianów? Jeśli nie, to jest dobry moment do przypomnienia sobie. Najpierw licznik.

$$(s^2 L \tau + sL + s\tau R + R) : (s\tau + 1) = sL + R$$

$$\frac{-s^2 L \tau - sL + s\tau R + R}{\quad \quad \quad + s\tau R + R} \\ \frac{-s\tau R - R}{\quad \quad \quad}$$

Teraz dzielimy mianownik.

$$(s^3 L \tau^2 + 2s^2 L \tau + s2R\tau + sL + 2R) : (s\tau + 1) = s^2 L \tau + sL + 2R$$

$$\frac{-s^3 L \tau^2 - s^2 L \tau + s2R\tau + sL + 2R}{\quad \quad \quad s^2 L \tau + s2R\tau + sL + 2R} \\ \frac{-s^2 L \tau \quad \quad -sL}{\quad \quad \quad s2R\tau \quad \quad + 2R} \\ \frac{-s2R\tau \quad \quad -2R}{\quad \quad \quad}$$

Po podzieleniu licznika i mianownika transmitancji przez $s\tau + 1$ wyrażenie znacznie się uprościło i wygląda jak niżej:

$$H(s) = \frac{sL + R}{s^2 L \tau + sL + 2R}$$

Podzielmy jeszcze licznik i mianownik przez $2R$.

$$H(s) = \frac{\frac{1}{2} \left(s \frac{L}{R} + 1 \right)}{s^2 \frac{L}{2R} \tau + s \frac{L}{2R} + 1}$$

w równaniu pojawiły się kolejne dwie stałe czasowe:

$$\tau_2 = \frac{L}{R} \\ \tau_3 = \frac{L}{2R}$$

Transmitancja przyjmuje więc ostateczną postać:

$$H(s) = \frac{1}{2} \cdot \frac{(s\tau_2 + 1)}{s^2 \tau_3 \tau + s\tau_3 + 1}$$

Taka postać transmitancji pozwala już powiedzieć niemal wszystko o naszej piramidzie. Po pierwsze, dla prądu stałego i małych częstotliwości transmitancja jest równa $1/2$ (-6 dB), więc na wyjściu wystąpi

połowa napięcia wejściowego. Po drugie, mamy jedno zero i dwa bieguny, więc charakterystyka amplitudowa będzie miała jedno zagięcie do góry i dwa zagięcia na dół. Każde zagięcie powoduje zmianę nachylenia charakterystyki amplitudowej o 20 dB/dek do góry a dla zera tyle samo na dół. W szczególnym przypadku może wystąpić jeden podwójny biegun dla którego charakterystyka zagnie się o 40 dB/dek na dół. Będzie to zależało od wartości elementów. Warto więc sprawdzić jak wygląda charakterystyka naszego fizycznego układu.

Obliczenia układu

Dla podanych wcześniej wartości elementów policzmy najpierw stałe czasowe:

$$\tau = RC = 1 \cdot 100n = 10^{-7} s$$

$$\tau_2 = \frac{L}{R} = \frac{4,5\mu}{1} = 4,5 \cdot 10^{-6} s$$

$$\tau_3 = \frac{L}{2R} = \frac{4,5\mu}{2} = 2,25 \cdot 10^{-6} s$$

Częstotliwość zera charakterystyki amplitudowej jest równa:

$$f_z = \frac{1}{2\pi\tau_2} = \frac{1}{2 \cdot 3,14159 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6}} = 35,368 kHz$$

Do obliczenia częstotliwości biegunów trzeba rozwiązać równanie kwadratowe występujące w mianowniku transmitancji.

$$s^2 \tau_3 \tau + s\tau_3 + 1 = 0$$

$$\Delta = \tau_3^2 - 4\tau_3 \tau = (2,25 \cdot 10^{-6})^2 - 4 \cdot 2,25 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-7} = 4,163 \cdot 10^{-12}$$

$$\sqrt{\Delta} = \sqrt{4,163 \cdot 10^{-12}} = 2,04 \cdot 10^{-6}$$

$$s_1 = \frac{-\tau_3 - \sqrt{\Delta}}{2\tau_3 \tau} = \frac{-2,25 \cdot 10^{-6} - 2,04 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 2,25 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-7}} = -9533824$$

$$s_2 = \frac{-\tau_3 + \sqrt{\Delta}}{2\tau_3 \tau} = \frac{-2,25 \cdot 10^{-6} + 2,04 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 2,25 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-7}} = -466177$$

Częstotliwości biegunów są równe

$$f_{b1} = \frac{-s_1}{2\pi} = \frac{9533824}{2 \cdot 3,14159} = 1,517 MHz$$

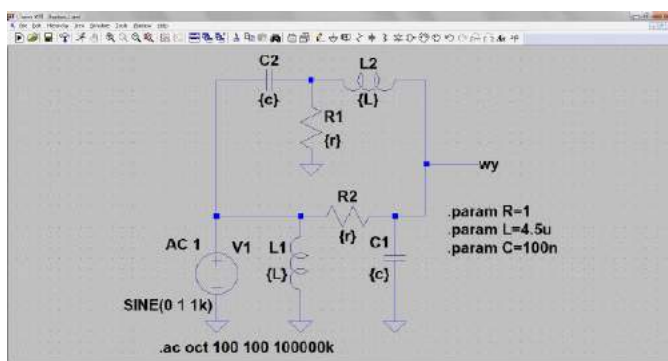
$$f_{b2} = \frac{-s_2}{2\pi} = \frac{466177}{2 \cdot 3,14159} = 74,194 kHz$$

Mamy już wszystko co jest potrzebne do naszkicowania charakterystyki amplitudowej. Wiemy, że zaczyna się ona od poziomu -6 dB i przebiega ze stałą wartością do najniższej częstotliwości charakterystycznej transmitancji. Jest nią częstotliwość zera równa 35,368 kHz. Od tego punktu charakterystyka zaczyna się wznosić z szybkością 20 dB/dek aż do częstotliwości pierwszego biegunu, czyli do 74,194 kHz. Tu następuje załamanie charakterystyki w dół, czyli zaczyna ponownie przebiegać poziomo. Dla częstotliwości drugiego biegunu (1,517 MHz) następuje kolejne załamanie w dół, więc charakterystyka zaczyna opadać z szybkością 20 dB/dek. Zanim zweryfikujemy obliczenia w symulatorze LTspice, naszkicujemy charakterystykę amplitudową naszej piramidy. Jej asymptotyczną postać pokazano na rysunku 5.

Weryfikacja obliczeń w symulatorze LTspice

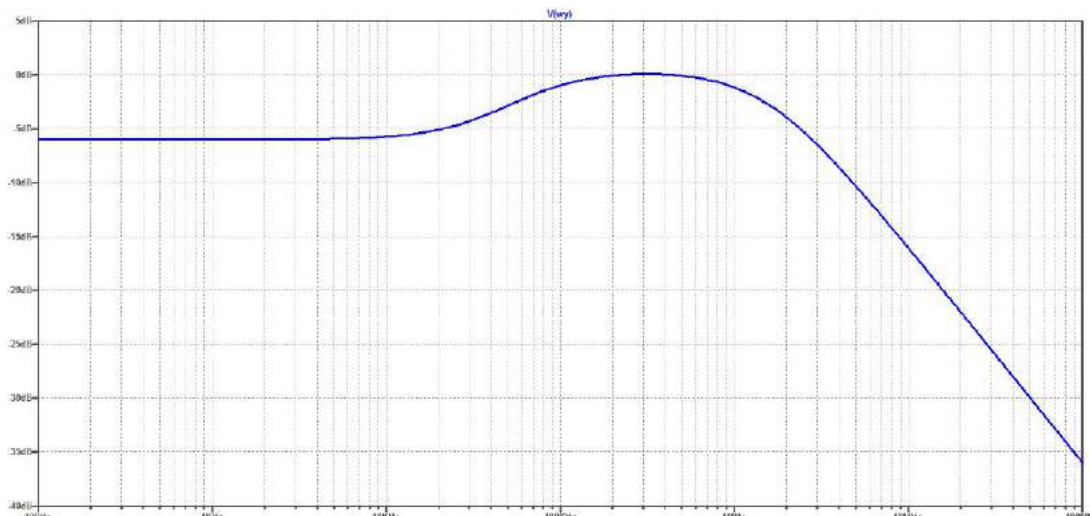
Nadeszła chwila prawdy. Sprawdzimy czy obliczenia były prawidłowe. Zawsze czuję w takich momentach duże podekscytowanie.

Zacniemy od bezpośredniej symulacji polegającej na narysowaniu w edytorze LTspice'a schematu piramidy, określeniu parametrów elementów i parametrów symulacji. Nasza przestrzenna piramida została oczywiście rozłożona na płaszczyźnie (rysunek 6), jej schemat jest więc taki sam, jakiego używaliśmy do obliczeń (rysunek 4). Wartości elementów określono parametrycznie, tak aby w razie konieczności można je było łatwo modyfikować. Do wejścia dołączamy źródło sygnału sinusoidalnego. Pamiętajmy, że do analizy częstotliwościowej

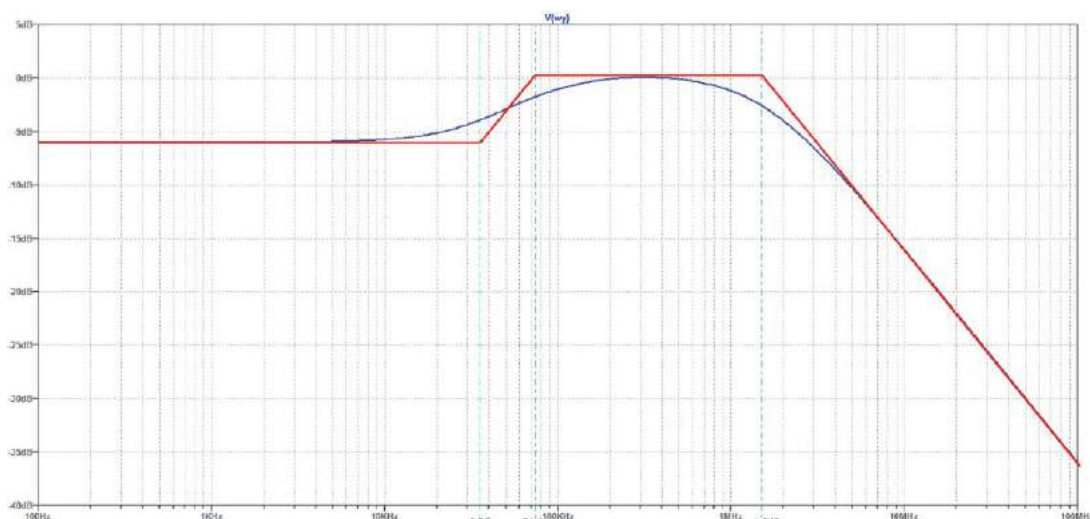


Rysunek 6. Schemat piramidy narysowany w edytorze LTspice'a

konieczne jest określenie parametru $AC=1$. Wszystko gotowe – uruchamiamy symulację. Po chwili ukazuje się gotowa charakterystyka amplitudowa i fazowa. Tę ostatnią wyłączamy (rysunek 7). Choć w pierwszej chwili może wydawać się, że charakterystyki nie są jednakowe, to jednak po nałożeniu jednej na drugą okazuje się, że są one poprawne. Różnice wynikają z przyjęcia charakterystyki asymptotycznej dla wykresu odrębnego (rysunek 8). Ponadto bliskość zer i biegunów transmitancji powoduje, że rzeczywista charakterystyka nie zawsze nadąża za asymptotą. Jest to dość dobrze widoczne na odcinku pomiędzy 100 kHz a 1 MHz, w którym wykres asymptotyczny wyraźnie przekracza poziom 0 dB, a rzeczywisty tylko nieznacznie, niemal niezauważenie.



Rysunek 7. Charakterystyka amplitudowa uzyskana w wyniku symulacji w programie LTspice

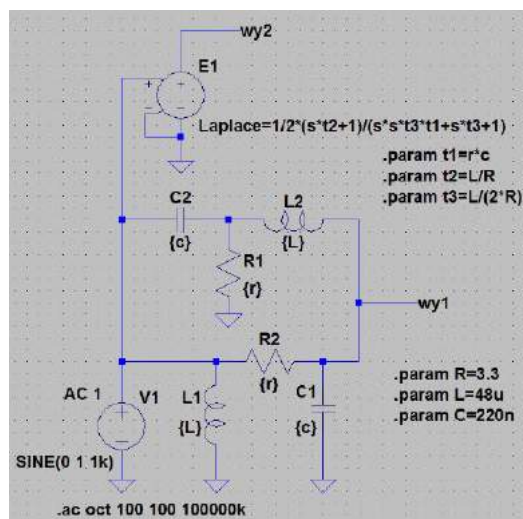


Rysunek 8. Porównanie charakterystyk asymptotycznej i dokładnej

Przekształcenie Laplace'a

Przeprowadzona symulacja potwierdziła, że nasze obliczenia transmitancji były poprawne. Gdyby tak nie było, odrębny wykres sporządzony na jej podstawie różniłby się od wykresu uzyskanego z symulacji. Wyznaczenie zer i biegunów transmitancji pozwala szybko i względnie prosto z grubsza oszacować przebieg charakterystyk częstotliwościowych rozpatrywanego układu. Na wykresach asymptotycznych nie są jednak widoczne łagodne załamania charakterystyk w okolicach zer i biegunów. Nie są też dokładnie widoczne wzajemne oddziaływania sąsiadujących ze sobą zer i biegunów. Aby wykreślić dokładną charakterystykę częstotliwościową należy punkt po punkcie przeliczyć odpowiedź układu na pobudzenie sygnałem sinusoidalnym. Transmitancja jest – można powiedzieć – matematycznym opisem rozpatrywanego układu elektronicznego, i dlatego może być używana do badania odpowiedzi dowolnego układu na dowolny sygnał wymuszający, nawet bardzo złożony. Do badania zachowywania się układów zawierających elementy reaktancyjne (indukcyjności, pojemności) konieczne są obliczenia liniowych równań różniczkowych zwyczajnych, co w szczególnych przypadkach wymaga wiedzy z zakresu matematyki wyższej i nie są to zadania łatwe. Rozwiązywanie takich zagadnień może być znacznie uproszczone przez zastosowanie transformaty Laplace'a przekształcającej równanie różniczkowe w równanie algebraiczne zawierające operator Laplace'a s . Skorzystaliśmy z tej metody obliczając transmitancję, a teraz pozostaje tylko obliczenie odpowiedzi układu na wymuszenie.

Już sama terminologia matematyczna może budzić strach i przeżenie, ale diabeł nie jest taki straszny jak go malują. Nie będziemy



Rysunek 9. Przygotowanie symulacji z zastosowaniem przekształcenia Laplace'a

na piechotę liczyć żadnych transformat czy rozwiązywać równań różniczkowych, zrobi to za nas symulator LTspice. Konieczne będzie jedynie przerysowanie schematu naszej piramidy do takiej postaci, która umożliwi zastosowanie standardowej funkcji matematycznej programu LTspice o nazwie Laplace. Aby móc porównać wyniki rozbudujemy schemat z rysunku 6 o źródło napięciowe sterowane napięciowo (rysunek 9). Jest ono oznaczone w bibliotece LTspice'a literką E. We właściwościach tego

źródła, w polu „Value” wpisujemy wyrażenie odpowiadające transmitancji układu, a więc:

$$\text{Laplace}=1/2*(s*t2+1)/$$

$$(s*s*t3*t1+s*t3+1)$$

Jak widać, występuje w nim operator Laplace'a oraz parametry t1, t2 i t3. Są to stałe czasowe odpowiednio τ , τ_2 i τ_3 z wcześniejszych obliczeń. Wejście sterujące „-” tego źródła jest dołączone do masy, a wejście „+” dołączamy do źródła sygnału wejściowego. Jak widać, do symulacji układu o znanej transmitancji nie są już potrzebne żadne dodatkowe elementy, uruchamiamy więc symulację AC Analysis i wskazujemy wyjście „wy2”. Na ekranie ukazuje się wykres do złudzenia przypominający ten z poprzedniej symulacji.

I w tym przypadku rozpatrujemy wyłączenie charakterystyk napięciową, fazową więc wyłączamy. Aby jednak mieć stuprocentową pewność, że wykresy są identyczne klikamy na wyjście „wy1”, dołączając tym samym przebieg wyjściowy naszej piramidy do wyniku końcowego. Wykresy idealnie nałożyły się na siebie, więc teraz już jesteśmy pewni, że obliczona transmitancja jest poprawna.

Sprawdzenie odpowiedzi na różne wymuszenia

Zgodnie z tym co już było powiedziane, znajomość transmitancji układu pozwala badać jego odpowiedź na różne wymuszenia, nie tylko sinusoidalne. Zobaczmy więc, jak nasza piramida odpowie na przykład na impuls prostokątny o amplitudzie 1 V, czasie narastania 10 μ s, czasie trwania 30 μ s, czasie opadania 20 μ s i okresie powtarzania 150 μ s? W tym celu definiujemy źródło napięcia wejściowego w postaci:

`PULSE(0 1 0 10u 20u 30u 150u)`

i uruchamiamy symulację TRAN 300u. Wyniki pokazano na **rysunku 10**. Na dolnym wykresie nałożono sygnały z wyjścia „wy1” i „wy2”. I w tym przypadku są one identyczne. W symulacji zastosowano dodatkową komendę zapewniającą zerowy prąd w obu indukcyjnościach w chwili początkowej. Są to polecenia:

`.ic i(L1)=0`

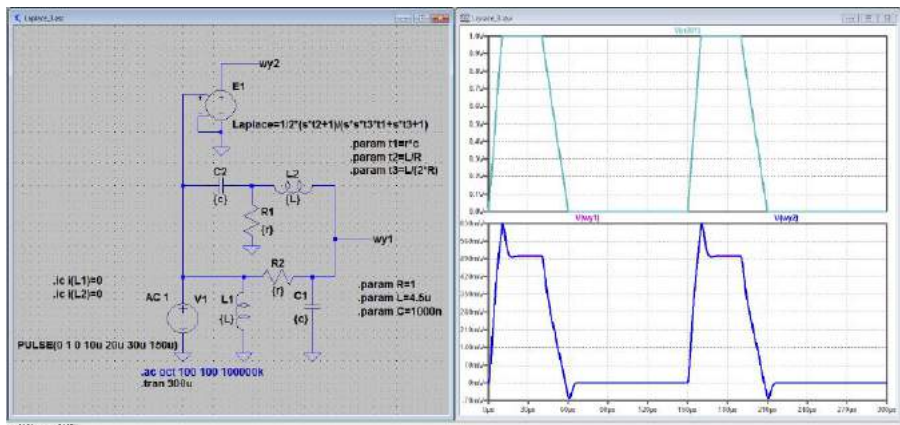
`.ic i(L2)=0`

Weryfikacja pomiarowa

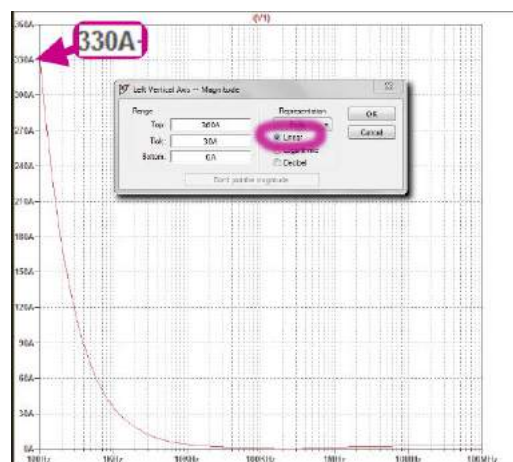
Tu niestety czeka nas przykra niespodzianka. Weryfikacji pomiarowej tym razem nie będzie. Dlaczego? Sprawdźmy, jaki będzie prąd pobierany ze źródła wejściowego w symulacji AC Analysis? Powracamy do schematu pomiarowego z rysunku 9, z tym że zamiast na wyjście klikamy na źródło V1. Uzyskujemy tym samym charakterystykę poboru prądu w funkcji częstotliwości, ale nie interesują nas zmiany względne, tylko wartości bezwzględne. Dlatego zmieniamy skalę pionową wykresu klikając na nią, a następnie wybierając opcję „Linear” (**rysunek 11**). Wszystko staje się jasne. Dla niskich częstotliwości prąd pobierany ze źródła V1 musiałby mieć natężenie rzędu dziesiątek, a nawet setek amperów (maksimum 330 A). To oczywiście wymagań przekraczających możliwości Analog Discovery 2. No cóż. Musimy się z tym pogodzić, ważne jest natomiast, że mamy świadomość, dlaczego pomiar jest niemożliwy.

Zagrożenia przy symulacjach z użyciem transmitancji

Pojęcie transmitancji jest dość szerokie. W zależności od metod analizy układu, nie tylko zresztą elektronicznego, można wyróżnić



Rysunek 10. Odpowiedź układu na pobudzenie impulsowe



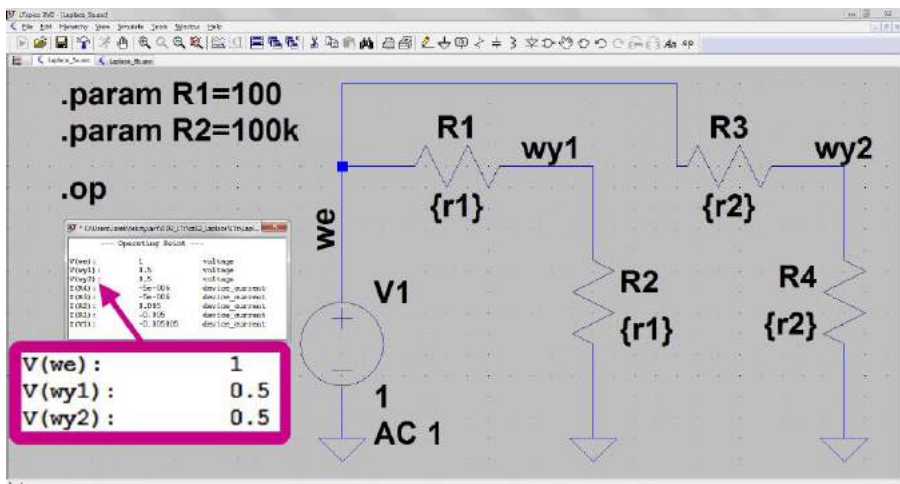
Rysunek 11. Symulowany pomiar prądu pobieranego ze źródła wymuszającego

$$U_{we} \rightarrow H_1(s) \rightarrow H_2(s) \rightarrow U_{wy}$$

$$H(s) = H_1(s) * H_2(s) = U_{wy}/U_{we}$$

Rysunek 12. Transmitancja wypadkowa połączenia kaskadowego czwórników

np. transmitancję operatorową czy widmową. Nie wdając się w szczególności przyjmijmy, że jest to funkcja opisująca zależność sygnału wyjściowego od wejściowego. Dysponując kilkoma czwórnikami o znanych transmitancjach można obliczyć np. wypadkową transmitancję kaskadowego ich połączenia, co jest częstym przypadkiem spotykanym w praktyce (**rysunek 12**). Jest ona równa iloczynowi



Rysunek 13. Wyznaczenie transmitancji dwóch czwórników – dzielników rezystorowych

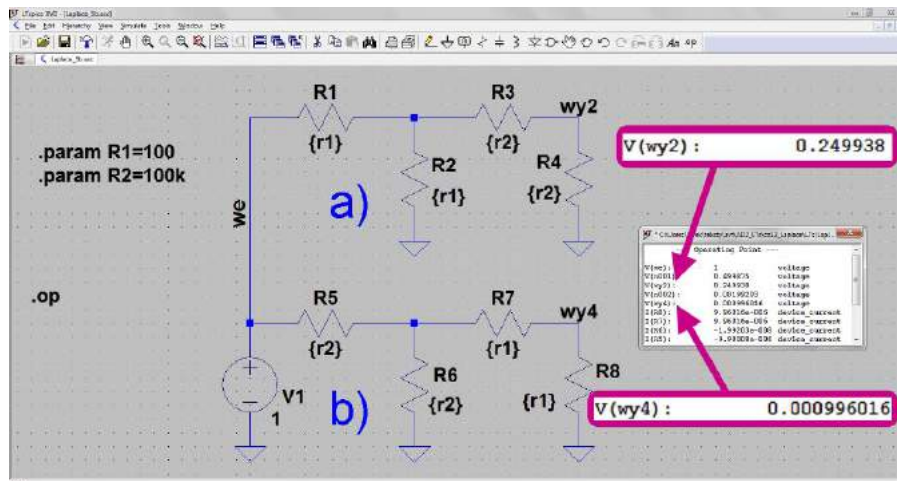
transmitancji poszczególnych czwórników. Dla układu z rysunku 12 transmitancja wypadkowa będzie równa $H(s)=H_1(s)*H_2(s)$. Ale uwaga: transmitancja każdego czwórnika jest liczona przy założeniu, że nie jest on niczym obciążony. W układzie z rysunku 12 oznacza to, że oporność wejściowa czwórnika o transmitancji $H_2(s)$ musi być wielokrotnie wyższa niż oporność wyjściowa poprzedzającego czwórnika $H_1(s)$.

Sprawdźmy to dla przykładu czwórników tworzących rezystorowe dzielniki napięciowe. Pierwszy składa się z rezystorów 100 Ω , drugi ma rezystory 100 k Ω (rysunek 13). Transmitancje tych czwórników są równe:

$$H_1(s) = \frac{r_1}{r_1 + r_1} = \frac{100}{100 + 100} = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$H_2(s) = \frac{r_2}{r_2 + r_2} = \frac{100k}{100k + 100k} = \frac{1}{2} = 0,5$$

Przy połączeniu kaskadowym czwórników transmitancja powinna być równa $H(s)=0,5*0,5=0,25$. Sprawdźmy to dołączając czwórnik z rezystorami $r_2=100$ k Ω do czwórnika z rezystorami $r_1=100$ Ω (rysunek 14a), a następnie zamieniając kolejność czwórników (rysunek 14b).



Rysunek 14. Wpływ kolejności połączenia czwórników na transmitancję wypadkową

W pierwszym przypadku rzeczywiście uzyskaliśmy wynik bliski 0,25 – dokładnie 0,249938, ale w drugim napięcie wyjściowe stanowi zaledwie 0,000996016 napięcia wejściowego (sic!). Na takie detale warto zwracać uwagę podczas analizy układów elektronicznych, gdyż uzyskiwane wyniki mogą czasami wprowadzać nas w zakłopotanie. A w kolejnym odcinku wrócimy do metod Monte Carlo.

Jarosław Doliński, EP

KAP

Dzięki uprzejmości firmy Farnell, mamy dla czytelników EP płytkę ewaluacyjną Arduino Uno, wyposażoną w mikrokontroler ATmega328. Płytkę ma 14 wejść/wyjść cyfrowych (z których 6 może być wykorzystanych jako wyjścia PWM), 6 wejść analogowych, złącze USB, złącze zasilające i wszystkie elementy potrzebne do rozpoczęcia pracy z mikrokontrolerem. Dzięki wgraniu bootloadera, do programowania nie jest potrzebny zewnętrzny programator. Jednak najważniejszą cechą płytek rodziny Arduino jest ich kompatybilność ze środowiskiem Arduino IDE. Dzięki temu mnóstwo modułów i liczne biblioteki mogą być w łatwy sposób uruchamiane na płytkach ewaluacyjnych.

Podstawowe cechy zestawu:

- mikrokontroler ATmega328,
- 14 cyfrowych pinów I/O (w tym 6 z PWM) oraz 6 wejść analogowych,
- pamięć Flash 16 kB, z czego 2 kB wykorzystywane jest przez bootloader,
- SRAM 2 kB, EEPROM 1 kB,
- częstotliwość taktowania 16 MHz,
- zasilanie poprzez USB lub za pomocą zewnętrznego zasilacza.

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

Członkiem KAP może stać się każdy, kto zgłosi chęć przetestowania próbki. Wykaz i krótki opis próbek, którymi dysponuje redakcja EP, można znaleźć na stronie <http://ep.com.pl/nawosci/kap>. Wystarczy wybrać próbkę i zaplanować jej zastosowanie. Następnie należy wysłać wiadomość poprzez formularz kontaktowy, dostępny również na wspomnianej stronie, z prośbą o przesłanie bezpłatnej próbki, opisując swój pomysł oraz podając dane do wysyłki.

Mile widziane, choć nieobowiązkowe, jest też przystanie do redakcji EP opisu wykonanej aplikacji próbek. Najciekawsze opisy opublikujemy na naszej stronie <http://ep.com.pl> lub na łamach „Elektroniki Praktycznej”.

Z uwagi na ograniczoną liczbę dostępnych próbek i niemałe zainteresowanie nimi, warto opisać swój pomysł na projekt na naszym forum internetowym, w dziale poświęconym Klubowi Aplikantów Próbek <http://bit.ly/2qeN28e>. Ponadto, by dodatkowo zwiększyć swoje szanse należy polubić fanpage „Elektroniki Praktycznej” na Facebooku (<http://bit.ly/2WygF09>) oraz udostępnić post, w którym opisujemy rozdawane próbki.





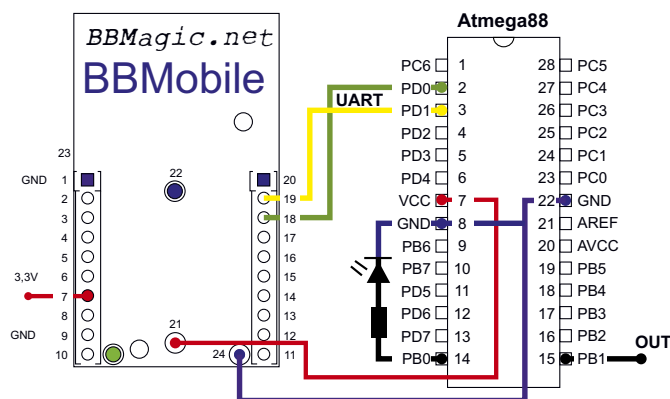
Jak napisać aplikację mobilną poprzez UART (4)

W kolejnej części artykułu BBMobile, zajmiemy się oprogramowaniem mikrokontrolera, będącego sercem sterownika „REMOTE SWITCH”. Zbudujemy uniwersalną strukturę programu, która nieznacznie zmodyfikowana pozwoli zrealizować wiele nowych, ciekawych i użytecznych urządzeń sterujących: włączników czasowych, termostatów, sterowników kolektorów słonecznych i bojlerów, włączników z opóźnionym startem, sterowników wentylatorów itp. Wszystkie te urządzenia łączy wspólny element: bezprzewodowy interfejs użytkownika na ekranie urządzenia mobilnego.

Hardware projektu

Sterownik „REMOTE SWITCH” składa się z trzech głównych elementów: mikrokontrolera sterującego, modułu BBMobile (most rozpięty pomiędzy interfejsem UART kontrolera, a interfejsem użytkownika na ekranie smartfona) oraz wykonawczego układu mocy. Jako układ programowalny wybrano chip ATmega88. Może go zastąpić dowolny inny kontroler wyposażony w port UART, z co najmniej 8 kB pamięci programu i 2 kB pamięci RAM (co nie powinno sprawić większych problemów).

Schemat układu prezentuje rysunek 1. Komunikacja szeregową pomiędzy mikrokontrolerem a modułem BBMobile, odbywa się dwoma liniami portu UART (PD.0 i PD.1 kontrolera). Obydwa komponenty zasilane są tym samym napięciem o wartości 3,3 V, które dołączone jest do pinów 7 i 8 modułu BBMobile. Zasilanie dla ATmega88 pobierane jest natomiast z pinów 21 i 24. Do pinu PB.0 kontrolera podłączono diodę sygnalizującą stan pracy sterownika, a do pinu PB.1 należy dołączyć wspomniany



Rysunek 1. Schemat układu „REMOTE SWITCH”

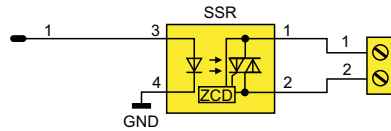
wykonawczy układ mocy. W zależności od zastosowania sterownika, może to być przekaźnik półprzewodnikowy SSR lub układ wykonawczy z triakiem (rysunek 2), tranzystor mocy (rysunek 3) lub przekaźnik mechaniczny (rysunek 4). Do złącza śrubowego podłączamy sterowane urządzenie, a wejście układu wykonawczego podpinamy do PB.1 mikrokontrolera.

Biblioteka bbbmobile_lib

Obsługa modułu BBMobile została zaimplementowana w dedykowanej bibliotece, której kod źródłowy dostępny jest w witrynie bbmagic.net. Składa się z dwóch plików: `bbmobile_uart04.c` i `bbmobile_lib04.c`. Pierwszy plik zawiera funkcje obsługujące hardware portu szeregowego mikrokontrolera. Wymaga edycji w przypadku chęci zastosowania biblioteki z innym chipem. Dostosować należy zmienną kompilatora `UART_DATA_REG` (definiuje nazwę rejestru danych UART) oraz dwie funkcje:

`bbmobile_uart_init`, konfigurując sterownik UART i `bbmobile_uart_tx_wait_free`, oczekując na możliwość wysłania kolejnego znaku UART-em. Drugi

Rysunek 2. Przekaznik SSR



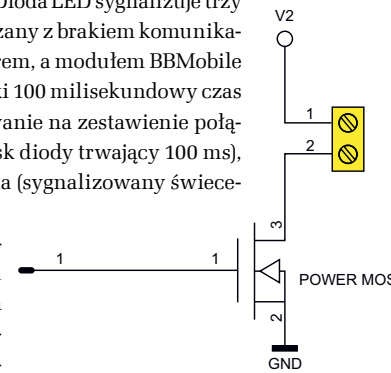
z plików zawiera funkcje obsługujące moduł BBMobile oraz stworzony interfejs mobilny i nie wymaga edytowania. W tabeli 1 zostały zestawione funkcje biblioteki wraz z ich krótkim opisem.

Funkcjonalność projektu

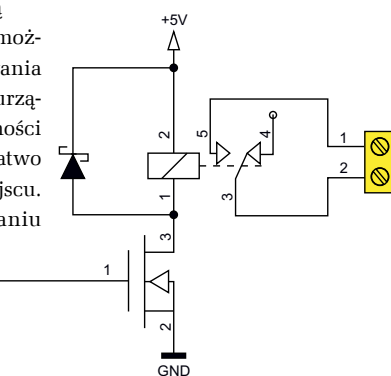
Demonstracyjny projekt „REMOTE SWITCH” umożliwia zdalne załączanie i wyłączanie dowolnego sprzętu elektronicznego, przy pomocy urządzenia mobilnego (smartfon, tablet). Dostęp do sterowania zabezpieczony będzie kodem PIN. Dioda LED sygnalizuje trzy stany sterownika: błąd związany z brakiem komunikacji pomiędzy mikrokontrolerem, a modułem BBMobile (długi okres świecenia i krótki 100 milisekundowy czas wygaszenia LED-u), oczekiwanie na zestawienie połączenia Bluetooth (krótki błysk diody trwający 100 ms), stan zestawionego połączenia (sygnalizowany świeceniem diody).

Na bazie tego projektu możliwe jest zbudowanie wielu ciekawych i użytecznych urządzeń. Poza prostotą tworzenia estetycznych wizualnie interfejsów użytkownika. Dodatkową funkcjonalnością projektów z BBMobile jest możliwość zdalnego konfigurowania i odczytywania parametrów urządzenia. Nie ma już konieczności instalowania sterownika w łatwo dostępnym i widocznym miejscu. Można zapomnieć o sięganiu do pokręteł i przycisków sterujących na panelu oraz wyrażaniu wzroku, by odczytać wskazania.

Rysunek 3. Tranzystor mocy



Rysunek 4. Przekaznik mechaniczny



Rysunek 5. Skanowanie w poszukiwaniu urządzeń



Rysunek 6. Funkcje biblioteki BBMobile

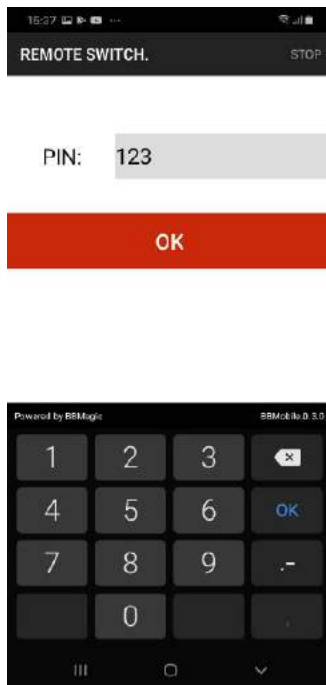
Wystarczy uruchomić aplikację i wszystko czego potrzebujemy, wyświetlone będzie na kolorowym ekranie.

Projekt programu sterującego

Struktura programów dla mikrokontrolerów korzystających z modułu BBMobile, jest dość podobna. Wynika to ze sposobu użytkowania urządzeń z mobilnym interfejsem. Użytkownik wykonuje czynności, których obsługa jest zaimplementowana w kontrolerze sterującym tj. włączenie aplikacji BBMobile i uruchomienie skanowania w poszukiwaniu dostępnych peryferii (rysunek 5), zestawienie połączenia z wybranym z listy urządzeniem (rysunek 6), wprowadzenie kodu PIN umożliwiającego dostęp jeśli jest wymagany (rysunek 7), odczytywanie wartości i wprowadzanie zmian parametrów lub sterowanie urządzeniem (rysunek 8).

Program sterujący można podzielić na trzy intuicyjne bloki funkcjonalne: inicjalizację kontrolera i konfigurację wszystkich układów peryferyjnych wraz z modułem BBMobile (aby ten był gotowy do przyjęcia nadchodzących połączeń), oczekiwanie na zestawienie połączenia Bluetooth (a gdy to nastąpi stworzenie interfejsu użytkownika na ekranie), współpraca z interfejsem aż do chwili zamknięcia połączenia (obsługiwanie żądań i wysyłanie komend sterujących). Dwa ostatnie bloki wykonywane są w nieskończonej pętli, ponieważ po zamknięciu aktywnego połączenia, sterownik musi oczekiwać na zestawienie kolejnego i realizację nowych zadań.

Tabela 1. Funkcje biblioteki bbmobile		
Funkcja	Opis	Przykład użycia
<code>bbmobile_check_ble_conn</code>	Sprawdza czy bezprzewodowe połączenie z urządzeniem mobilnym jest zestawione.	<code>con = bbmobile_check_ble_conn();</code>
<code>bbmobile_is_data</code>	Sprawdza czy nadeszły nowe dane od aplikacji mobilnej. Jeśli nadeszły, to funkcja zwraca wartość różną od zera, a dane znajdują się w buforze <code>bbm_buf[]</code> .	<code>if(bbmobile_is_data())</code>
<code>bbmobile_send_json</code>	Wysyła do aplikacji mobilnej opis struktury interfejsu w postaci kodu JSON.	<code>bbmobile_send_json(json_switch);</code>
<code>bbmobile_send_2chip_ack</code>	Wysyła komendę do modułu BBMobile i oczekuje na odpowiedź: >OK lub >ERR. Wykorzystywana do ustawiania parametrów modułu.	<code>bbmobile_send_2chip_ack("<hello\r\n");</code>
<code>bbmobile_send_2app_ack</code>	Wysyła komendę do aplikacji i oczekuje na odpowiedź: \$ok lub \$nok. Służy do komunikacji z interfejsem użytkownika.	<code>bbmobile_send_2app_ack("\$set,t1:te=\"-- ON --\"tc=\"0,150,0\"r\n");</code>
<code>bbmobile_send_dec_2app</code>	Przesyła do interfejsu liczbę <code>uint16_t</code> w postaci dziesiętnej.	<code>bbmobile_send_dec_2app(licznik,0);</code>
<code>bbmobile_send_sigdec_2app</code>	Przesyła do interfejsu liczbę <code>int16_t</code> w postaci dziesiętnej ze znakiem.	<code>bbmobile_send_sigdec_2app(napiecie,0);</code>
<code>bbmobile_send_hex_2app</code>	Przesyła do interfejsu bajt w postaci szesnastkowej. Służy do prezentacji danych w formie hex.	<code>bbmobile_send_hex_2app(hex_data);</code>
<code>cmp_flash_ram_bytes</code>	Porównuje określoną liczbę znaków w buforze z podanym wzorcem. Wykorzystywana do walidacji komunikatów pochodzących z interfejsu użytkownika.	<code>if(cmp_flash_ram_bytes("\$by,b1", bbm_buf, 6))</code>



Rysunek 7. Wprowadzanie pinu



Rysunek 8. Interfejs sterujący

Program sterujący – inicjalizacja

Na **listingu 1** został pokazany kod inicjujący sterownik „REMOTE SWITCH”. Linie od 55...58 konfiguruje porty mikrokontrolera, zgodnie z opisanym powyżej przeznaczeniem. W stanie początkowym sterowane urządzenie jest wyłączone, a flaga `pk_state` wyzerowana, o czym decydują linie 60 i 61. W linii 64 konfigurowany jest port UART do pracy z prędkością 9600 bps, przy wewnętrznym zegarze kontrolera 1 MHz. Linia 66 włącza obsługę przerw, co jest niezbędne do poprawnej pracy biblioteki BBMobile.

Pętla rozpoczynająca się od linii 69 sprawdza czy komunikacja pomiędzy kontrolerem a modulem, działa w sposób niezakłócony. W tym celu wysyłana jest komenda `<hello>` na którą poprawnie działający BB-Mobile odpowiada pozdrowieniem `>HI`. Zwróćmy uwagę, że każdy obieg pętli powoduje przygaśnięcie diody na 100 ms, co pozwala zidentyfikować ewentualny problem braku komunikacji pomiędzy modulem, a kontrolerem. Dłuższy okres świecenia diody z krótkimi przygaśnięciami, sygnalizuje właśnie ten problem. Dopiero gdy funkcja `bbmobile_send_2chip_ack("<hello\r\n")` zwróci wartość różną od zera, pętla zostaje przerwana, a w linii 77 definiowana jest nazwa urządzenia, która widoczna będzie na ekranie urządzenia mobilnego podczas skanowania. Kod dostępu do sterownika ustawiony jest wywołaniem kolejnej funkcji w linii 80, a jej pominięcie spowoduje, że „REMOTE SWITCH” nie będzie zabezpieczony hasłem.

Program sterujący – nieskończona pętla główna

Na **listingu 2** pokazano nieskończoną główną pętlę programu, która realizuje: oczekiwanie na zestawienie połączenia, wysłanie kodu

Listing 1. Inicjalizacja programu

```
48 //=====
49 //-MAIN
50 //=====
51 int main(void)
52 {
53     uint8_t i, pk_state ;
54
55     DDRB = 0b00000011 ;
56     PORTB = 0b00000011 ;
57     DDRD = 0b00000010 ;
58     PORTD = 0b00001111 ;
59
60     PK_OFF ;
61     pk_state = 0 ;
62
63     //bbmobile_uart_init((uint16_t)(F_CPU/(9600*161)-1)) ;
64     //UBRR reg with double UART speed -> 9600bps
65     bbmobile_uart_init(12) ;
66
67     sei() ; //-enable interrupts
68
69     //-wait for BBMobile module answer
70     do
71     {
72         //-it takes about 500ms if timeout
73         if( bbmobile_send_2chip_ack("<hello\r\n") == 0 )
74             break ;
75         LED_OFF ; bbmobile_wait_ms(100) ; LED_ON ;
76     }while(1) ;
77
78     //-set Bluetooth device name
79     i = bbmobile_send_2chip_ack("<name,REMOTE SWITCH\r\n") ;
80
81     //-set PIN
82     i = bbmobile_send_2chip_ack("<pin,123\r\n") ;
```

JSON budującego interfejs użytkownika (po otwarciu kanału komunikacyjnego), aktualizację kontrolki interfejsu, obsługę interfejsu (reakcję na żądania użytkownika aż do chwili zamknięcia połączenia Bluetooth).

Przyjrzyjmy się jak poszczególne zadania zostały zrealizowane przy użyciu zasobów biblioteki `bbmobile_lib`. Pierwsza pętla mająca swój początek w linii 85, używa funkcji `bbmobile_check_ble_conn()` do sprawdzania stanu połączenia z aplikacją mobilną. Pulsująca dioda zaświecana jest w tym stanie na 100 ms, co sygnalizuje poprawną pracę sterownika i oczekiwanie na nadchodzące połączenie. Jeżeli kanał komunikacyjny z aplikacją mobilną zostanie otwarty, dioda świeci na stałe. Funkcja `bbmobile_send_json(-json_switch)` wyśle kod opisujący strukturę interfejsu, zawarty w tablicy `json_switch`. Na **listingu 3** widoczna jest definicja

Listing 2. Nieskończona pętla

```
82 for(;;) //do it forever
83 {
84     //-wait for BLE connection
85     while( bbmobile_check_ble_conn() == 0 )
86     {
87         LED_OFF ; bbmobile_wait_ms(900) ;
88         LED_ON ; bbmobile_wait_ms(100) ;
89     } ;
90
91     //-send JSON structure to build mobile interface
92     bbmobile_send_json(json_switch) ;
93
94     //-update status
95     if(pk_state) //-if switch is on
96         bbmobile_send_2app_ack("$set,t1:te=\"-- ON --\"tc=\"0,150,0\"r\n") ;
97     else //-if switch is off
98         bbmobile_send_2app_ack("$set,t1:te=\"-- OFF --\"tc=\"255,255,255\"r\n") ;
99
100     //-play with interface
101     while(bbmobile_check_ble_conn()) //-until BLE connection is established
102     {
103         if( bbmobile_is_data() ) //-if there is new data from BBMobile
104         {
105             if(cmp_flash_ram_bytes("$by,b1", bbm_buf, 6)) //-if ON button is pressed
106             {
107                 PK_ON ;
108                 pk_state = 1 ;
109                 bbmobile_send_2app_ack("$set,t1:te=\"-- ON --\"tc=\"0,150,0\"r\n") ;
110             }else if(cmp_flash_ram_bytes("$by,b2", bbm_buf, 6)) //-if OFF button is pressed
111             {
112                 PK_OFF ;
113                 pk_state = 0 ;
114                 bbmobile_send_2app_ack("$set,t1:te=\"-- OFF --\"tc=\"255,255,255\"r\n") ;
115             }
116             bbmobile_rx_enable() ; //-enable rec new data from BBMobile
117         }
118     } ;
119     //-BLE connection is closed
120     LED_OFF ;
121 }
122
123 return(0) ;
124 }
```

Listing 3. Konfiguracja programu z pliku JSON

```

13 #include <avr/pgmspace.h>
14 #include <avr/io.h>
15 #include <avr/interrupt.h>
16
17 #include "bbmobile_lib04.c"
18
19 #define LED_PORT          PORTB
20 #define LED_PIN          0
21 #define LED_ON           LED_PORT |= (1<<LED_PIN)
22 #define LED_OFF          LED_PORT &= ~(1<<LED_PIN)
23
24 #define PK_PORT          PORTB
25 #define PK_PIN          1
26 #define PK_ON           PK_PORT |= (1<<PK_PIN)
27 #define PK_OFF          PK_PORT &= ~(1<<PK_PIN)
28
29
30 //JSON structure - mobile interface definition
31 const char json_switch[] PROGMEM = "{\"ty\":\"lout\", \"or\":\"V\", \"img\":\"1\", \"cs\":[
32 {\"ty\":\"TextView\", \"te\":\"REMOTE SWITCH\", \"tc\":\"255,255,255\", \"ts\":\"30\", \"w\":\"1\",
33 {\"ty\":\"TextView\", \"te\":\"Kontroluj zdalnie z Bluetooth Low Energy\", \"tc\":\"174,174,174\", \"ts\":\"20\", \"w\":\"1\",
34 {\"ty\":\"TextView\", \"te\":\"ON\", \"tc\":\"255,255,255\", \"ts\":\"35\", \"t1\":\"bold\", \"w\":\"1\",
35 {\"ty\":\"Button\", \"te\":\"b1\", \"te\":\"ON\", \"tc\":\"255,255,255\", \"bg\":\"3,96,164\", \"ts\":\"25\",
36 {\"ty\":\"Button\", \"te\":\"b2\", \"te\":\"OFF\", \"tc\":\"255,255,255\", \"bg\":\"0,62,120\", \"ts\":\"25\",
37 {\"ty\":\"TextView\", \"w\":\"3\"}]]}";

```

Listing 4. Kod opisujący layout aplikacji

```

{
  "ty":"lout",
  "or":"V",
  "img":"1",
  "cs":[
    {
      "ty":"TextView",
      "te":"REMOTE SWITCH",
      "tc":"255,255,255",
      "ts":"30",
      "w":"1"
    },
    {
      "ty":"TextView",
      "te":"Kontroluj zdalnie z Bluetooth Low Energy",
      "tc":"174,174,174",
      "ts":"20",
      "w":"1"
    },
    {
      "ty":"TextView",
      "n":"t1",
      "te":"-- OFF --",
      "tc":"255,255,255",
      "ts":"35",
      "t1":"bold",
      "w":"1"
    },
    {
      "ty":"Button",
      "n":"b1",
      "te":"ON",
      "tc":"255,255,255",
      "bg":"3,96,164",
      "ts":"25"
    },
    {
      "ty":"Button",
      "n":"b2",
      "te":"OFF",
      "tc":"255,255,255",
      "bg":"0,62,120",
      "ts":"25"
    },
    {
      "ty":"TextView",
      "w":"3"
    }
  ]
}

```

tablicy, zapisanej w pamięci programu. Jest to zaimplementowany przez nas kod JSON z listingu 4, który przygotowany był na etapie projektowania interfejsu w poprzednich częściach kursu. Tutaj został nieco zoptymalizowany pod kątem zajmowanego w pamięci miejsca. Ponadto, aby możliwa była kompilacja kodu wszystkie znaki " zostały escapeowane – zastąpione przez \".

Po zbudowaniu interfejsu, następuje uaktualnienie parametrów kontrolki. W sterowniku „REMOTE SWITCH” konieczny jest update tekstu informującego o aktualnym stanie wysterowania (urządzenie włączone lub urządzenie wyłączone). Kod w liniach 95...98 sprawdza stan flagi `pk_state` i wysyła do interfejsu za pomocą funkcji `bbmobile_send_2app_ack()` odpowiednią komendę, która wyświetli biały napis `OFF` lub czerwony `ON`.

Interfejs na ekranie jest wyświetlony i zaktualizowany, a program zostaje zamknięty w kolejnej pętli, która wykonywana będzie dopóki radiowe połączenie z aplikacją jest otwarte (linia 101). W pętli tej sprawdzamy cyklicznie, czy nadeszły nowe dane od interfejsu (linia 104). Jeśli tak, to reagujemy w zależności od odebranego komunikatu: włączamy sterowane urządzenie, gdy użytkownik dotknął guzika b1 (`if(cmp_flash_ram_bytes("$by,b1", bbm_buf, 6))`) i wyłączamy, gdy dotknął b2 (`else if(cmp_flash_ram_bytes("$by,b2", bbm_buf, 6))`). Za każdym razem aktualizujemy wartość flagi `pk_state` oraz parametry kontrolki `TextView`, wyświetlającej aktualny stan – napis i jego kolor w kontrolce `t1`. Funkcja `cmp_flash_ram_bytes("$by,b2", bbm_buf, 6)` porównuje

sześć bajtów znajdujących się w buforze `bbm_buf` w pamięci RAM, z ciągiem podanym jako pierwszy argument funkcji. Jeśli ciągi znaków są różne, funkcja zwraca wartość zero, w przeciwnym wypadku jeden.

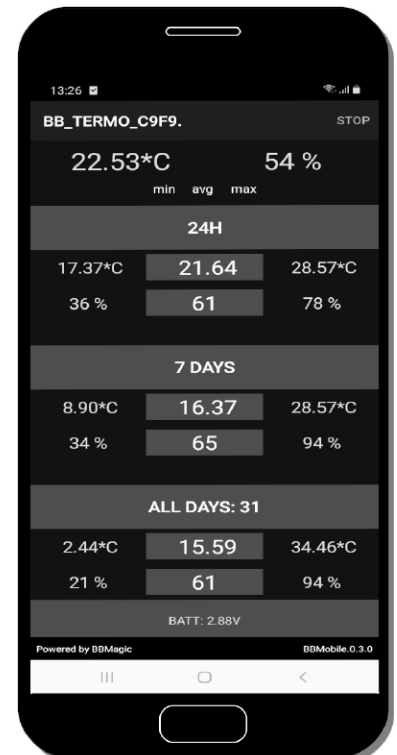
Krytyczna linia kodu 116 wywołująca funkcję `bbmobile_rx_enable()`, umożliwia odbieranie kolejnych komunikatów poprzez port UART. Bez jej wywołania, reagowanie na kolejne komendy płynące z interfejsu użytkownika byłoby niemożliwe, co spowodowałoby wrażenie zawieszenia się urządzenia.

Po dotknięciu przycisku „STOP” na ekranie interfejsu aplikacji mobilnej, połączenie Bluetooth zostanie zamknięte, a funkcja `bbmobile_check_ble_conn()` w linii 101 zwróci wartość zero. Spowoduje to zakończenie wykonywania pętli zawartej w liniach 101...118. Program wróci do linii 85 i ponownie rozpocznie oczekiwanie na kolejne połączenie, mrugając diodą LED.

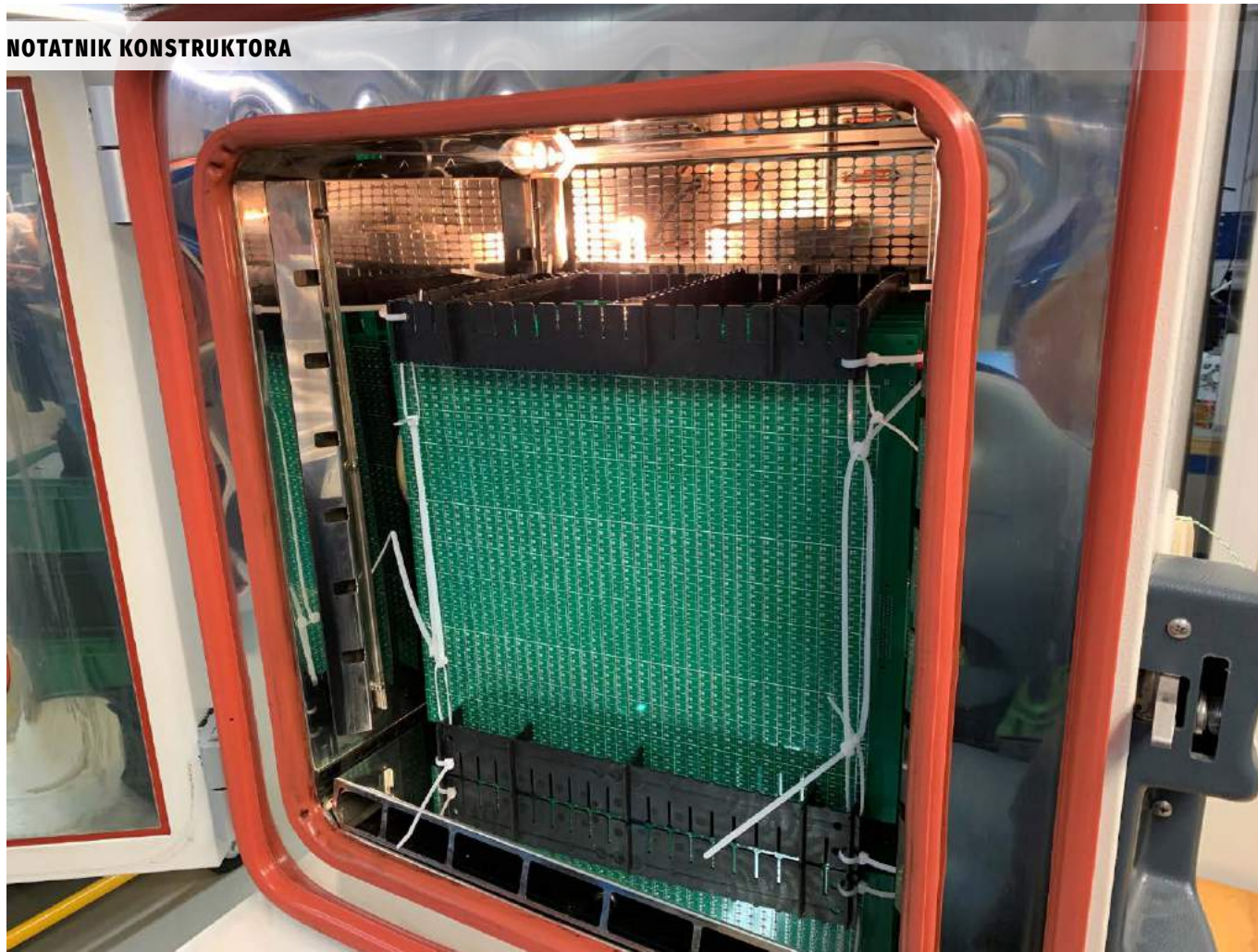
Ewolucja

Ponieważ kod źródłowy projektu jest ogólnodostępny w witrynie `bbmagic.net`, a jego budowa jest prosta i przejrzysta, to z łatwością można poddać go modyfikacji, rozbudowując funkcjonalność, bądź całkowicie ją zmieniając. Aby stworzyć nowy interfejs użytkownika wystarczy zmienić zawartość tablicy z listingu 3. Można zmienić zabezpieczający kod PIN, edytując argument funkcji w linii 80 lub usunąć go, pomijając jej wywołanie. Zaprogramować reakcje na naciśnięcie kolejnych button-ów, możemy dodając kolejne warunki, rozpoczynając od linii 115. W ten sposób, w ciągu kilkunastu minut może powstać całkowicie nowy projekt, z interfejsem mobilnym na ekranie smartfona, jak na przykład na rysunku 9.

Mariusz Żądło
iram@poczta.onet.pl



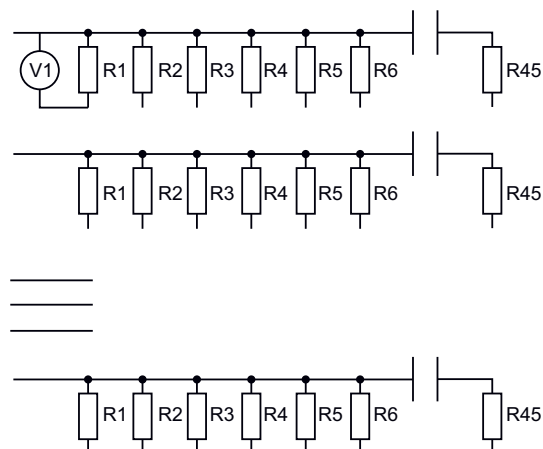
Rysunek 9. Przykład innego zastosowania biblioteki BBMobile



Pomiar degradacji rezystorów po zastosowaniu profilu termicznego

Pojęcie starzenia się komponentów elektronicznych jest powszechnie znane. Niestety bardzo niewiele informacji można znaleźć na ten temat w Internecie, artykułach czy nawet u źródła, czyli u producentów komponentów elektronicznych. Zaprojektowanie dobrego układu elektronicznego wymaga gruntownej znajomości elektroniki lecz niewielu projektantów zastanawia się nad tym jak poszczególne komponenty użyte w układzie będą zmieniały swoje charakterystyki w czasie.

Mamy świadomość zjawiska starzenia się komponentów elektronicznych mając na myśli przede wszystkim kondensatory elektrolityczne, lecz ten proces dotyczy także innych komponentów, takich jak rezystory, diody, itd. By dowiedzieć się jaki wpływ na wartość rezystancji rezystorów ma ich czas życia, przeprowadzono obliczenia, wsparte testami laboratoryjnymi. Do analizy zastosowano metodę starzenia komponentów poprzez ich przechowywanie w ustalonych temperaturach przez ustalony czas.



Rysunek 1. Schemat połączeń na płytce i sposób pomiaru rezystancji

Serię rezystorów poddano symulacji w komorze termicznej, odpowiadającej pracy elementów przez 10 lat. Do obliczenia warunków symulacji zastosowano szereg obliczeń i założeń. Profil

temperatury jest obliczany dla symulacji 2 zmian temperatury dziennie, w przeciągu 10 lat. Analiza obejmuje samonagrzewanie części i możliwy wzrost temperatury poszczególnych elementów – zakłada się, że temperatura oporników jest utrzymywana w najgorszych warunkach.

Obliczony cykl temperaturowy został zbudowany na podstawie modelu Coffina-Mansona oraz modelu Arrheniusa. Na podstawie tych modeli obliczono, że test zawiera 183 cykle, czyli musi trwać blisko 23 dni nieprzerwanie. Każdy cykl jest podzielony na dwa stany: niski i wysoki. Niski cykl trwa 35 minut w temperaturze -40°C , a cykl wysoki trwa 146 minut w 140°C . Testowi poddano partię 1000 sztuk rezystorów o wartości $10\text{ k}\Omega$ firmy PANASONIC z serii ERJ3EKF, 1%, obudowa SMD0603. Zestaw testowy został zaprezentowany na **fotografii 1**. Test został przeprowadzony na specjalnie zaprojektowanych płytkach PCB, które pozwalały na pomiar rezystancji, tak jak pokazano na **rysunku 1**.

Po symulacji w komorze termicznej przeprowadzono analizę statystyczną. Obliczono, że 96,8% badanych elementów zwiększyła wartość rezystancji. Rozkład liczby zmian rezystancji przedstawia **rysunek 2**. Uzyskane wyniki średnie i trendy wskazują, że zmiana rezystancji rezystorów jest zauważalna, ale bardzo nieznaczna (**tabela 1**).

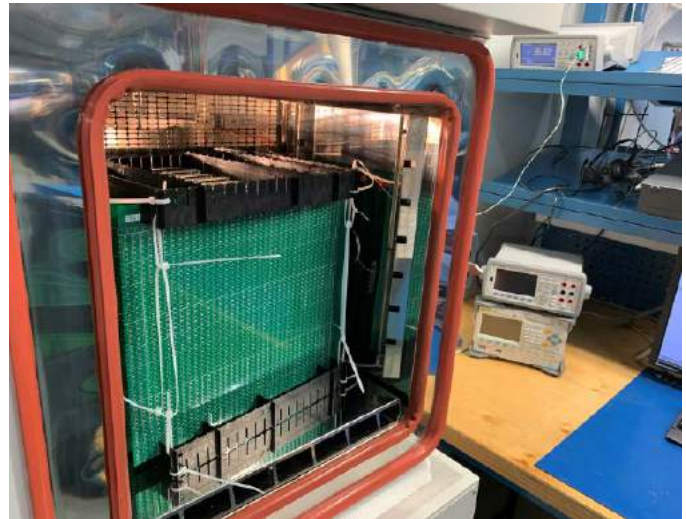
Przeprowadzono dalsze obliczenia, aby lepiej ocenić to zjawisko. Zbadano znaczenie liniowej jednowymiarowej funkcji regresji. Zastosowano do tego obliczone wcześniej średnie i odchylenie standardowe, a następnie obliczono moment korelacji zmiennych z próby oraz jego współczynnik korelacji liniowej. Współczynnik korelacji liniowej charakteryzuje stopień zależności liniowej między zmiennymi losowymi. Gdy współczynnik wynosi -1 lub 1 , istnieje ścisła liniowa zależność między zmiennymi losowymi. Gdy współczynnik wynosi 0 , zmienne są nieskorelowane. Im bliżej 1 , tym silniejsza korelacja. W analizowanym przypadku współczynnik korelacji wynosi $0,95$, co oznacza, że korelacja zmian rezystancji funkcji czasu jest bardzo silna.

Do dalszej analizy obliczamy:

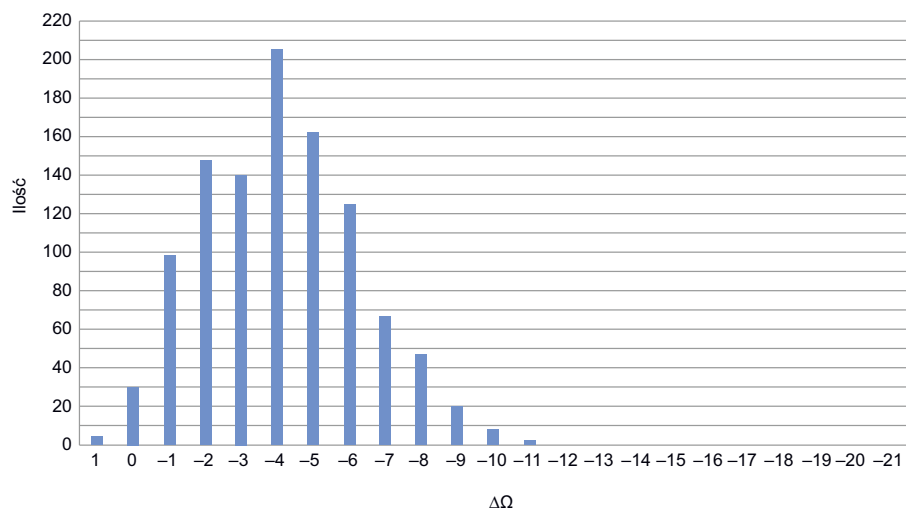
$$t = \frac{R_{xy}}{\sqrt{1 - R_{xy}^2}} \sqrt{n - 2}$$

Stosując rozkład t-Studenta dla ∞ ilości stopni swobody i $\alpha=0,01$, znajdujemy $t_{\alpha}=2,576$. Współczynnik t dla analizowanego przypadku wynosi $67,94$.

$$t \geq t_{\alpha}$$



Fotografia 1. Płytki z elementami umieszczone w komorze termicznej



Rysunek 2. Rozkład liczby zmian rezystancji w zależności od wielkości zmiany rezystancji

Tabela 1. Rezystancja komponentów przed i po teście

	Przed testem	Po teście	Jednostka
Średnia	10008,92	10012,73	Ω
Odchylenie standardowe	10,87	11,15	Ω

Jeżeli uzyskany wynik jest większy lub równy t_{α} , oznacza to, że hipotezę o braku korelacji między analizowanymi zmiennymi należy odrzucić.

Piotr Ptak

REKLAMA

**ELEKTRONIKA
PRAKTYCZNA**

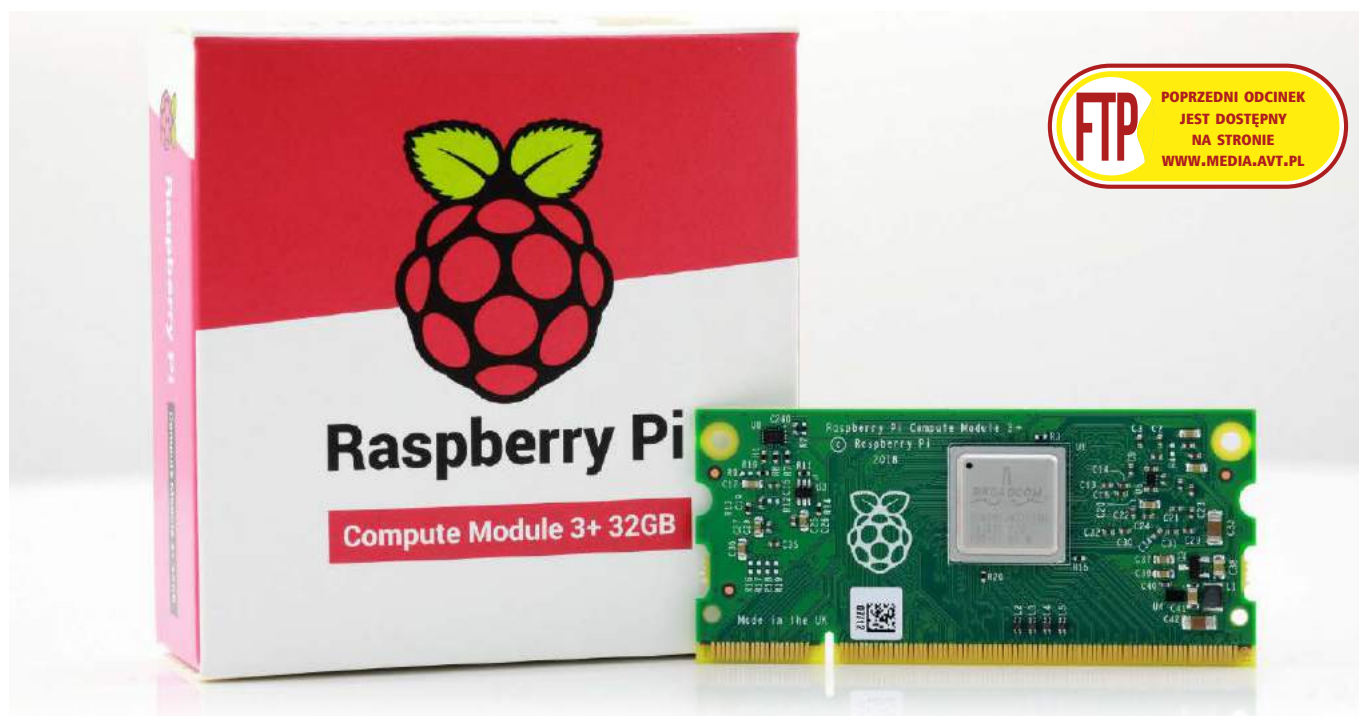
**MATERIAŁY
DODATKOWE**



MEDIA

Aby skorzystać z materiałów dodatkowych dołączonych do numeru, należy:

1. Wejść na stronę **www.media.avt.pl**,
2. Zarejestrować się lub zalogować,
3. Wybrać wydanie „Elektroniki Praktycznej”, które ma trafić do biblioteki osobistej,
4. Odpowiedzieć na proste pytanie dotyczące bieżącego numeru,
5. Pobrać pliki.



Compute Module – czyli nie taki SoM straszny (2)

Komputerka Raspberry Pi nie trzeba prezentować, znają go wszyscy zainteresowani systemami wbudowanymi. Nieco gorzej wygląda sytuacja z modułem dedykowanym aplikacjom profesjonalnym – Compute Module, pomimo, że jest on dostępny w zasadzie równolegle od pojawienia się maliny...

W związku z oczekiwaniami użytkowników projektujących urządzenia komercyjne lub pracujące w mniej wymagających aplikacjach przemysłowych, fundacja wprowadziła Raspberry Pi w formie modułu SOM (System On Module) i nazywała go Compute Module (CM). Moduły CM wymagają przemysłowych płytek uruchomieniowych. W artykule omówimy dostępne rozwiązania.

Compute Module 3+ Development Kit

Na rynku dostępne są oficjalne płytki Compute Module I/O dla każdego typu CM, na całe szczęście kolejne wersje płytek mają niższe ceny w porównaniu z pierwszym zestawem przeznaczonym dla CM1. Jednak rozpoczynając pracę z modułami CM3 najlepiej poszukać zestawu Compute Module 3+ Development Kit. Zestaw nie jest tani, bo kosztuje ok. 500 PLN (dla przypomnienia zestaw dla CM1 był wydatkiem powyżej 1000 PLN), ale w zamian otrzymujemy wszystko, co przydatne do szybkiego uruchomienia i przetestowania CM3+. Wygląd zestawu został pokazany na **fotografii 1**.

W skład zestawu wchodzi:

- płytka IO z możliwością stosowania, także starszych typów modułów CM,
- jedna sztuka CM3+ z 32 GB eMMC,
- jedna sztuka CM3+ Lite bez wbudowanej pamięci,

- po jednej sztuce adapterów DSI/CSI z taśmami FFC 50 mm do podłączenia kamery lub monitora,
- kabel USB/Micro
- cztery 20 cm przewody – zworki.

Do zasilania zestawu potrzebny jest zasilacz 5 V/2,5 A z wtykiem Micro USB, który nie wchodzi w skład zestawu. Do dyspozycji jest jedno gniazdo USB i konieczność zaopatrzenia się w kartę sieciową Ethernet lub WiFi, najlepiej ze wspieranymi przez system kontrolerami Realteka oraz nabycie huba USB gdy potrzebna będzie większa ilość portów. Dodatkowo mamy podwójne złącza kamery i wyświetlacza oraz HDMI, co jest przydatne w aplikacjach korzystających z rozpoznawania obrazu lub monitoringu. Wszystkie dostępne GPIO wyprowadzone są na złącza szpilkowe wraz z zasilaniem i masą, zwory umożliwiają wybór napięcia zasilania 1,8/3,3 V dla każdego z banków GPIO.

Poważnym problemem jest brak złącza GPIO w standardzie HAT, co ułatwiło by szybkie i wygodne dołączenie zgodnych modułów, których przeważnie mamy kilka z aplikacji RPi A/B+. Zwora USB *Slave/Boot Enable* przełącza multiplexer USB i wprowadza CM3+ w tryb programowania wewnętrznej pamięci eMMC. Pomimo tych uwag zestaw jest podstawowym narzędziem do uruchamiania CM oraz źródłem dokumentacji sprzętowej pomocnej przy tworzeniu własnych urządzeń.

Oprócz zestawu oficjalnego dostępne są płytki przygotowane przez producentów



Fotografia 1. Zestaw CM3+ Development Kit

niezależnych, udostępnianych czasem na zasadzie Open Hardware, różnią się wyposażeniem i oczywiście ceną. Najpopularniejsze z nich to:

- Geekworm IO Expansion Board,
- Waveshare Compute Module IO Board Plus,
- Waveshare Compute Module IO Board with PoE.

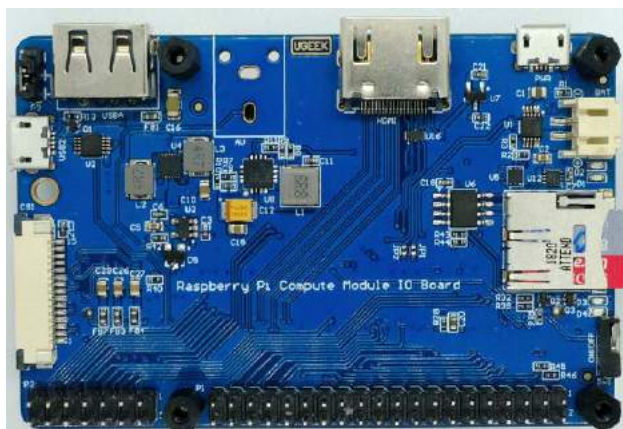
Geekworm IO Expansion Board

Moim ulubionym zestawem uruchomieniowym dla CM3/3+ jest zestaw Geekworm IO Expansion Board (**fotografia 2**), pomimo maksymalnego uproszczenia konstrukcji. Zestaw posiada złącze GPIO zgodne z HAT, dodatkowe złącze wyprowadzające 14 GPIO spoza standardu HAT, wbudowany jest interfejs kamery CSI i wyświetlacza DSI. Złącza CSI/DSI są zgodne z Raspberry B+ i nie wymagają dodatkowych adapterów jak w zestawie oficjalnym. Na płytce wbudowany jest też RTC typu DS3231 z możliwością podtrzymania akumulatorowego. Całość jest niewiele większa od Raspberry Pi B+. Zestaw zasilany jest poprzez port USB micro i posiada wyłącznik zasilania.

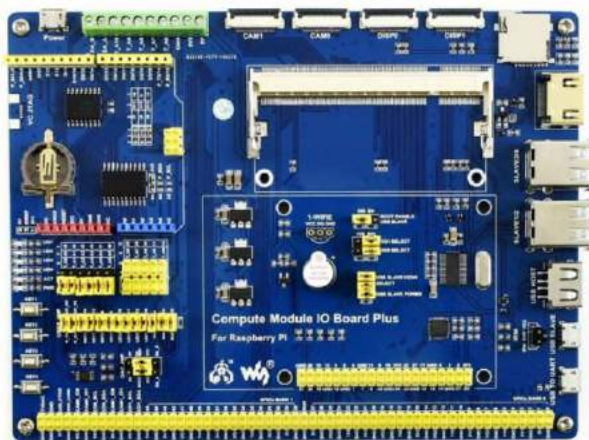
Sam moduł CM montowany jest od spodu płytki. Otwory mocujące rozmieszczone zgodnie z rozstawem PI ułatwiają montaż w płytkach bazowych. Opcjonalnie do zestawu dostępna jest elegancka, ale dość droga (30 \$) aluminiowa obudowa. Na płytce wbudowana jest ładowarka akumulatora LiPo MCP73833, która współpracując z przetwornicą TPS61090 umożliwia zasilanie całości z ogniwa 1S. Zestaw dostępny jest na portalach aukcyjnych w cenie ok. 40 \$, a czasem można go upolować jeszcze taniej. Uzupełniając go o CM3+ Lite, otrzymujemy nieoficjalną, ale najtańszą, całkowicie funkcjonalną platformę uruchomieniową.

Zestawy z oferty Waveshare

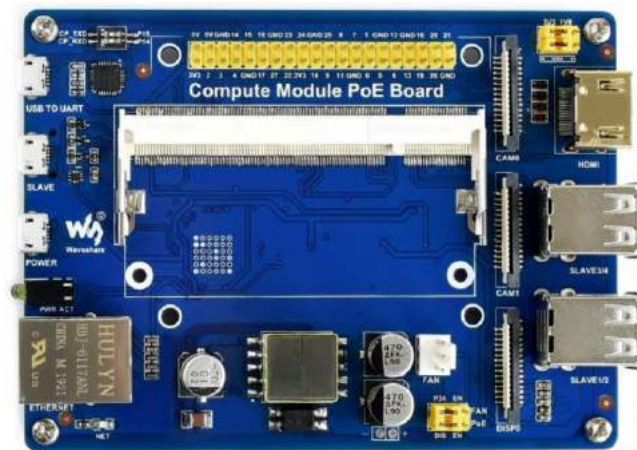
Dwie ciekawe propozycje w swojej ofercie ma Waveshare, znana z dostarczania interesujących rozwiązań dla amatorów DIY. Pierwszy zestaw to Compute Module IO Board Plus, drugi to Compute Module IO Board with PoE.



Fotografia 2. Geekworm IO Expansion Board



Fotografia 3. Waveshare Compute Module IO Board Plus



Fotografia 4. Waveshare Compute Module IO Board with PoE

Pierwszą płytkę pokazano na (**fotografii 3**), to chyba największy i najlepiej wyposażony zestaw dla CM3. Posiada wbudowany Hub USB, konwerter USB/UART, po dwa interfejsy CSI/DSI i gniazdo HDMI. Złącza GPIO dostępne są zarówno w standardzie HAT, jak i w postaci listwy z wyprowadzonymi wszystkimi GPIO CM3. Dodatkowo dla fanów Arduino dostępne są złącza umożliwiające bezpośrednie podłączenie zgodnych nakładek. Płytkę posiada wbudowane przetworniki AD (TLC1543), DA (DAC8552), RTC DS3231 z podtrzymaniem baterijnym, odbiornik podczerwieni, gniazdo interfejsu 1-Wire, buzzer i po cztery przyciski i LED użytkownika. Wyposażenie jest więc ponadprzeciętne, brakuje jedynie portu Ethernet, ale przynajmniej nie jest problemem użycie nakładki HAT, przykładowo AVT-1905 lub zewnętrznej karty USB. Na stronie producenta dostępna jest pełna dokumentacja i opis użytkowania modułu: <https://bit.ly/2YJEdSG>. Moduł można kupić bez problemu w Polsce, jego oficjalna cena to 47 \$.

W drugim z udostępnionych przez Waveshare zestawów jest Compute Module IO Board with PoE, którego wygląd pokazano na **fotografii 4**. W zestawie położono nacisk na interfejs komunikacyjny, na płytce zabudowano układ LAN9514, taki jak w „dużych” wersjach PI oraz konwerter USB/UART. Dzięki LAN9514 oprócz portu Ethernet otrzymujemy także cztery gniazda USB, nie ma więc powodów do narzekań na ilość interfejsów. Cechą wyróżniającą płytkę jest możliwość zasilania przez PoE obsługiwana przez układ Si3404.

Płytkę, podobnie jak poprzednią, posiada gniazdo HDMI, DSI i po dwa złącza kamer CSI. Tym razem interfejs GPIO jest ograniczony tylko do złącza zgodnego z HAT. Płytkę posiada wbudowany obwód sterujący wentylatorem. Cena płytki wynosi 38 \$, dostępna jest także w pakiecie z dedykowaną obudową (45 \$), która po uzupełnieniu o CM3+ stanowi gotowe kompaktowe rozwiązanie. Moduł PoE w dedykowanej obudowie pokazano na **fotografii 5**.

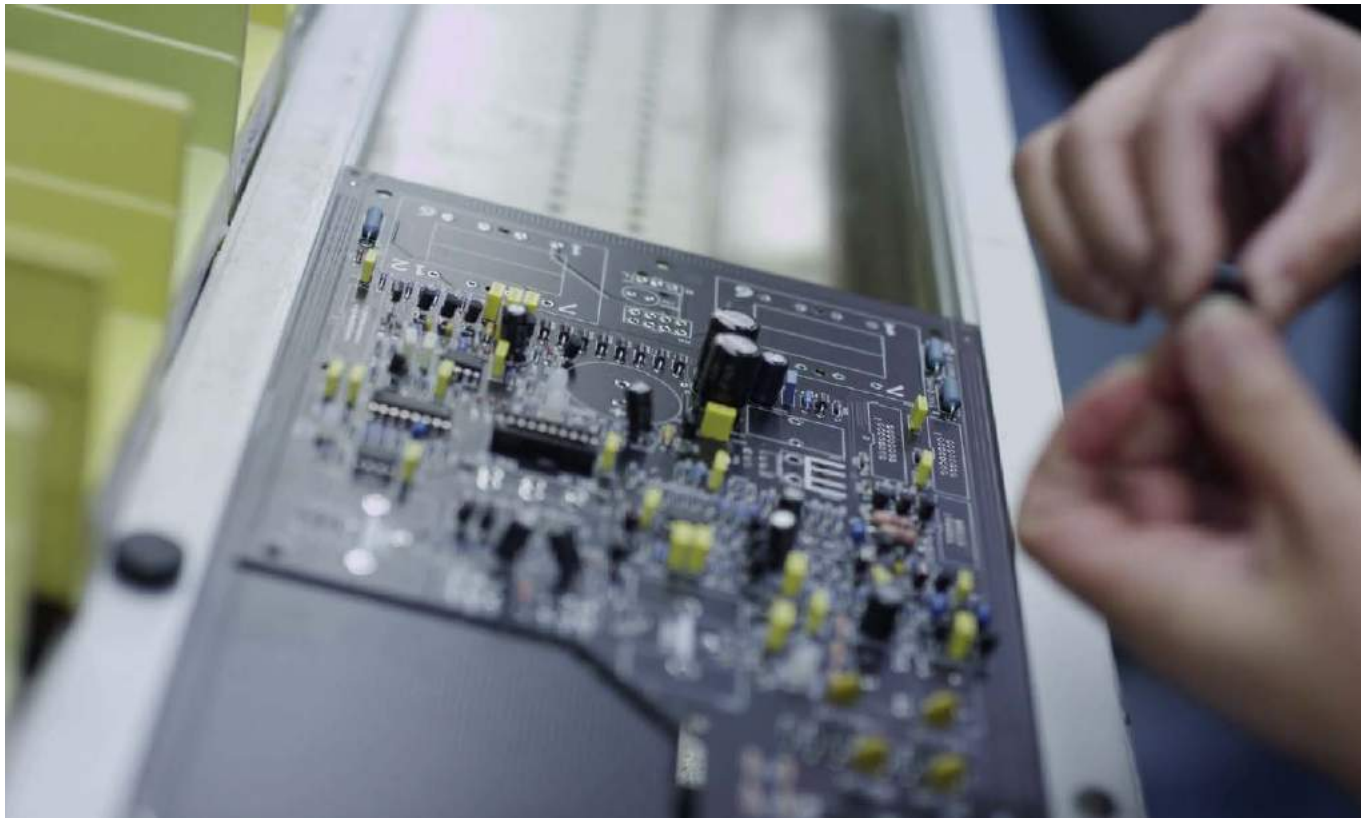


Fotografia 5. Waveshare Compute Module IO Board with PoE w dedykowanej obudowie

Podsumowanie

Polecam zapoznać się z modułami CM3 i rozważyć ich zastosowanie we własnych projektach. Nie są oczywiście kluczem do rozwiązania wszystkich problemów spotykanych przy użyciu Raspberry Pi B+, ale są dla nich ciekawą alternatywą.

Adam Tatuś, EP



Prototypy i małe serie produkcyjne

Poradnik konstruktora elektronika

W dzisiejszych czasach montaż kontraktowy to nie tylko duże serie produkcyjne. Startupy rozwijające nowe technologie i projektujące aplikacje z obszaru IoT czy inteligentnego domu, często są klientami branży EMS w obszarze mniejszych zleceń. Zwykle mają skromne zasoby kadrowe, brakuje im parku maszynowego, a nierzadko też wiedzy niezbędnej do tego, aby pomysł zamienić w działające urządzenie. Wiele większych firm przeważnie dokonuje zmian i modyfikacji swoich produktów, tworząc specyficzne wersje pod wymagania klienta, przez co też mają potrzebę produkowania w ograniczonej skali. Firma EMS z działem projektowym, w obu przytoczonych przypadkach, jest idealnym partnerem i ma potrzebne doświadczenie technologiczne.

Powodów do tego, aby współpracować z EMS-ami jest wiele: wygoda, niższe koszty, jeden dostawca, który odpowiada za całość produkcji, a ponadto unikamy wielu problemów, m.in. kadrowych, organizacyjnych czy związanych z zaopatrzeniem. Często skala działań nie jest tak wielka, aby inwestycje we własny park maszynowy były uzasadnione. Firmy kontraktowe można też traktować jako dostawców zaawansowanej technologii produkcji, bowiem producentów elektroniki nie stać na wiele innowacyjnych maszyn.

W Polsce mamy ponad setkę firm EMS i warto poznać główne zagadnienia jakie wiążą się ze współpracą z nimi. W naszym artykule skupiamy się na obszarze małych serii produkcyjnych i zleceń prototypowych, a więc takim, który tradycyjnie niesie najwięcej problemów do rozwiązania. **Najważniejszą częścią usług EMS jest montaż SMT i na nim najczęściej skupia się uwaga zamawiającego, ale z roku na rok do tej części dochodzą kolejne procesy składające się na kompleksową usługę produkcyjną,** takie jak lakierowanie, zalewanie, montaż mechaniczny, pakowanie i wysyłka do klienta końcowego. Kompleksowość to też dostawa płytek drukowanych, szablonów oraz organizacja podzespołów do produkcji. U niektórych firm listę tę uzupełnia jeszcze wykonywanie wiązek kablowych.

Z wykonaniem prototypów i małych serii urządzeń zawsze był kłopot, ponieważ w wielu firmach EMS park maszynowy ograniczał się do jednej linii technologicznej, która wymagała precyzyjnego ustawienia parametrów procesu i tym samym najlepsze wyniki jakościowe dawała przy dłuższych seriach. Dzisiaj krajowi producenci EMS są o wiele lepiej przygotowani do realizacji takich zleceń. Wielu ma wydzielony park maszynowy lub nawet specjalne maszyny do takich zadań.

Projekt jest gotowy do produkcji... ale czy na pewno?

Projektowanie urządzenia elektronicznego to czasochłonny proces, w którym nierzadko poprawka goni poprawkę, a to co wydaje się doskonale przemyślane, po chwili okazuje się drogą donikąd (to znaczy

do kosza). W prototypie, który był już prawie doskonały, po wyprodukowaniu natychmiast pojawia się banalny błąd, a nawet jeśli wszystko jakoś działa, to może się okazać, że są uchybienia z EMC lub emisją ciepła, których nie można było wcześniej przewidzieć.

Moment, kiedy projekt płytki drukowanej zostanie zakończony, jest zawsze ważnym wydarzeniem. Od tej chwili najtrudniejsza praca wydaje się być skończona, można chwilę odpocząć i zastanowić się, w jaki sposób zamienić plik na model prototypowy albo lepiej na serię próbną. Pierwszym etapem jest oczywiście wyprodukowanie płytki drukowanej, ale czy rozsądne jest zamawianie jej osobno, czy też oddanie całości projektu do firmy EMS? Czy niezbędne podzespoły lepiej kupić samemu, czy też poprosić o ich załatwienie montażyście? Jak zapewnić bezpieczeństwo dla firmware? A przede wszystkim, gdzie usługa zostanie wykonana szybko i tanio?

Czy projekt płytki jest technologicznie poprawny?

Projekt mozaiki połączeń na laminacie uznaje się za dobry, gdy zostanie sprawdzony za pomocą wbudowanych w oprogramowanie projektowe narzędzi kontrolnych. Weryfikują one zachowanie odstępów, badają czy nie ma zwarcień lub wykroczenia poza ustalony zestaw reguł projektowych DRC (Design Rule Check). Taka kontrola ma na celu sprawdzenie czy obwód drukowany nie będzie tworzył problemów w produkcji oraz potem w montażu.

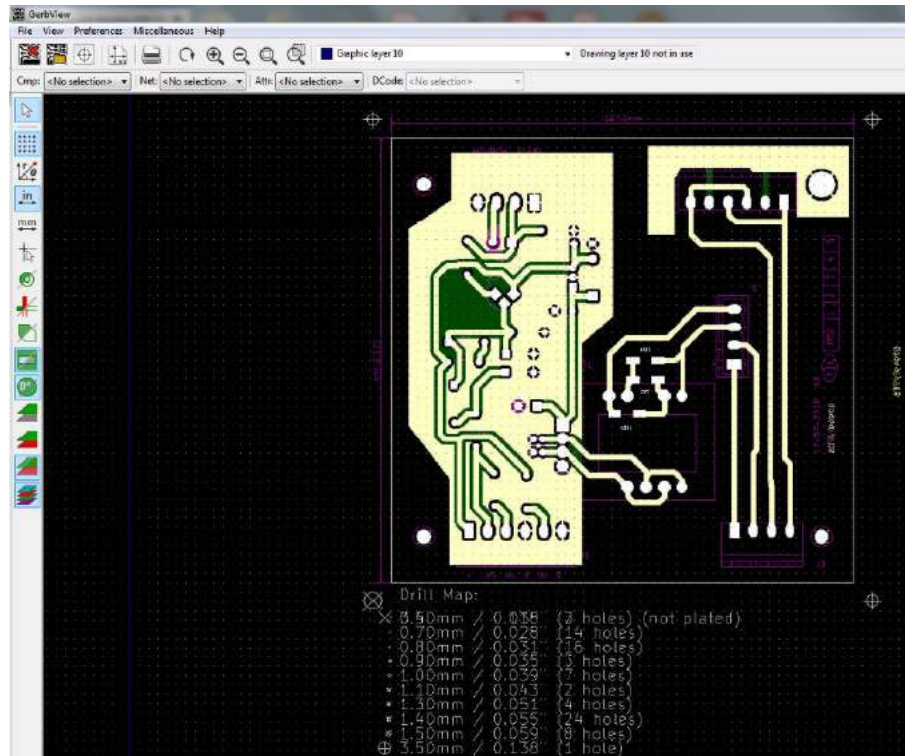
Łatwość technologiczna produkcji jest istotna, bo sprzyja utrzymaniu wysokiej jakości oraz zmniejsza liczbę odrzutów. Niemniej aby wychwycić usterki technologiczne trzeba znać się na wytwarzaniu, a więc posiadać unikatową wiedzę. Przykładowo zostawienie zbyt dużych pustych powierzchni na laminacie, przez które przechodzi tylko kilka cienkich ścieżek, tworzy ryzyko ich podtrawienia, tak samo jak ścieżki prowadzone blisko krawędzi lub linii frezowania a także miejsc, gdzie zamontowany będzie radiator są podatne na wyginanie od ciężaru i ciepła więc mogą szybko pęknąć. Ciężki element zamontowany na PCB, taki jak dławik, może wywoływać drgania i wyginanie laminatu, negatywnie oddziałujące na elementy SMD w jego otoczeniu. Stąd czasem banalna propozycja, aby dodać jeszcze jeden otwór montażowy, może poprawić projekt pod kątem jakości.

Dobry projekt płytki wymaga spełnienia kilku dodatkowych warunków, m.in. średnice otworów powinny być podobne, ponieważ dzięki temu wiertarka numeryczna nie musi co chwilę zmieniać wiertła, frezowanie krawędzi powinno być możliwe do wykonania w jednym podejściu, itd. Takich wskazówek jest mnóstwo i stąd zapewne najlepszym rozwiązaniem jest pokazanie projektu doświadczonemu technologowi do oceny. Ostatecznie, można zastosować się do wielu wskazówek z poradników publikowanych przez producentów PCB.

Dokumentacja

Projekt płytki to po prostu plik wykonany z użyciem oprogramowania EDA. Programów tego typu jest na rynku mnóstwo i regułą jest, że do producenta płytek lub firm EMS, takich zbiorów danych się nie wysyła. Nawet jeśli są przypadki, że ktoś z wytwórców przyjmuje pliki z Altium lub Eagle, to traktujemy je jako wyjątki.

Standardem są pliki w formacie Gerber zawierające listę danych dla fotoplota oraz wiertarki i każdy program pozwala na ich wygenerowanie. Warto skorzystać z jakiejś przeglądarki tych plików, aby upewnić się czy eksport był poprawny oraz czy dysponujemy wszystkimi

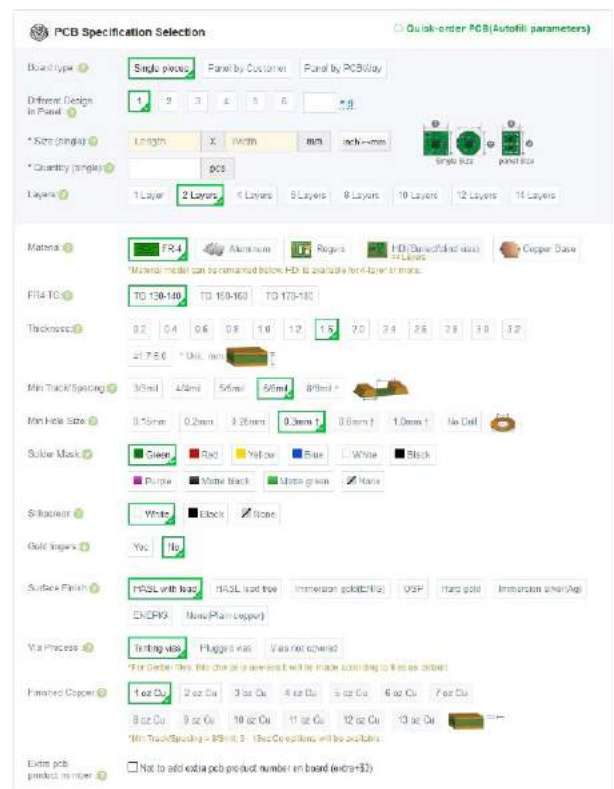


Rysunek 1. GerbView – jedna z wielu dostępnych przeglądarek plików Gerber

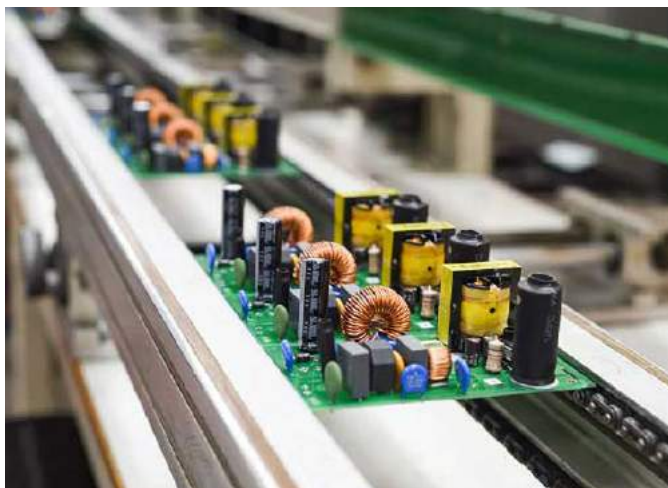
plikami. Są one tworzone dla każdej warstwy miedzi, solder maski, warstwy opisowej oraz z danymi dla otworów (rysunek 1). Poza plikami konieczne jest podjęcie decyzji do co grubości laminatu, kolorów maski, typu laminatu, pokrycia miedzi stopem lutowniczym, dla układów mocy także grubości folii miedzianej itd. (rysunek 2).

Płytki cięta czy w panelu?

Wszechobecna miniaturyzacja sprawia, że płytki drukowane urządzeń elektronicznych są coraz mniejsze. Trudniej się nimi posługiwać, bo wszystkie operacje wymagają precyzyjnego zamocowania



Rysunek 2. Przykładowy kalkulator obwodów drukowanych



Fotografia 1. Płytki w panelu zamocowane do transportera w drodze do lutowania na fali

bez ryzyka przemieszczenia. Z jednej strony można zamówić PCB pocięte na pojedyncze części, z drugiej strony można je wykonać jako panel, czyli duży arkusz laminatu zawierający wiele elementarnych obwodów. Taki panel jest zawsze dostatecznie duży i ma standardowe wymiary pozwalające na produkcję w linii (**fotografia 1**). Ponadto zawiera punkty referencyjne dla automatów (tzw. fiduciale) i ustawione marginesy. Dzięki naciętym lub wyfrezowanym krawędziom pozwala na łatwą separację gotowych płytek.

Przygotowanie panelu można wykonać samodzielnie lub poprosić o to producenta obwodów. Poprawnie zaprojektowany panel zapewni optymalny montaż elementów oraz łatwą separację zmontowanych obwodów przy możliwie najmniej skomplikowanym procesie produkcji. Ponadto zagwarantuje on integralność obwodów w procesie produkcji oraz podczas transportu paneli do montażysty. Przed podjęciem decyzji o panelizacji należy obowiązkowo skonsultować to z firmą EMS, bo panel powinien pasować do transporterów i mieć wymiary obsługiwane przez automat pick&place. Jest to bardzo istotne, gdy wcześniej nic takiego nie robiliśmy.

Płytką drukowaną w formie panelu jest wygodnym rozwiązaniem, gdy np. urządzenie składa się z kilku wydzielonych części, takich jak obwód wyświetlacza, część główna oraz sekcja ładowania, bo takie trzy elementy można wyprodukować na jednym kawałku. Potem, po montażu nierozdzielone płytki można traktować jako komplety, bez ryzyka pomieszania się części składowych.

Zamawiać samemu PCB czy poprosić firmę EMS?

Płytkę drukowaną (ciętą lub w formie panelu) można zamówić bezpośrednio u producenta PCB lub poprosić o nią firmę montażową. Decyzja zależy od wielu czynników i ma raczej wymiar biznesowy niż techniczny. Na korzyść oddania tego zadania do kooperanta z pewnością przemawia większa wygoda i mniejsze ryzyko popełnienia błędu przy panelizacji lub przygotowywaniu dokumentacji. Znaczenie tych czynników zwiększa się jeszcze dodatkowo, gdy płytkę ma więcej niż 2 warstwy, ponieważ wtedy liczba pułapek wynikających z decyzji, które trzeba podjąć, znacząco rośnie.

Istotnym kryterium jest też czas – konstruktorom elektronikom zawsze się spieszy, a producenci kontraktowi działają według swojego harmonogramu. Pierwszeństwo mają regularne zlecenia produkcyjne, które mają uzgodnione z klientem terminy. Pojawienie się nowego zadania wymaga reorganizacji harmonogramu działań i raczej nie należy liczyć, że firma zajmie się tym od ręki. Zwłaszcza jeśli jest to prototyp. Raczej płytkę drukowaną zostanie dopisana do listy innych obwodów i zamówiona w normalnym, zapewne kilkutygodniowym terminie razem z innymi zleceniami.

Producenci EMS mają też różne podejście do organizacji obwodów drukowanych. Chcąc sprostać różnym wymaganiom klienta

wielu usługodawców współpracuje z kilkoma producentami krajowymi i importerami PCB, elastycznie korzystając z ich możliwości. Najczęściej duże serie produkcyjne i skomplikowane wykonania, np. wielowarstwowe, sztywno-giętkie zamawiane są u producentów dalekowschodnich, bezpośrednio lub z pomocą firm pośredniczących w takich kontaktach. Natomiast płytki do prototypów i krótkich serii zamawiane są u producentów krajowych lub w firmach europejskich.

Gdy czas goni, dobrym rozwiązaniem może być samodzielne zamówienie obwodów w trybie ekspresowym. Internet daje możliwość załatwienia tego bez opuszczania biurka. Są kalkulatory zleceń, ceny ryczałtowe i, już standardowo, podane są terminy realizacji przyspieszonych. **Branża PCB jest w stanie wyprodukować płytkę w ciągu jednego dnia. Oczywiście wówczas cena jest adekwatna do szybkości realizacji. Niemniej oznacza to, że gdy zależy nam na czasie, to szukamy wytwórcy obwodów samodzielnie.**

Podzespoły

Po opanowaniu płytki nadchodzi czas na montaż. Podobnie jak poprzednio, w tym zakresie usług rynek daje wiele możliwości. Najwygodniejsza jest usługa kompleksowa, czyli wykonanie PCB i montaż w jednej firmie jako całość. Przeciwnieństwem jest podejście, aby zamówić jedynie montaż, dostarczając płytki i elementy. W zależności od podejścia zmieniają się koszty, czas realizacji, wymagane zaangażowanie pod stronę zamawiającego oraz ryzyko związane z odpowiedzialnością za ewentualne problemy. Im więcej zadań produkcyjnych obejmuje zlecenie, tym większa kompleksowość i jego znaczenie dla firmy EMS.

Podzespoły stanowią dość dużą część kosztów produkcji urządzenia elektronicznego. Dokładny udział zależy od stopnia skomplikowania i zaawansowania technologicznego aplikacji, ale można szacować, że jest to od 50 do 75%. To bardzo dużo, przez co nawet małe oszczędności w tym obszarze są w stanie przynieść znaczne efekty. Z drugiej strony koszt zaopatrzenia w podzespoły jest spory, bo wymaga zaangażowania pracy działu zaopatrzenia, opłacenia kosztów wysyłki i wielu podobnych aspektów. Stąd przerzucenie tego zadania na kooperanta, nawet jeśli nie obniży kosztu BOM, to pozwoli zaoszczędzić sporo pracy.

Przerzucenie całości zadań na firmę kontraktową jest zatem wygodne i często też najtańsze, bo podczas kupowania płytek i elementów elektronicznych takie firmy korzystają z efektu skali. Kupują na tyle dużo, że mają spore rabaty, a ponadto popularne części mogą nabywać w całych opakowaniach. Kondensator MLCC 100 nF w rozmiarze 0603 to przykład komponentu, który praktycznie jest wszędzie, ale do małej serii opakowania zawierającego 4000 sztuk klient z zewnątrz raczej nie kupi, bo nie będzie w stanie zagospodarować resztek. Ceny detaliczne i hurtowe komponentów znacznie się różnią, o czym można się przekonać na stronach internetowych dystrybutorów, a dodatkowo do nich dochodzą rabaty. Ponieważ koszt podzespołów sięga trzech czwartych gotowej i zmontowanej płytki drukowanej, w praktyce kompleksowa usługa jest tańsza dla klienta i bardziej wartościowa dla usługodawcy (tzw. model win-win, czyli obopólna korzyść). Firmy EMS starają się też wypracować bezpośrednie kontakty z producentami czy dystrybutorami dalekowschodnimi, dzięki czemu często mają lepsze ceny zakupu od tych, które proponuje rynek krajowy.

Samodzielne kupowanie podzespołów wymaga głębokiego przemyslenia, bo nie tylko jest to zajęcie czasochłonne, ale także może być po prostu nieopłacalne. Kompromisowo można skorzystać z modelu mieszanego, a więc popularne podzespoły dyskretnie kupuje EMS, a klient dostarcza jedynie elementy specyficzne, np. czujniki, mikrokontrolery z zapisanym kodem firmware.

Te rozważania na temat tego czy kupować elementy samemu czy też zdać się na firmę EMS potrafią skutecznie zaburzyć problemy rynkowe związane z czasem oczekiwania na dostawę. Do kilku sztuk prototypowych można komponenty kupić gdziekolwiek, bo cena ma niewielkie znaczenie w porównaniu do wszystkich innych kosztów.

Typ kosztów	Usługa	Cena netto (zł)	Cena brutto (zł)	UWAGI
Koszty jednostkowe:	Oprogramowanie linii montażowej:	125.00	153.75	Za 1 warstwę
	Szablon SMT:	0.00	0.00	
Koszty stałe:	Uruchomienie linii:	250.00	307.50	
	Montaż:	501.51	616.61	Za materiały fut. (pro)
Suma:		877.51	1079.86	W przybliżeniu

Rysunek 3. Kalkulator cen montażu dla zleceń prototypowych u jednego z producentów EMS

Ale do produkcji – już niekoniecznie. Gdy rynek zмага się z problemami takimi jak alokacja lub koronawirus, firmy EMS które mają części na magazynie wygrywają szybkością realizacji. Jest to widoczne zwłaszcza tam, gdzie lista BOM zawiera oprócz pozycji podstawowej także alternatywę, a najlepiej, gdy zamawiający usługę pomoże coś dobrać. Gdy użycie zamienników nie jest łatwe lub możliwe, wtedy klient, który chciałby jak najszybciej otrzymać złożony prototyp, może przekazać do produkcji własne komponenty, gdyż znacząco wpłynie to na czas wykonania usługi.

Projektując układ elektroniczny warto pamiętać o tym, aby posługiwać się możliwie małą listą wartości. W wielu miejscach układowych typ i wartość niekoniecznie ma jakieś znaczenie. Rezystor podciągający do plusa wejście cyfrowe będzie tak samo dobrze działał przy 22 i 33 kΩ, Kondensator blokujący może mieć 82 lub 100 nF, a zwykły tranzystor przełączający w zasadzie może być jednym z czterech typów (N, P, bipolarny lub MOS). Po takich uproszczeniach lista potrzebnych elementów (BOM) może być krótsza, co ma pozytywny wpływ na cenę oraz produkcję.

Jeśli na płycie pojawi się w jednym miejscu element unikatowy, to przy zleceniu prototypowym lub krótkiej serii wymaga on rezerwacji podajnika w maszynie, doklejania do taśmy rozbiegówek itd. Im mniej nietypowych elementów, tym większa szansa, że podzespoły zostaną położone za jednym zamachem, bez przekładania podajników w automacie i angażowania obsługi.

Bezpieczeństwo

Większość dzisiejszych układów elektronicznych zawiera mikrokontroler lub inny element wymagający zaprogramowania. Programowanie trzeba jakoś zorganizować. Przekazanie pliku HEX firmie usługowej zawsze wywołuje obawę w zakresie zabezpieczenia własności intelektualnej projektu (program, schemat, mozaika PCB, użyte elementy). Gdy seria jest mała lub zlecenie dotyczy prototypu, ryzyko takie można wyeliminować dostarczając samodzielnie zaprogramowany mikrokontroler lub zaprogramować go dopiero po montażu, korzystając z możliwości programowania w układzie, a dla producenta dostarczyć specjalny kod przygotowany wyłącznie na potrzeby testowania produkcji. Gdy zagadnienie bezpieczeństwa jest bardzo istotne, zawsze trzeba sięgać po specjalne środki ochrony, np. bezpieczne chipy, bo tylko one są w stanie zapewnić rzeczywistą ochronę.

Bez względu na to, zawsze warto się upewnić, czy zleceniodawca potrafi dochować poufności. Trudno oceniać obawy klientów, ale fakty są takie, że firmy EMS przykładają wiele uwagi do zapewnienia bezpieczeństwa własności intelektualnej i poufności w zakresie realizowanych zleceń, bo doskonale rozumieją sens i ich znaczenie biznesowe. Branża nie zanotowała żadnej wpadki w tym zakresie, co dowodzi, że za deklaracjami kryją się konkretne działania.

Koszt przygotowania produkcji

Niewielkie serie produkcyjne wymagają uwzględnienia w kosztach przygotowania produkcji, bo w tym przypadku mogą to być znaczące kwoty

całego budżetu. Dokumentacja produktu w postaci plików z oprogramowania musi zostać w tym kroku zamieniona na program dla maszyn (układających, inspekcyjnych), potrzebny jest też szablon do nakładania pasty przez drukarkę, a do podajników należy założyć elementy i uruchomić działanie linii ustawiając parametry procesu. Gdy płytka zawiera elementy po obu stronach laminatu, koszt przygotowania jest jeszcze większy. Podobnie jest w układach mieszanych, gdzie trochę jest podzespołów przewlekanych, a trochę montowanych powierzchniowo. Dokładnych wartości nie da się podać, ale część producentów ma na swoich stronach internetowych kalkulatory do szacowania takich kosztów (rysunek 3). Wynika z nich, że dla małej serii prototypowej koszt przygotowania może być rzędu 1000 zł. Ważny wniosek jest taki, że dla płytki w postaci panelu jest on znacznie mniejszy.

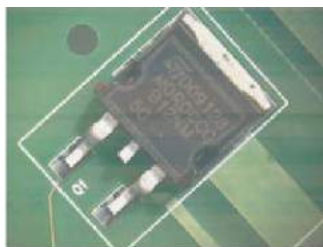
Gdy zlecenie opiewa na parę płytek, to może to być duża bariera, stąd producenci próbują pomóc w takiej sytuacji za pomocą agregacji zleceń. Dotyczy to produkcji płytek drukowanych oraz montażu, gdzie zbiera się przez pewien czas projekty o podobnej specyfikacji i układa je na jednym panelu, a jak zapełni się dostępna powierzchnia, to uruchamiana jest produkcja. Podobnie jest z montażem, gdzie na jednym panelu może być kilka zleceń prototypowych. Wówczas koszty stałe związane z uruchomieniem produkcji rozkładają się na wiele zleceń i nie są już takim problemem. W usługach produkcyjnych można zakładać, że iloczyn czasu realizacji, ceny oraz jakości wykonania usługi jest stały. Należy zatem być przygotowanym na to, że zlecenia ekspresowe lub superexpresowe kosztują dużo więcej.

Chiny czy Polska?

W ostatniej dekadzie producenci chińscy znacznie rozbudowali swój potencjał w zakresie produkcji obwodów drukowanych, rozbudowali swoje witryny internetowe wbudowując w nie kalkulatory zleceń i systemy samodzielnej obsługi. W połączeniu z polityką dotowania przesyłek zagranicznych przez władze chińskie oraz przy braku kontroli celno-podatkowej na granicy, stworzyło to poważną konkurencję dla wytwórców lokalnych. Wiele z tych firm oferuje także montaż i usługę kompleksową razem z zapewnieniem komponentów. Warto zatem zatrzymać się przez moment nad tym zagadnieniem. To, czy opłaca się zlecać małe serie produkcyjne do Chin i korzystać z ofert łączonych (PCB + montaż) najłatwiej wydedukować z opinii pojawiających się na forach dyskusyjnych. W większości są to komentarze negatywne, w których narzekano na ceny zbliżone do krajowych, na bardzo długi czas realizacji zleceń bez gwarancji terminu, a co najważniejsze na konieczność zaakceptowania licznych zmian w zakresie użytych podzespołów.

Jak weryfikować jakość usług?

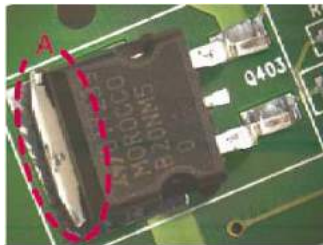
Każda firma EMS zapewnia o wysokiej jakości usług i ogromna część tych deklaracji pokrywa się z rzeczywistością. Niemniej duży rynek przyciąga niczym magnes licznych, nie zawsze kompetentnych, usługodawców, a poza tym proces montażu jest wrażliwy na błędy. Gdy produkcja jest realizowana w dużej skali, wpadek jest z reguły mniej,



Rysunek 8-152

Dopuszczalne - Klasa 1,2,3

- Brak przesunięcia bocznego zakończenia termicznego.
- 100% zwłędzenia łuski zakończenia termicznego.



Rysunek 8-153

Dopuszczalne - Klasa 1,2,3

- Przesunięcie boczne (A) zakończenia termicznego jest nie większe niż 25% szerokości zakończenia.
- Szerokość złącza zakończenia termicznego wynosi 100% zwłędzenia w obszarze połączenia.

Wadliwa - Klasa 1,2,3

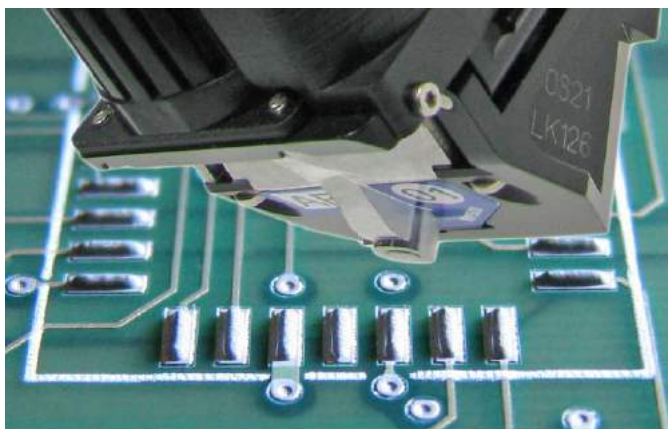
- Przesunięcie boczne (A) zakończenia termicznego jest większe niż 25% szerokości zakończenia.
- Końcówka zakończenia termicznego wystaje poza pole.
- Szerokość złącza zakończenia termicznego nie wynosi 100% zwłędzenia w obszarze połączenia.

Rysunek 4. Norma IPC-A610 to przewodnik dla wszystkich, którzy chcą kompetentnie mówić o jakości w produkcji

bo parametry procesu można dokładnie wyregulować. Skala takich zleceń też wymusza więcej uwagi od obsługi. Firmy poszukujące kogoś, kto podejmie się zmontowania serii prototypowej są w trudniejszej sytuacji, zwłaszcza gdy działają pod presją czasu.

Szczęśliwie ocena jakości montażu została już dawno sformalizowana i dokładnie opisana w normie branżowej IPC-A610. Jest to ponad 400-stronicowy dokument zawierający wiele zdjęć, rysunków i opisów dotyczących poszczególnych etapów montażu z wyszczególnieniem tego, co uznajemy za operację idealną, jakie działania można zaakceptować, a które już nie (**rysunek 4**). Norma definiuje trzy klasy montażu: 1. – najmniej wymagająca, gdzie dopuszcza się sporo uchybień np. w postaci krzywo położonego elementu. Klasa 2. takich odchyłek dopuszcza mniej, a klasa 3 określa najwyższy standard usług. Myśląc o jakości warto zainteresować się o to, jaką klasę zapewnia usługodawca, czy deklaruje zgodność procesów produkcyjnych z normą IPC-A610 (najlepiej dla najnowszej edycji określonej przez literę na końcu, np. „G”) oraz czy jego pracownicy przeszli szkolenia IPC.

Jakość usług można też próbować weryfikować przyglądając się posiadanemu przez firmę EMS parkowi maszynowemu. Gdy na liście znajduje się sprzęt do automatycznej inspekcji optycznej, a jeszcze dodatkowo jest urządzenie SPI (*solder paste inspection*) do kontroli procesu nakładania pasty lutowniczej (**fotografia 2**), można mówić o bardzo dobrych perspektywach. Najlepsze firmy kontrolują parametry montażu w trzech wymiarach (AOI 3D i SPI 3D), mają często też sprzęt do inspekcji rentgenowskiej, pozwalający zaglądać w niedostępne bezpośrednio miejsca.



Fotografia 2. Fragment płytki drukarskiej z naniesioną na pady pastą lutowniczą w czasie inspekcji SPI

O jakości usług produkcyjnych świadczą jeszcze inne certyfikaty, jak ISO 9001 – wskazujący, że firma ma zorganizowaną formalnie działalność i jej procedury działania zostały sprawdzone oraz medyczne (EN 13485), motoryzacyjne (IATF), lotnicze (AS 9120), wojskowe (AQAP). Za każdym z nich kryją się specyficzne kompetencje branżowe.

Małe zlecenie, duży problem

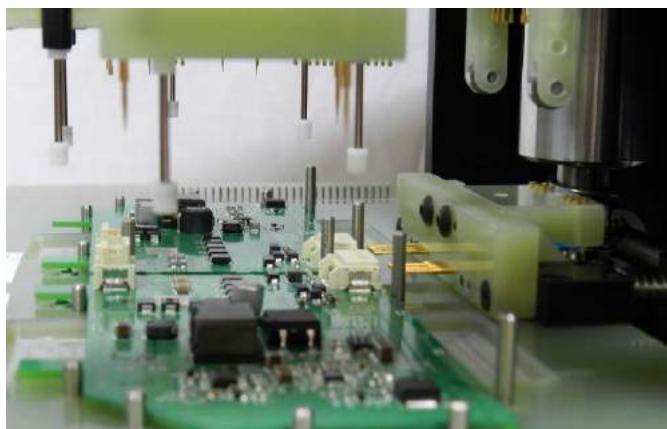
Wszystkie firmy EMS deklarują, że wykonują zlecenia prototypowe i małoseryjne, niemniej nie dla wszystkich takie deklaracje mają pokrycie w działaniach. Wszystko zależy od bieżącej sytuacji w firmie, posiadanego parku maszynowego oraz organizacji pracy. Najlepiej jest wówczas, gdy firma ma wydzielony sprzęt do realizacji takich mniejszych zleceń, bo nie ma wówczas rywalizacji o dostęp do maszyn. Gdy linia produkcyjna jest jedna, a na dodatek obciążona seryjną produkcją, nikt z reguły nie ryzykuje jej blokowania, przestawiania po to, aby puścić parę innych płytek. Raczej muszą one poczekać aż pojawi się wolna chwila. Z tej przyczyny większe przedsiębiorstwa mają oddzielny park maszynowy do takich zadań i mogą wyprodukować prototyp w ciągu kilkunastu godzin od momentu otrzymania dokumentacji i komponentów. Często są to starsze urządzenia, które kiedyś pełniły rolę głównych, ale przy okazji inwestycji zostały przesunięte właśnie do takich celów.

Okazji do szybkiego prototypowania można też szukać u firm spoza grupy EMS, a więc np. producentów elektroniki, którzy mają własny park maszynowy. Nierzadko obciążenie takich maszyn jest niewielkie i firmy te mogą pomóc.

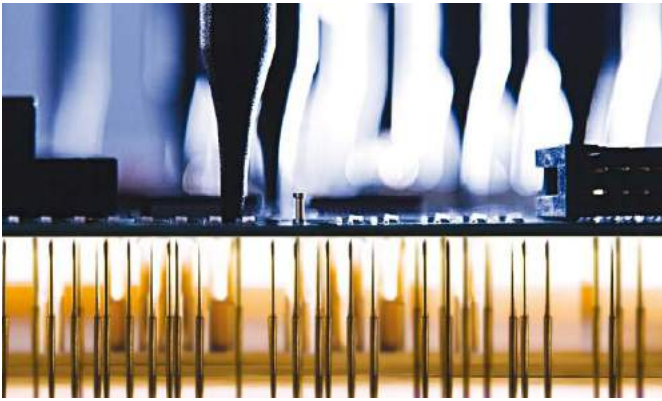
Testowanie

Nieodłącznym elementem każdego procesu produkcyjnego jest testowanie oraz kontrola jakości. Rezygnacja lub nieodpowiednia realizacja tego zagadnienia nie tylko nie przyniesie dodatkowych oszczędności, ale w ostatecznym rozrachunku może wiązać się z dużymi kosztami serwisu i wymiany, przyczyniając się przy tym do obniżenia reputacji i prestiżu produktu oraz całej marki. Testowanie świadczone jest zazwyczaj przez dostawcę usług EMS jako czynność dodatkowa, np. po zakończeniu procesu montażu urządzenia. Zakres możliwych do wykonania testów rozciąga się od kontroli wizualnych (automatycznych lub ręcznych), przez testy poprawności parametrów elektrycznych do badań funkcjonalnych (**fotografia 3**), sprawdzających całość pracy urządzenia łącznie z oprogramowaniem.

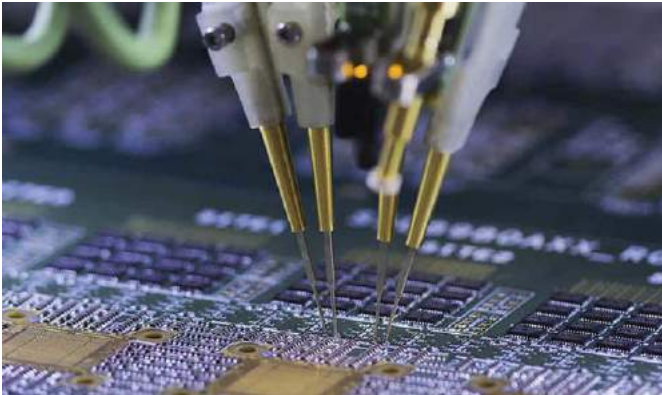
Test poprawności montażu realizowany jest za pomocą narzędzi takich jak JTAG, testerów ICT (in circuit test), FCT (functional test) z użyciem testera igłowego w postaci łoża fakira ze szpilekami testowymi (**fotografia 4**) do którego przykładają się zmontowaną płytkę lub testerów z ruchomą sondą (flying probe) (**fotografia 5**). Przygotowanie testów oczywiście wiąże się z opłatami. Dla małych serii, adapter z ruchomymi sondami jest oczywiście korzystniejszy, bo czas testów nie ma tak wielkiego znaczenia jak przy produkcji masowej (tzw. wolumenach).



Fotografia 3. Proces testowania funkcjonalnego zmontowanych płytek



Fotografia 4. Testowanie za pomocą igieł kontaktowych



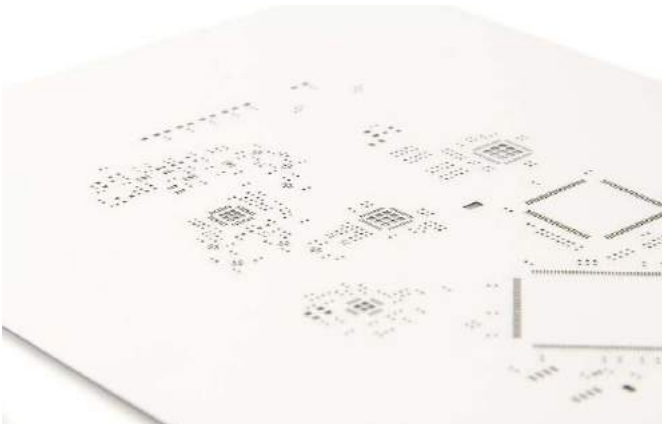
Fotografia 5. Testowanie za pomocą ruchomych sond

Montaż mechaniczny, wiązki i operacje dodatkowe

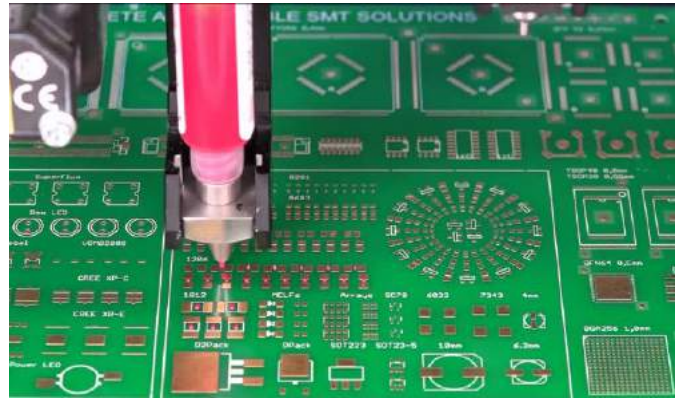
Montaż podzespołów na płytce drukowanej jest z pewnością najważniejszą częścią procesu produkcyjnego, ale ponieważ apetyt rośnie w miarę jedzenia, producenci EMS dodają do niego coraz więcej usług dodatkowych poszerzających zakres kompleksowej usługi. Dla realizacji prototypów lub małych serii pokrywanie płytki lakierem zabezpieczającym przed wpływem środowiska najczęściej wykonuje się ręcznie za pomocą pędzelka, podobnie jest z montażem mechanicznym, czyli z poskręcaniem całości urządzenia w obudowie. Niemniej wykonanie wiązki kablowej może się nie udać bez użycia specjalnej maszyny do zakuwania pinów na przewodach. Zawsze lepiej jest zapytać, czy usługodawca nie zapewni takich dodatków.

Lutowanie rozpltywowe czy na fali?

Montaż komponentów na PCB może zostać wykonany metodą lutowania rozpltywowego, ręcznie, na fali i falą selektywną. Ten pierwszy sposób polega na naniesieniu pasty lutowniczej na pady za pomocą



Fotografia 6. Szablon do nakładania pasty lutowniczej to arkusz cienkiej blachy stalowej z otworami wyciętymi laserem



Fotografia 7. Nanoszenie na płytkę kleju, za pomocą automatycznego dozownika

szablonu (fotografia 6) i drukarki pasty. Potem automat pick-and-place rozmieszcza na płytce elementy. Pasta jest lepka, więc ma ona też właściwości mocujące. Następnie PCB trafia do pieca, który topi pastę i zapewnia zlutowanie elementów z padami.

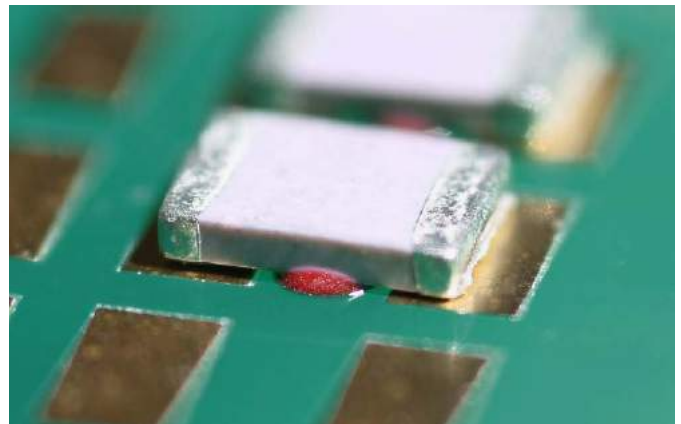
Metoda ręczna, to po prostu montaż THT przez operatora wyposażonego w stację lutowniczą. Tak montuje się duże elementy jak radiatory, ekrany, dławiki i niektóre złącza.

Montaż na fali polega na naniesieniu na płytkę kleju, za pomocą dozownika, który tworzy maleńkie kropelki umiejscowione w środku pola zajmowanego przez elementy (fotografia 5). Potem automat pick-and-place układa na takiej płytce elementy, a klej je przytrzymuje (fotografia 6). Po utwardzeniu kleju płytkę się odwraca i przepuszcza przez strumień roztopionego spoiwa, który lutuje pady i elementy (fotografia 7). Ma on kształt odwróconej litery V, a płytka dotyka jego czubka. Lutowanie na fali pozwala też na montaż mieszany, a więc elementów THT włożonych w otwory od góry i podzespołów SMD przyklejonych od dołu PCB. Klej na obwód drukowany może być nanoszony z użyciem szablonów oraz dyspenserów. Ten ostatni sposób może być korzystny przy drobnych zleceniach, bo nie wymaga wykonania szablonu.

Lutowanie za pomocą fali selektywnej jest modyfikacją tego ostatniego procesu. Niemniej zamiast dużego strumienia spoiwa opływającego całą płytkę stosuje się mały strumyczek tworzony przez dyszę o zmieniającym się kierunku. Pozwala to na przylutowanie wybranych elementów, bez grzania całości obwodu.

Do kogo się zgłosić?

Zanim rozpocznie się poszukiwania firmy EMS do realizacji zlecenia, konieczne jest przygotowanie zestawu materiałów opisujących możliwie najdokładniej zadanie, które jest do wykonania. Upraszczając to komunikację, ogranicza liczbę dodatkowych pytań i obu stronom oszczędza cennego czasu.



Fotografia 8. Montaż elementów SMD na klej do późniejszego lutowania na fali



Fotografia 9. Strumień roztopionego spoiwa do lutowania na fali

Należy sprecyzować swoje oczekiwania i wymagania i przynajmniej spisać je w punktach, np. że oczekujemy wykonania płytki drukowanej, kupna komponentów, montażu oraz ew. operacji dodatkowych. Należy podać wielkość serii, sugerowany czas wykonania. To samo dotyczy wymagań w zakresie testowania, zachowania jakości

itd. Im więcej danych tym lepiej, bo każde niedoprecyzowanie może być później źródłem problemów.

Do zapytania ofertowego należy dołączyć pliki pozwalające firmie EMS ocenić wielkość płytki i jej skomplikowanie produkcyjne oraz listę materiałową BOM (*Bill of Materials*), czyli wykaz wszystkich komponentów wymaganych w procesie wytwarzania i montażu. Kompletny wykaz powinien obejmować wszystkie informacje niezbędne do rozpoczęcia montażu – numer komponentu, nazwę producenta, liczbę sztuk, opis, rodzaj obudowy, metodę montażu, docelową warstwę płytki oraz oznaczenie w projekcie oraz informacje na temat możliwych zamienników. Nie wolno zapominać, że elementy na PCB stanowią około 75% wartości całego pakietu PCB, zatem plik BOM jest kluczowy dla dokumentacji. Większość przedsiębiorstw udostępnia własne wzory BOM oraz poradniki do tworzenia zapytań i najlepiej stosować się ściśle do tych wytycznych i nie próbować forsować swoich pomysłów.

Następny krok to przejrzanie dostępnych ofert i przesłanie pytań do wybranej grupy. Znalezienie optymalnej firmy do współpracy przy produkcji nie jest więc łatwe i jest czasochłonne, bo wiele pytań będzie nietrafionych, a do innych, w odpowiedzi zostaną przysłane pytania. Należy się na takie iteracje nastawić.

Robert Magdziak

KAP

Dzięki uprzejmości firmy Kamami, mamy dla czytelników EP zestaw startowy z serii STM32 Nucleo wyposażony w mikrokontroler STM32F446RET6. Seria STM32 Nucleo jest niedrogą i uniwersalną linią zestawów startowych dla hobbystów. Płytkę ma złącza rozszerzeń kompatybilne z Arduino oraz z ST Morpho. Na wyposażeniu jest programator ST-Link v.2.1.

Wybrane parametry modułu:

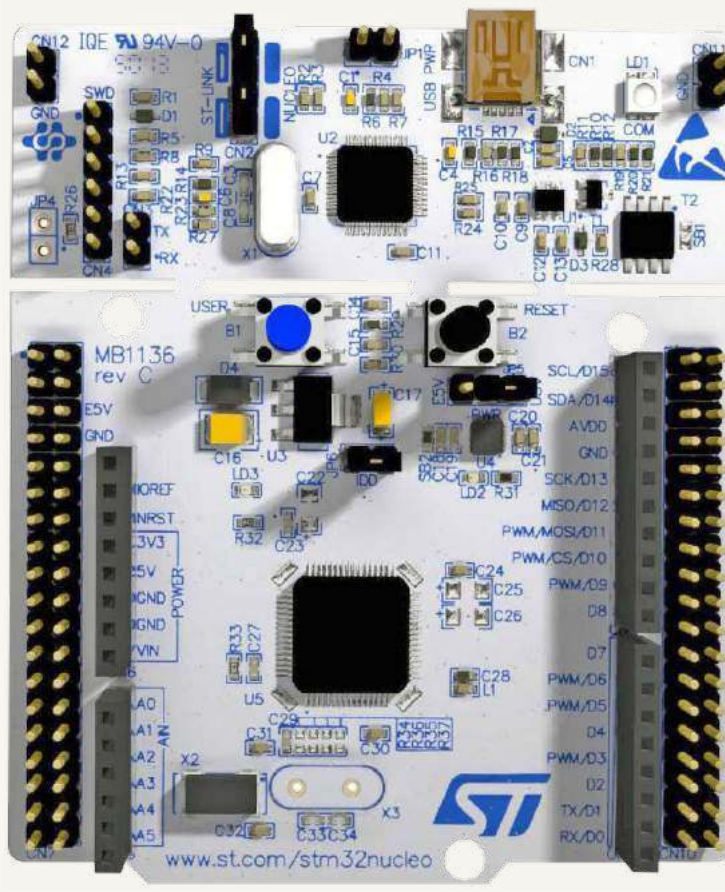
- mikrokontroler STM32F446RET6
- złącza rozszerzeń:
 - zgodne z Arduino Uno R3,
 - STMicroelectronics Morpho,
 - wbudowany programator/debuger ST-Link v.2.1,
 - zasilanie: USB lub zasilacz (3,3 V, 5 V, 7...12 V),
 - współpraca z wieloma środowiskami, m.in.: IAR, Keil, środowiska z kompilatorem GCC.

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

Członkiem KAP może stać się każdy, kto zgłosi chęć przetestowania próbki. Wykaz i krótki opis próbek, którymi dysponuje redakcja EP, można znaleźć na stronie <http://ep.com.pl/nawosci/kap>. Wystarczy wybrać próbkę i zaplanować jej zastosowanie. Następnie należy wystąpić wiadomością poprzez formularz kontaktowy, dostępny również na wspomnianej stronie, z prośbą o przesłanie bezpłatnej próbki, opisując swój pomysł oraz podając dane do wysyłki.

Mile widziane, choć nieobowiązkowe, jest też przystanie do redakcji EP opisu wykonanej aplikacji próbek. Najciekawsze opisy opublikujemy na naszej stronie <http://ep.com.pl> lub na łamach „Elektroniki Praktycznej”.

Z uwagi na ograniczoną liczbę dostępnych próbek i nie-małe zainteresowanie nimi, warto opisać swój pomysł na projekt na naszym forum internetowym, w dziale poświęconym Klubowi Aplikantów Próbek <http://bit.ly/2qeN28e>. Ponadto, by dodatkowo zwiększyć swoje szanse należy polubić fanpage Elektroniki Praktycznej na Facebooku (<http://bit.ly/2WygF09>) oraz udostępnić post, w którym opisujemy rozdawane próbki.



Kompleksowa produkcja elektroniki dla producentów zaawansowanych urządzeń elektronicznych

Firma Printor jest kontraktowym producentem elektroniki. Świadczone usługi i produkcja odbywają się w jednym miejscu. Firma Printor jako jedna z nielicznych produkuje u siebie obwody drukowane i dzięki temu dostarcza kompleksowy zakres usług takich jak: produkcja PCB, montaż SMT, montaż THT, zarządzanie dostawami, np. obsługa komponentów, testowanie oraz usługi dodatkowe.

Nasze doświadczenie

Jesteśmy solidnym partnerem dla firm ceniących jakość wykonania i terminowość dostaw. Współpracujemy z przedsiębiorstwami światowego rozmiaru, jak również z firmami rozwijającymi się. Wypracowana przez nas jakość to efekt blisko 40 lat budowania doświadczenia jako producenta elektroniki. Rocznie współpracujemy z około 400 firmami. Nasze systemy zarządzania i zaawansowane podejście do planowania dają nam możliwość współpracy z niemal każdym przedsiębiorstwem. Tworzymy zaawansowane projekty montażowe, jak i proste obwody drukowane (PCB). Jesteśmy w stanie spełnić bardzo rygorystyczne wymagania, specyficzne dla poszczególnych branż. Głównie produkujemy dla firm z takich branż jak: informatyka, telekomunikacja, IoT, automotive, elektronika przemysłowa, medyczna, energetyka, oświetlenie czy elektronika użytkowa.

Kompleksowa produkcja elektroniki to najefektywniejszy model współpracy, optymalizacja kosztów produkcji i prowadzenia biznesu:

- wszystko w jednym miejscu – tylko jeden dostawca,
- gwarancja wysokiej jakości i terminowości,
- stabilny cykl produkcji i optymalne zarządzanie gospodarką magazynową,
- zmniejszenie kosztów operacyjnych
- związanych z koordynacją kilku dostawców.



Więcej informacji:

Printor
tel. 42 652 79 44
eprintor@printor.pl, www.printor.pl



Dlaczego warto z nami współpracować?

Produkcja elektroniki to nie tylko mechaniczny czy chemiczny proces, to również tworzenie pewnej idei. Naszą ideą jest, by produkty firmy Printor dawały urządzeniom naszych klientów gwarancję skuteczności i niezawodności, bo to w końcowym efekcie przekłada się na komfort użytkowania i satysfakcję odbiorców docelowych. Za cel stawiamy więc sobie dostarczanie klientom wyrobów o najwyższej jakości, spełniających oczekiwania ich biznesu.

Zapraszamy do współpracy!

REKLAMA

Printor

Electronic Manufacturing

Jesteśmy w branży od 1981 roku

Kontraktowa produkcja elektroniki

Gwarantujemy niezawodność,
wspieramy Twój biznes

+48 42 652 79 44
eprintor@printor.pl

Printor Sp. z o.o.
ul. Szczecińska 59a, Łódź

→ www.printor.pl

- ✓ Produkcja płytek PCB
- ✓ Montaż SMT i THT
- ✓ Montaż końcowy
- ✓ Kompletacja elementów
- ✓ Testy

Ogłoszenia i reklamy hurtowni, sklepów, importerów, producentów, dealerów, itp. są płatne. Cena podstawowego modułu (35x20 mm) wynosi 66 zł + VAT. Koszt minimalnej ramki dla ogłoszeń o wielkości 3 modułów wynosi 198 zł + VAT. Moduły można łączyć zarówno w pionie jak i w poziomie. Maksymalna szerokość ogłoszenia to 5 modułów, wysokość 12 modułów. Rabaty stosujemy wyłącznie dla reklam powyżej 8 modułów: 4-6 emisji 10%, 7-11 emisji 15% i od 12 emisji 25%.

Oferta specjalna:

- publikacja fragmentów cennika w ramce o wielkości: 8 modułów w pionie cena 264 zł + VAT, 9 modułów w poziomie 305 zł + VAT
- rabat specjalny dla firm poszukujących pracowników wynosi 25% (wyłącznie dla dużych reklam).

Wszelkich informacji udziela **Grzegorz Krzykowski, tel. 22 257 84 60**, e-mail: **grzegorz.krzykowski@ep.com.pl**.

Reklamy do tej rubryki mogą być przygotowane przez Zamawiającego w CMYK, w formacie CDR (wersja do 2018), AI, EPS (tekst zmieniony na krzywe), PSD, PDF (programy Adobe w wersji do CC 2019 włącznie PC/Mac) z próbnym wydrukiem. Małe reklamy mogą być przygotowane w redakcji (gratis) na podstawie odręcznego szkicu. Opracowania te nie będą jednak wówczas uzgadniane z Zamawiającym przed oddaniem do druku.



Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczonych w Elektronice Praktycznej

OBWODY DRUKOWANE

Produkcja, Projektowanie, Montaż

Certyfikat Underwriters Laboratories Zakład produkcyjny: 05-260 Marki ul. Duża 1 tel. 22 781 63 95 22 761 95 80 fax. 22 781 63 95 w 23 www.elmax.waw.pl elmax@elmax.waw.pl 	Płytki jednostronne Płytki dwustronne Płytki na podłożu aluminium Płyty czolowe FR4	Serie dowolne Prototypy Maksymalny wymiar płytek 1w 630 mm
	Dokumentacja technologiczna Dokumentacja konstrukcyjna Trawione szablony SMD	Montaż elektroniczny Krótkie terminy Wykonania super ekspresowe
	Aktywny kalkulator prototypów na stronie internetowej	Pokrycie Sn lub SnPb inne na życzenie Maski, opisy montażowe w różnych kolorach

WWW.AKSOTRONIK.COM.PL

Aksotronik

ELEMENTY ELEKTRONICZNE

Hurtownia elementów elektronicznych "AKSOTRONIK" zaprasza do swojego sklepu internetowego. Zaloguj się i kupuj ON-LINE na naszej stronie:

- Magnesy neodymowe oraz ferrytowe (Ceny od 8.10zł)
- Przełączniki klawiszowe wodorzeczne/pyluszczalne (Ceny od 2.40zł)
- Druty oporowe od 0.16 do 0.51mm (Ceny od 5.70zł)
- Przewodniki do przewodów (Ceny od 11.00zł)
- Kostki elektryczne zaciskowe (Ceny od 0.22zł)
- Szczetki węglowe do elektonarzędzi (Ceny od 2.60zł/kpl)
- Przełączniki do elektonarzędzi zwykłe i elektromagnetyczne (Ceny od 7.00zł)
- Podkładki/organizery (Ceny od 0.95zł)
- Złącza hermetyczne Superseal (Ceny od 1.10zł/kpl)
- Zestawy śrubek M2, M3 z nakrętkami i podkładkami (Ceny od 2.50zł)

Uwaga!!! Powyższe ceny dotyczą zakupów minimalnych ilości hurtowych, poprzez nasz sklep internetowy. W swojej ofercie posiadamy m.in.: półprzewodniki (diody, układy scalone, tranzystory, triaki, elementy optoelektroniczne), elementy dystansowe, złącza, przełączniki, elementy akustyczne, rezystory, kondensatory, kwarce, podstawki, moduły Arduino. Zapraszamy do kontaktu: **INFO@aksotronik.com.pl, tel: (22) 783-20-51**

www.delta.poznan.pl

► **APTI-54C4-2812WP**

Wielkość matrycy: 5 Mpx (Sony Starvis)
 Obiektyw: 2.8 - 12 mm (kąt widzenia 86° - 24°)
 Rozdzielczość: 2592 x 1944 (5 Mpx)
 Zasięg oświetlacza IR: 40 m
 Protokoły sieciowe: TCP/IP, DDNS, NTP, ONVIF 2.4
 PoE 802.3af, Klasa szczelności IP66
 3D-DNR, WDR, DEFOG, H265+, ROI, ...
 Aplikacje dla: Android, iOS
 Bardzo dobra jakość w jeszcze lepszej cenie

► **APTI-54C6-3611WP-Z**

Wielkość matrycy: 8,3 Mpx (przetwornik 1/1.8")
 Obiektyw: 3.6 - 11 mm (kąt widzenia 90° - 36°)
 Rozdzielczość: 3840 x 2160 (4K UHD)
 Przepływność (bitrate): 64 ... 12000 kbit/s
 Protokoły sieciowe: TCP/IP, NTP, DDNS, ONVIF 2.4
 PoE 802.3af, Klasa szczelności IP66
 3D-DNR, WDR, DEFOG, ROI, H265+, ...
 Aplikacje dla: Android, iOS
 Wysoka rozdzielczość dostępna w atrakcyjnej cenie

► **APTI-54VA3-2812P**

Wielkość matrycy: 5 Mpx (przetwornik 1/2.8")
 Obiektyw: 2.8 - 12 mm (kąt widzenia 86° - 24°)
 Rozdzielczość: 2592 x 1944
 Obsługa audio - mikrofon zewnętrzny
 Protokoły sieciowe: TCP/IP, NTP, DDNS, FTP
 PoE 802.3af, Klasa szczelności IP66, H.265+
 3D-DNR, DEFOG, D-WDR, ROI, detekcja ruchu, ...
 Aplikacje dla: Android, iOS
 Bardzo dobry stosunek jakości do ceny

Największy wybór w Polsce

www.ep.com.pl

RACK i Eurocarta 19" Wyposażenie szaf 19"

www.obudowa.pl

Producent obudów dla elektroniki tel. 032-230-2301

KITY

AVT

http://bit.ly/2FNvrIN



Systemy dla Internetu Rzeczy (39)

Pomiary czujnikami jakości gazu SGP30, SPGPC3 oraz dwutlenku węgla SCD30 firmy Sensirion

Monitorowanie jakości powietrza nabiera dużego znaczenia w czasach epidemii choroby górnych dróg oddechowych COVID-19. Doskonale się do tego nadają małe, dokładne ale tanie czujniki jakości gazu serii SGP3xx oraz czujnik dwutlenku węgla SCD30 firmy Sensirion. Pierwsze próby w tej dziedzinie bardzo ułatwia zestaw narzędzi SEK – Sensing Evaluation Kit firmy Sensirion składający się z modułu bazowego SEK-SensorBridge oraz dołączanych do niego zestawów ewaluacyjnych z czujnikami. Czujniki firmy Sensirion zapewniają szczegółowe i wiarygodne dane dotyczące kluczowych parametrów środowiskowych, takich jak wilgotność, temperatura, lotne związki organiczne (VOC), pyły zawieszone (PM2,5) i CO₂. Całość jest obsługiwana przez firmową aplikację SEK-ControlCenter.

Wprowadzenie do tematyki pomiarów gazów zostało zamieszczone w jednym z poprzednich odcinków kursu [S35]. Zostały tam omówione zagadnienia dotyczące lotnych związków organicznych

(VOC) i ich pomiarów, zagadnienia pomiarów równoważnika dwutlenku węgla eCO₂ (CO₂eq) oraz określania jakości powietrza w pomieszczeniach (IAQ). Zostały przedstawione wiodące technologie pomiarów oraz reprezentatywne układy scalone różnych producentów z interfejsem cyfrowym. Również we wcześniejszym odcinku kursu były omówione scalone czujniki cyfrowe wilgotności i temperatury [S32].

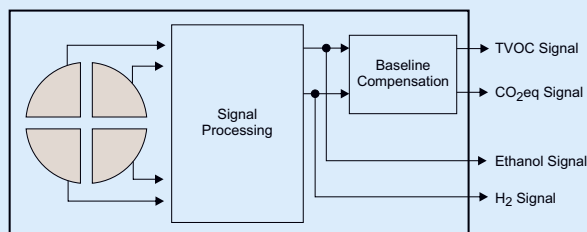
Teraz zajmujemy się praktyczną pracą z czujnikami gazów serii SG3xx firmy Sensirion. Seria najmniejszych na świecie cyfrowych czujników gazu SGP firmy Sensirion stwarza duże możliwości pomiaru jakości powietrza w pomieszczeniach [1]. Istotnym uzupełnieniem będzie praca z czujnikiem dwutlenku węgla SCD30.



ARROW ELECTRONICS

SEK-SGP30-Sensor i SEK-SGPC3-Sensor, modułów SVM30 i SCD30 oraz modułów sprzętowych „SHT31 Smart Gadget Development Kit”.

Podziękowania dla pana Cezarego Rodziewicza, inżyniera aplikacyjnego w firmie Arrow Electronics Poland za udostępnienie modułu bazowego SEK-SensorBridge, zestawów



Rysunek 1. Schemat blokowy czujnika SGP30 firmy Sensirion [2]

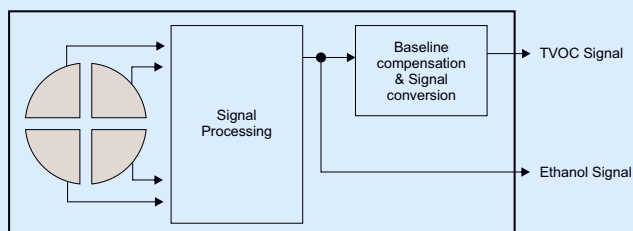
Czujnik jakości powietrza SGP30

Układy serii SGP są zintegrowane w bardzo małej wodoodpornej i pyłoszczelnej obudowie DFN 2,45×2,45×0,9 mm z interfejsem I²C i w pełni skalibrowanymi sygnałami wyjściowymi informującymi o jakości powietrza [1]. Firma Sensirion dostarcza darmowy kod sterownika do obsługi łącza I²C układów serii SGP3xx zarówno z wykorzystaniem sprzętowego modułu peryferyjnego mikrokontrolera jak również z zastosowaniem wyprowadzeń GPIO.

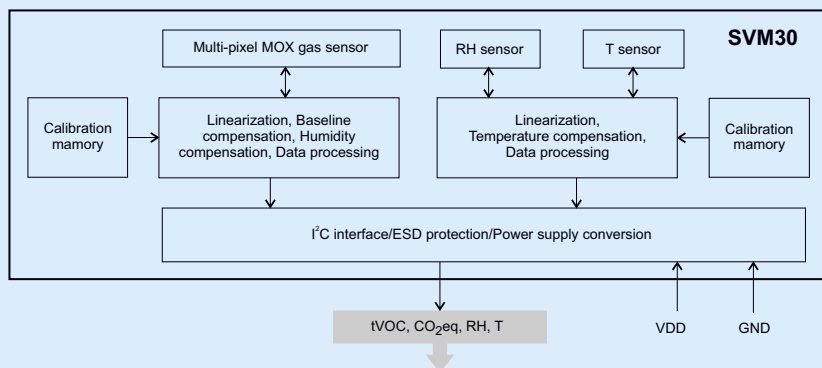
Czujnik jakości powietrza SGP30 firmy Sensirion integruje cztery elementy czujnikowe (piksele) w jednym układzie scalonym (rysunek 1). Mikroplątka z kontrolowaną temperaturą zapewnia stabilną pracę czterech pojedynczych pikseli czujnikowych. Zastosowane w układzie algorytmy przetwarzania do kalibracji poziomu odniesienia (baseline), temperatury i wilgotności przekształcają sygnały pikseli czujnika we wstępnie przetworzone i skalibrowane sygnały cyfrowe, takie jak stężenie VOC w otoczeniu i równoważne stężenie CO₂ [2].

Parametry układu SGP30:

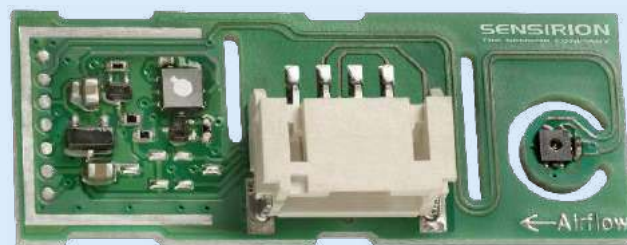
- metoda pomiarowa: półprzewodnikowy scalony czujnik gazu w technologii MOXSens oraz CMOSens,
- wyjście: TVOC [ppb], CO₂eq [ppm] oraz sygnały surowe (Ethanol i H₂),
- zakres: TVOC: 0...60000 ppb, CO₂eq: 400...60000 ppm,
- dokładność: 15% wartości mierzonej typ.,
- rozdzielczość: 0,2% wartości mierzonej typ.,
- stabilność długoterminowa: typ 1,3% wartości maksymalnej na rok,
- typowa częstotliwość pomiarów: 1 sps,
- maksymalna częstotliwość pomiarów: 40 sps,
- kompensacja poziomu odniesienia: wewnętrzny algorytm kompensacji (dla typowej częstotliwości pomiarów),



Rysunek 2. Schemat blokowy czujnika SGPC3 firmy Sensirion [3]



Rysunek 3. Schemat blokowy modułu SVM30 firmy Sensirion [6]



Fotografia 1. Moduł SVM30 firmy Sensirion [5]

- kompensacja zmian wilgotności: tak, przy zastosowaniu zewnętrznego czujnika,
- napięcie zasilania: 1,62...1,98 V (1,8 V typ.),
- prąd w trakcie pomiaru: 48 mA typ. (przez czas ok. 40 ms),
- prąd uśpienia: 2 μA typ.,
- interfejs cyfrowy: I²C 1,8 V typ.,
- słowo danych: 16 bitów plus CRC.

Układ SGP30 nie obsługuje wyższego napięcia zasilania (np. 3,3 V) co w takim przypadku powoduje konieczność stosowania translatora poziomów. Na rok 2020 planowane jest udostępnienie wersji układów z wyższym napięciem pracy.

Czujnik jakości powietrza SGP3

Firma Sensirion wprowadziła niedawno na rynek wielopikselowy czujnik gazu SGPC3 niskiej mocy [3]. Czujnik mierzy tylko poziom VOC (rysunek 2). Jest umieszczony w takiej samej małej obudowie co SGP30 ale wyróżnia się bardzo niską mocą zasilania. Średni prąd SGPC3 wynosi 0,98 mA w trybie niskiej mocy (pomiar co 2 s) oraz 0,065 mA w trybie ultra niskiej mocy (pomiar co 30 s). Pozostałe parametry są takie same jak dla SGP30.

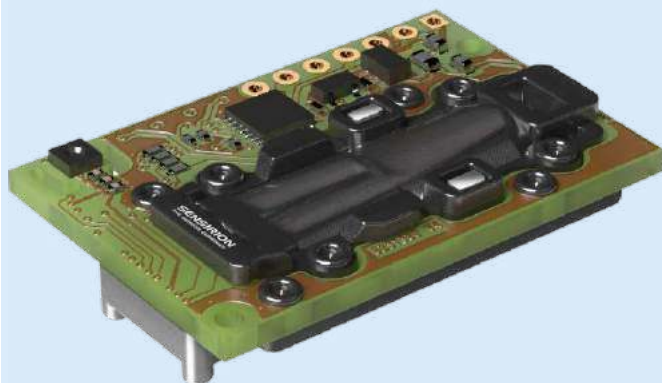
Cyfrowy czujnik wilgotności i temperatury serii SHTC1

Dzięki opatentowanej technologii CMOSens firma Sensirion jako pierwsza zaoferowała cyfrowy czujnik wilgotności klasy motoryzacyjnej ze skalibrowanym i zlinearyzowanym sygnałem wyjściowym. Co trzeci samochód ma zainstalowany czujnik wilgotności względnej firmy Sensirion [7].

SHTC1 to cyfrowy czujnik wilgotności zaprojektowany specjalnie do zastosowań w elektronice użytkowej [8]. Obejmuje zakres pomiaru wilgotności od 0 do 100% RH oraz zakres pomiaru temperatury od -30°C do 100°C z typową dokładnością ±3% RH i ±0,3°C.

Moduł pomiaru jakości powietrza SVM30

SVM30 to wielofunkcyjny moduł czujnika gazu, wilgotności i temperatury [5] zawierający czujnik gazu SGP30 [6] oraz czujnik wilgotności i temperatury SHTC1 [7]. Zastosowanie obu czujników pozwala na zlinearyzowanie i skalibrowanie sygnału jakości powietrza, a także kompensację krzyżowej czułości wilgotności (rysunek 3). Moduł ma wymiary 39×15×7,2 mm z zamontowanym 4 wyprowadzeniowym gniazdkiem dla I²C. Moduł dostarczany jest w pełni przetestowany i skalibrowany. Czujnik RH/T jest zamontowany na izolowanej „wyspie” płytki drukowanej (fotografia 1, po prawej). Zalecane jest takie zorientowanie modułu, aby powietrze napływało od strony czujnika RH/T. Pozwala to uniknięcia efektu podgrzewania powietrza przez pozostałą elektronikę (w tym czujnik gazu). Moduł pracuje z typowym napięciem zasilania 5 V i prądem średnim 49 mA. Wyprowadzenia SCL i SDA modułu są wewnętrznie podciągnięte do zasilania 5 V. Moduł nie obsługuje układów zewnętrznych o niższym napięciu zasilania (np. 3,3 V).



Fotografia 2. Moduł SCD30 firmy Sensirion [9]

Moduł SCD30 czujnika CO₂

Moduł SCD30 firmy Sensirion to wysokiej jakości czujnik CO₂ z zastosowaniem pomiaru metodą niedyspersyjnej podczerwieni (NDIR) [9]. Firma Sensirion opracowała termostos (*thermopile*) w oparciu o technologię CMOSens. Technologia ta umożliwia integrację funkcji cyfrowych i analogowych CMOS z bardzo cienką membraną wykonaną w warstwie metalowej. Technologia czujnika gazu CO₂ obejmuje nie tylko struktury w krzemie. Obudowa i filtry podczerwieni są również bardzo ważne dla dokładności pomiaru. Dzięki dwukanałowemu pomiarowi stężenia dwutlenku węgla (wbudowany kanał referencyjny) czujnik automatycznie kompensuje zmiany długoterminowe. Mikrokontroler o bardzo niskiej mocy firmy STMicroelectronics steruje modulem i komunikacją [11].

Aby poprawić dokładność, SCD30 ma wbudowane najlepsze w swojej klasie czujniki temperatury i wilgotności SHT31. Dodatkową dokładność można uzyskać przy uwzględnieniu odczytów ciśnienia otoczenia przez zewnętrzny czujnik. Czujnik jest dostarczany w pełni skalibrowany i zlinearyzowany. SCD30 oferuje też procedurę automatycznej autokalibracji.

Parametry modułu SCD30 [10]:

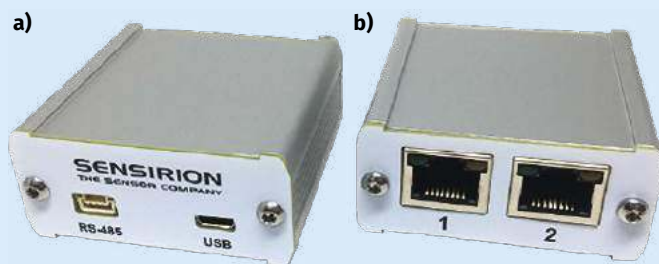
- metoda pomiarowa: pomiar CO₂ metodą niedyspersyjnej podczerwieni (NDIR),
- zakres: 0...40 000 ppm,
- dokładność: ±30 ppm,
- powtarzalność: ±10 ppm,
- czas odpowiedzi (t63): 20 s,
- stabilność temperaturowa: 2,5 ppm/°C (0...50°C),
- stabilność długoterminowa: ±50 ppm,
- kompensacja poziomu odniesienia: wewnętrzny kanał referencyjny,
- napięcie zasilania: 3,3...5,5 V,
- prąd średni: 19 mA typ. (pomiar co 2s),
- prąd w trakcie pomiaru: 75 mA max.,
- interfejs cyfrowy: UART lub I²C, PWM,
- słowo danych: 16 bitów plus CRC.

Moduł SCD30 jest zbudowany w postaci zintegrowanej płytki drukowanej o wymiarach zewnętrznych 7×23×35 mm i masie 4 g (fotografia 2). Bardzo mała wysokość modułu umożliwia łatwą integrację w różnych aplikacjach.

Moduł bazowy SEK-SensorBridge

Zestaw narzędzi SEK – Sensing Evaluation Kit firmy Sensirion składa się z modułu bazowego SEK-SensorBridge oraz dołączanych do niego zestawów ewaluacyjnych [12]. Każdy zestaw składa się z kabla adaptera RJ45 (1 m) z wtyczką pasującą do złącza modułu czujnika. W zestawie jest też jeden moduł czujnika (lub trzy) [13]. Całość jest obsługiwana przez firmową aplikację SEK-ControlCenter [14].

Moduł SEK-SensorBridge ma dwa porty akwizycji danych ze złączami RJ45 (fotografia 3b). Nie mają one nic wspólnego z siecią



Fotografia 3. Widok SEK-SensorBridge (a) gniazdka komunikacji z komputerem (b) gniazdka RJ45 portów dołączania czujników [12]

komputerową – zostały tylko zastosowane do dołączenia do ośmiu linii sygnałowych łącza SPI i I²C oraz zasilania.

Każdy port modułu SEK-SensorBridge reprezentuje osobny kanał akwizycji i posiada następujące cechy:

- obsługa szyny I²C z zegarem do 1 MHz,
- ustawiane napięcie zasilania w zakresie 1,2...5,5 V,
- prąd zasilania do 250 mA dla 5 V,
- wejście analogowe 0...5,5 V,
- obsługa szyny SPI z zegarem do 2 MHz.

Standardowym interfejsem między modulem SensorBridge a komputerem jest USB Virtual COM Port, wykorzystujący standardowe złącze micro USB (fotografia 3a). Zapewnia to szybki interfejs plug-and-play do komputera i działa bezproblemowo z oprogramowaniem SEK-ControlCenter. Do komputera można podłączyć kilka modułów SensorBridge w celu równoczesnej akwizycji danych z wielu czujników. Moduł SensorBridge można również podłączyć do komputera poprzez interfejs RS485. Umożliwia to podłączenie kilku modułów SensorBridge na jednej magistrali i zasilanie ich tylko jednym zasilaniem. Ponadto interfejs RS485 może obsługiwać duże odległości między urządzeniami a komputerem.

Moduł SEK-SensorBridge obsługuje wiele typów czujników: SHTC3, SHTW2, SHT31, SCC30, SHT35, SGP30, SGPC3 oraz moduły SCD30 i SVM30. Moduł może pracować z więcej niż jednym czujnikiem dołączonym do tego samego kanału. Jednak w praktyce występują ograniczenia. Dołączane czujniki muszą:

- posiadać różny adres szyny I²C,
- pracować z tym samym napięciem zasilania,
- obsługiwać odpowiedni zakres częstotliwości pracy szyny I²C.

Moduł jest łatwy w użyciu jednak poważnym ograniczeniem jest mała liczba portów, brak sygnalizacji podłączenia zasilania oraz stosunkowo wysoka cena.

Czujnikowe zestawy ewaluacyjne

Na firmowej stronie kompletowania indywidualnych zestawów narzędzi SEK – Sensing Evaluation Kit jest pokazanych 9 zestawów ewaluacyjnych z czujnikami, przydatnych do dołączenia do modułu bazowego SEK-SensorBridge [13]. Obejmują one pomiar temperatury, wilgotności względnej, jakości powietrza i CO₂. Jednak na internetowych stronach dystrybutorów jest pokazanych 5 dodatkowych firmowych zestawów do pomiaru przepływu. I tutaj zaczynają się problemy – obie firmowe strony dotyczące zestawu SEK są bardzo nieczytelne [12, 13]. Trudno jest znaleźć dokładne informacje, oprócz odnośników do stron, czujników oraz miejsc zakupu. Na liście zestawów ewaluacyjnych znajduje się też zestaw SEK-SPS30, który wcale nie wymaga modułu SEK-SensorBridge.

Zestaw SEK-SGP30-Sensor oraz SEK-SGPC3-Sensor

Zestaw składa się z kabla adaptera zakończonego z jednej strony wtyczką RJ45 a z drugiej strony złączem czteresygnałowym przeznaczonym do złącza powierzchniowego na elastycznej płytce drukowanej (FPCB). Obok niego jest równolegle podłączone czteresygnałowe



Fotografia 4. Zestawy SEK-SGPC3-Sensor oraz SEK-SGP30-Sensor dołączone do modułu bazowego SEK-SensorBridge [13]

gniazdka z rozstawem 1 mm. Do zestawu są dołączone trzy moduły czujnikowe (oznaczone na opakowaniu jako SGPxx on PCB) z układem scalonym SGP30 (SGPC3) zamontowanym na elastycznej płytce drukowanej [13]. Oba zestawy wyglądają tak samo (fotografia 4).

Moduły czujnikowe na elastycznej płytce drukowanej nie mają dokumentacji, ani nie są dostępne do kupienia osobno. Kolejnym problemem jest brak czytelnego oznaczenia typu czujnika na płytce drukowanej. Oznaczenia na obudowie układu scalonego są w praktyce nieczytelne.

Zestaw SEK-SVM30-Sensor

Zestaw składa się z kabla adaptera zakończonego z jednej strony wtyczką RJ45 a z drugiej strony jest złącze do gniazdka na module SVM30 (fotografia 5). Dołączony jest też jeden moduł czujnikowy [13].



Fotografia 5. Zestaw ewaluacyjny SEK-SVM30-Sensor z modulem czujnikowym SVM30-J [13]



Fotografia 6. Zestaw ewaluacyjny SEK-SCD30-Sensor z modulem czujnikowym SCD30 [13]

Zestaw SEK-SCD30-Sensor

Zestaw składa się z kabla zakończonego z obu stron wtyczką RJ45 oraz modułu SCD30 nałożonego na specjalną płytkę drukowaną adaptera (fotografia 6). Na złączu modułu SCD30 są używane tylko cztery wyprowadzenia zawierające zasilanie oraz dwie linie standardu I²C [13]. Dużym utrudnieniem jest brak dokumentacji do adaptera.

Aplikacja ControlCenter

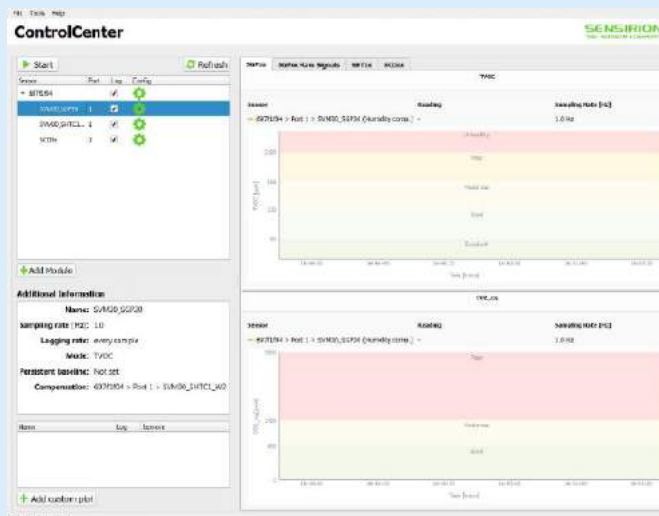
Aplikacja ControlCenter firmy Sensirion jest przeznaczona do pracy z modulem SEK i dołączonymi do niego czujnikami tej firmy. Plik instalacyjny dla różnych systemów operacyjnych jest dostępny do pobrania ze strony głównej aplikacji [14]. Obecnie (czerwiec 2020) jest dostępna wersja 1.22.0 programu. Podczas instalacji dodawane są sterowniki dla portu wirtualnego oraz dla modułu SEK-SensorBridge.

Moduł SEK-SensorBridge jest identyfikowany w aplikacji jako EKS2. Podczas uruchomienia programu i znalezienia modułu SEK-SensorBridge sprawdzana jest wersja zainstalowanego oprogramowania firmowego oraz dostępność jego nowszej wersji i może zostać zaproponowana jego aktualizacja. Obecnie (Czerwiec 2020) jest dostępna wersja 5.8 tego oprogramowania. Po wpisaniu nowego oprogramowania firmowego ControlCenter zgłasza brak połączenia z czujnikami. Wymagane jest ponowne uruchomienie.

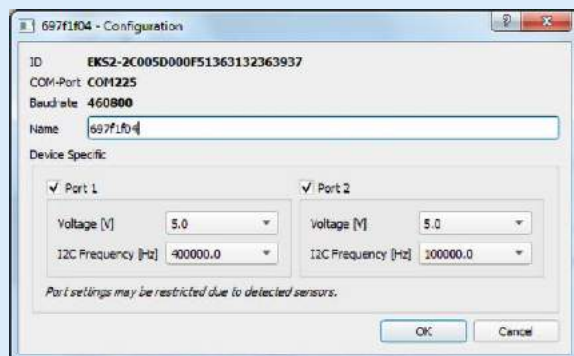
Po uruchomieniu programu wyświetlane jest okno główne aplikacji (rysunek 4) i wykonywane jest skanowanie wszystkich dostępnych portów USB w celu znalezienia dołączonych modułów SEK-SensorBridge. Ich lista wraz z wykrytymi czujnikami jest wyświetlana w lewym rogu okna aplikacji. Program obsługuje imponującą listę czujników: SHTC1, SHTW2, SHTC3, SHT3x, SHT2x, SHT85, STS3x, SGP30, SGPC3, SCD30, SPS30.

W menu *Tools* jest pozycja *Manage firmware*, która otwiera okno dialogowe z informacją o numerze modułu SEK-SensorBridge i wersji jego oprogramowania firmowego. Możliwe jest też wskazanie pliku z nową wersją do aktualizacji. W menu *Help* są dostępne linki do przydatnych stron: strona główna aplikacji [14], strona dokumentacji aplikacji [15] strona często zadawanych pytań (FAQ) [16]. Jest też link błędny, który według nazwy miał dawać dostęp do strony głównej modułu SEK-SensorBridge [12]. Przycisk *Refresh* służy do ponownego skanowania portów USB. Jest on aktywny tylko wtedy, gdy nie jest wykonywana akwizycja danych. Powoduje także powrót do domyślnego skonfigurowania aranżacji i parametrów wykresów danych.

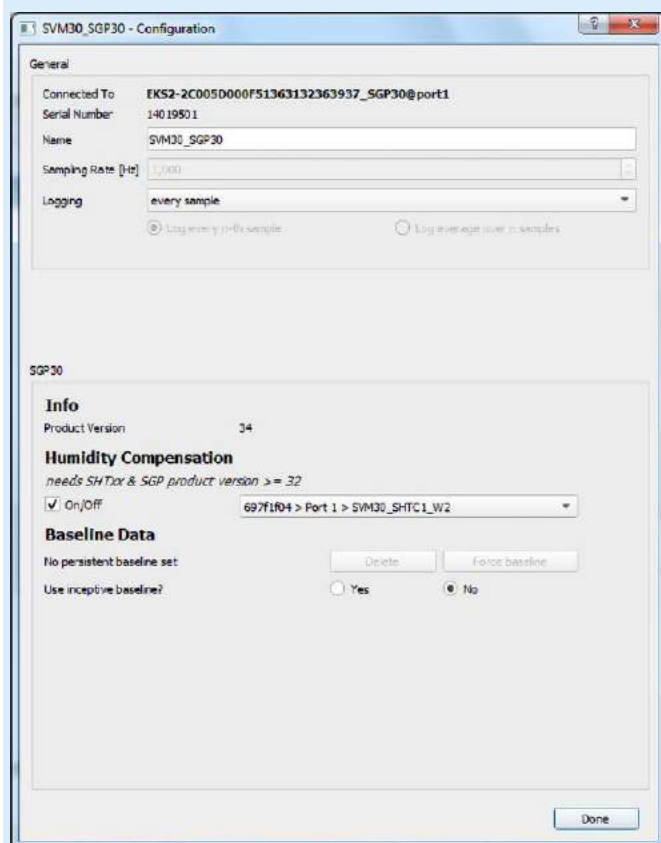
Kliknięcie na linię czujnika na liście powoduje zamruganie diodą LED umieszczoną koło gniazdka danych używanego portu modułu SEK-SensorBridge do niego dołączonego. Powoduje też wyświetlenie w panelu *Additional Information* ustawień konfiguracyjnych tego



Rysunek 4. Okno główne aplikacji ControlCenter po uruchomieniu



Rysunek 5. Okno konfiguracyjne modułu SEK-SensorBridge



Rysunek 6. Okno konfiguracyjne czujnika SGP30 modułu SVM30

czujnika. Na liście, obok nazwy jest pole zaznaczania czy dane mają być zapisywane do pliku dyskowego (log). Ustawienia logów są dostępne z menu *File*. Wybranie pozycji *Data Logging Settings* otwiera okno dialogowe z wyborem katalogu roboczego oraz możliwości zapisu danych czujnika w osobnym lub wspólnym pliku. Można też ustawić znaczniki czasowe reprezentowane w formie czytelnej tekstowo. Pozostałe pozycje służą do otwierania pliku logu w programie Excel oraz otwierania pliku błędów.

Na liście czujników, w kolumnie Config, znajduje się ikonka w postaci koła zębatego. Po kliknięciu na nią otwierane jest okno konfiguracyjne wybranego czujnika lub modułu SEK-SensorBridge. Przykład skonfigurowania modułu do pracy z modulem SDC30 (Port 2) oraz SVM30 (Port 1) jest pokazany na **rysunku 5**. Okno umożliwia ustawienie napięcia zasilania (od 1,2 do 5,5 V) oraz częstotliwości zegara szyny I²C (od 100 kHz do 2 MHz). Zakres dostępnych ustawień jest dopasowany do wymogów dołączonych czujników.

Okno konfigurowania czujnika umożliwia ustawienie częstotliwości wykonywania pomiaru (czasami ustalone na stałe, bez możliwości edycji), liczby pomiarów do uśredniania (1, 2, 5, 10, 100, 1000), zapisu logu z przzerzedzaniem lub z uśrednianiem. Dla

niektórych czujników są dodatkowe ustawienia, np. kompensacja pomiarów TVOC i eCO₂ czujnika SGP30 modułu SVM30 z wykorzystaniem pomiaru wilgotności wykonywanej przez czujnik SHTC1 tego modułu (**rysunek 6**). W oknie ustawiania parametrów czujnika SHTC1 jest opcja *Heater* z wyborem *on/off* ale nie wiadomo co ona oznacza. W lewym panelu okna aplikacji jest przycisk *Add Module* ale jego działanie nie jest do końca znane. Jest też przycisk *Add custom plot*. W oknie dialogowym można wybrać sygnał i nazwę, co spowoduje otwarcie nowej zakładki o tej nazwie z wykresem wybranego sygnału.

Wykresy odczytanych danych z czujników są pokazywane w prawym panelu okna aplikacji. Wykresy danych z czujników są zgrupowane w osobne zakładki. Po prawej stronie każdego wykresu znajduje się ikonka w postaci koła zębatego. Udostępnia ona okno *Plot Settings* z możliwością ustawienia przedziału czasu pokazywanego przebiegu (typowo 600, 300 lub 120 s) częstotliwości aktualizacji wykresu (typowo 1 Hz), wyboru automatycznego skalowania oraz ustawienia formatu skali czasowej: w sekundach (czas bieżący od początku akwizycji) lub czas zegarowy. Dodatkowo można ustawić zakres skali wartości. Po kliknięciu na pole wykresu można go przeciągać w górę i w dół oraz pokrętleń myszy zmieniać zakres skali wartości.

Pola wykresów TVOC oraz CO₂eq czujnika SGP30 pokazują, zaznaczone różnymi kolorami, przedziały skali jakości powietrza z nazwami. Bardzo ułatwia to interpretację wyników. Jednak oznaczenia liczbowe skali wartości tych wykresów są pokazywane tylko na granicach przedziałów jakości. Oznacza to iż nie ma żadnego opisu aż do 66 ppb dla wykresu TVOC oraz 800 ppm dla wykresu CO₂eq. Stwarza to istotne utrudnienie w odczycie bieżącej wartości na wykresie dla typowo niskich wartości tych parametrów w dobrze wentylowanych pomieszczeniach.

Skala czasowa dla różnych czujników jest domyślnie ustawiona na różne wartości. Dla SGP30 jest to 600 s, dla SHTC1 300 s a dla SCD30 120 s. Również opis skali czasu jest dla SGP30 ustawiony jako czas zegarowy a dla SHTC1 i SCD30 czas bieżący. Bardzo utrudnia to porównanie wyników w trakcie pomiarów.

Przyciśnięcie ikonki w prawym górnym rogu każdego wykresu powoduje odłączenie wykresu od zakładki i utworzenia okienka „pływającego” ponad oknem aplikacji. Pozwala to na zmianę organizacji wykresów na zakładce oraz oglądanie wybranych wykresów (jednego czujnika) na tle wykresów danych z innego czujnika.

Przy uruchamianiu aplikacji ControlCenter wyświetlane jest okno Potential SVM30 Module Detected. Daje ono wybór, czy czujniki są dołączone osobno, czy też jest to moduł SVM30. Wybór jest bardzo istotny, gdyż moduł wymaga zasilania 5 V, dużo wyższego niż napięcie pracy samych czujników.

Przyciśnięcie przycisku *Start* rozpoczyna akwizycję danych. Jednocześnie są one zapisywane do plików.

Połączenia sprzętowe

Do prób praktycznych został zastosowany jeden moduł bazowy SEK-SensorBridge oraz zestawy ewaluacyjne z kablami adaptacyjnymi oraz modułami czujnikowymi: SEK-SGP30-Sensor, SEK-SGPC3-Sensor oraz SEK-SHT35-Sensor. Z braku dedykowanych kabli adaptacyjnych (oraz problemów ich pozyskania w czasach epidemii COVID-19) pozostałe moduły zostały dołączone poprzez przejściówki wykonane samodzielnie (jak na fotografii tytułowej). Bardzo pomocna była dokładna firmowa dokumentacja modułów.

Moduł SVM30 został dołączony do kabla adaptacyjnego wykonanym samodzielnie kablem składającym się z wtyczki z przewodami oraz złącza z rozstawem 1 mm. Strona główna modułu bazowego SEK-SensorBridge zawiera schemat rozmieszczenia sygnałów na złączu RJ45 portów danych modułu. Miernikiem można łatwo ustalić rozmieszczenie sygnałów na złączach po drugiej stronie kabla adaptera. Moduł SCD30 został dołączony do standardowej płytki stykowej

Tabela 1. Adresy czujników na szynie I²C

Nazwa modułu	Nazwa czujnika	Adres I ² C Hex	Maksymalna częstotliwość szyny I ² C	Napięcie zasilania
SVM30	SHTC1	0x70	400 kHz	5 V (dla modułu)
	SGP30	0x58	400 kHz	
SCD30		0x61	100 kHz	5 V
SGPC3		0x58	400 kHz	1,8 V
SGP30		0x58	400 kHz	1,8 V

(do montażu próbnego) a następnie poprzez kabel ze złączem rozstawu 1 mm do kabla adaptacyjnego.

Wykonano próby dołączenia do jednego kanału pomiarowego modułu bazowy SEK-SensorBridge kilku czujników. Pomocne w tym celu było zestawienie adresów szyny I²C dla posiadanych czujników (tabela 1). Wydaje się, że można dołączyć tylko dwa czujniki do jednego portu.

Badania

Porównanie działania czujników jest bardzo trudne ze względu na konieczność zapewnienia stabilnych warunków pracy. Do referencyjnego pomiaru warunków pomiarowych zostały zastosowane zestawy SHT31 Smart Gadget firmy Sensirion z czujnikami SHT31. Poprzednie próby z nimi, opisane w artykule „Scalone czujniki cyfrowe wilgotności i temperatury”, pokazały bardzo stabilne, precyzyjne i wiarygodne działanie zestawu [S32].

Początkowo próby były wykonywane z czujnikami umieszczonymi na biurku. Okazało się, że w takim przypadku bardzo silnie na pomiary oddziałują zmiany w otoczeniu jak otworzenie drzwi, okna lub nawet przejście obok. Z drugiej strony pokazuje to dobrą czułość sensorów. Porównanie pomiarów CO₂ było wykonywane dla czujników przykrytych częściowo przezroczystą pokrywą. Spowodowało to zdecydowane ograniczenie przepływu powietrza wokół czujników. Poprawiło to stabilność pomiarów. Jednak spowodowało także efekt samopodgrzewania się modułów pomiarowych. Typowe warunki pomiarów pod częściowym przykryciem są pokazane na fotografii tytułowej:

- SHT31 Smart Gadget 22,35°C/41,48% RH
- SHTC1 24,1°C/34,5% RH (na module SVM30)
- SCD30 24,3°C/34,8% RH
- SHT31 Smart Gadget 20,65°C/46,23% RH (na swobodnym powietrzu)

Porównanie pomiaru TVOC

Wykonano porównanie pomiarów TVOC wykonywanych jednocześnie przez czujniki SGP30 oraz SGPC3. Zestawy SEK-SGPC3-Sensor oraz SEK-SGP30-Sensor były podłączone do modułu bazowego SEK-SensorBridge tak jak na fotografii 4. Zostało ustawione przerzedzanie/uśrednianie 10× dla obu czujników (rysunek 7).

Pierwsza różnica dotyczy szybkości wykonywania pomiarów 1 Hz i 0,5 Hz (odpowiednio). Na wykresie TVOC widać wyraźnie niższą wartość odczytu dla czujnika SGPC3 niż SGP30. Sygnał z czujnika SGP30 wykazuje dosyć dużą zmienność. Trzeba pamiętać że mówimy o bardzo niskich poziomach

rzędu 60 ppb co i tak mieści się w najniższym przedziale jakości powietrza (Excellent). Po długim czasie działania czujników i ustaleniu stabilnych warunków pracy w pomieszczeniu została wykonana seria eksperymentów:

- ok. godziny 23:11:00, na odległość ok. 1 m zbliżyła się osoba, która przed chwilą używała wody kolońskiej. Zauważalny był duży, szybki i krótki wzrost poziomu TVOC dla czujnika SGP30. Poziom TVOC obu czujników powrócił do wartości bliskiej zero.
- ok. godziny 23:12, na odległość ok. 1 m zbliżyła się osoba po spożyciu ok. 2 godz. wcześniej 1,5 małego kieliszka wina.
- ok. godziny 23:14, pojedyncze dmuchnięcie z odległości ok. 20 cm przez czas ok. 1 s. Duży i krótki wzrost poziomu TVOC.

Zwraca uwagę dosyć długi czas podwyższonego poziomu odczytu po wystawieniu na działanie wykrywanego czynnika. Na wykresie CO₂eq widać dolne ograniczenie poziomu do 400 ppm. Widać też wyraźną odpowiedź na trzy eksperymenty z ich kształtem zgodnym jak dla TVOC. Podobny kształt ma zmiana poziomu surowego sygnału Ethanol Raw Signal oraz H2 Raw Signal czujnika SGP30.

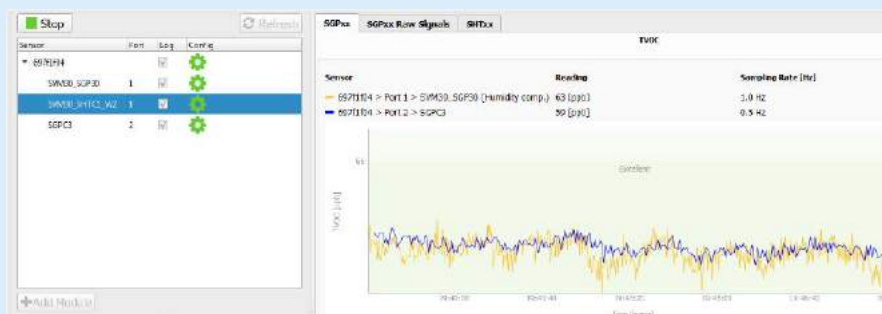
Porównanie pomiaru TVOC przez czujniki SGP30 (na module SVM30) oraz SGPC3 w warunkach stabilnych i bez uśredniania pokazuje dużą zgodność wartości oraz kształtu zmian (rysunek 8). Porównanie pomiaru wartości temperatury przez czujniki SHT35 (SEK-SHT35-Sensor) oraz SHT31 (SHT31 Smart Gadget) wykazało pełną zgodność.

Porównanie pomiaru CO₂ oraz CO₂eq

Warunki pomiaru z czujnikami pod częściowym przykryciem są pokazane na rysunku tytułowym.



Rysunek 7. Eksperymenty z pomiarami jakości powietrza dla czujników SGP30 oraz SGPC3



Rysunek 8. Pomiar TVOC przez czujniki SGP30 (na module SVM30) oraz SGPC3

pomiarów parametrów są dokładne ale wiadać niedokładności czasowe powtarzalności pomiarów wykonywanych (teoretycznie) ze stałym odstępem czasowym.

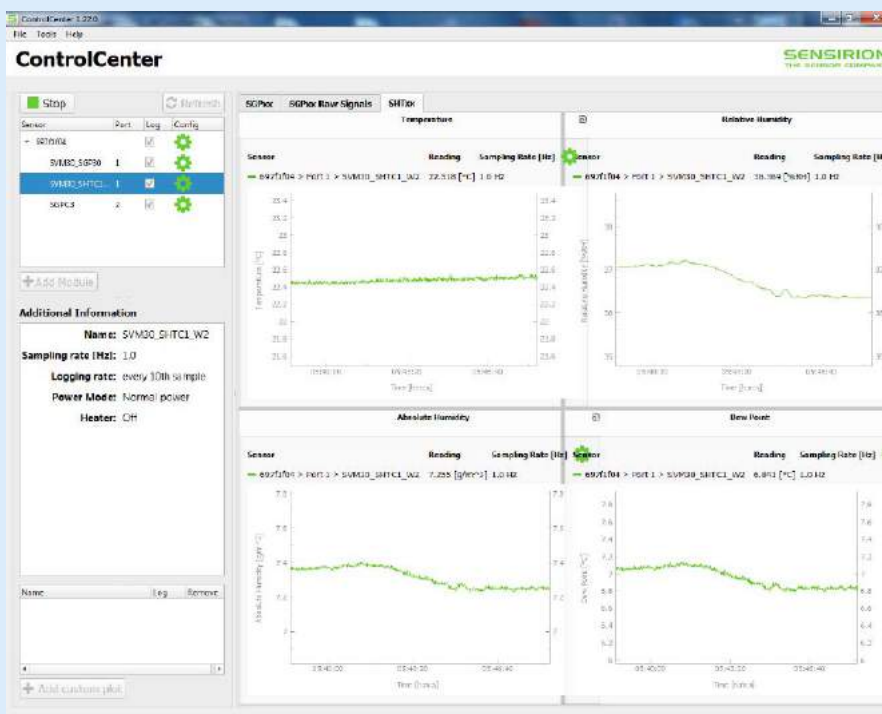
Pomiary wilgotności

Pomiar wilgotności i temperatury został wykonany czujnikiem SHTC1 (na module SVM30). Po długim czasie stabilnej pracy w pomieszczeniu zostały uchylone drzwi. Odpowiedź czujnika została pokazana na rysunku 12. Widać pełną zgodność zmian wszystkich trzech parametrów wilgotności dostarczanych przez czujnik.

Podsumowanie

Zastosowanie zestawu narzędzi SEK – Sensing Evaluation Kit firmy Sensirion składającego się z modułu bazowego SEK-SensorBridge oraz dołączonych do niego zestawów ewaluacyjnych i obsługiwanego przez firmową aplikację SEK-ControlCenter pozwala na natychmiastowe i profesjonalne rozpoczęcie pracy z czujnikami gazu. Jest to bardzo pomocne ze względu na bardzo skomplikowaną obsługę interfejsu cyfrowego czujników i konieczności spełnienia wymagań sprzętowych, np. zasilania i poziomów logicznych sygnałów. Dodatkowym trudnym zagadnieniem jest przetwarzanie surowych danych odczytanych z czujników. Ta wygoda jest okupiona ograniczeniami w skonfigurowaniu zestawu pomiarowego oraz w dopasowaniu skonfigurowania aplikacji do potrzeb.

Powyższy opis jest relacją z pierwszych prób użycia zestawu narzędzi SEK – Sensing Evaluation Kit. Pomimo łatwości rozpoczęcia pracy i szybkiego uzyskania wyników pomiarów ich interpretacja wymaga już sporej wiedzy dotyczącej metodologii pomiarów



Rysunek 12. Odpowiedź czujnika SHTC1 na zmianę warunków otoczenia

parametrów środowiska, technologii pomiarowej czujników oraz metod i procedur kalibracji czujników. Porównanie działania czujników parametrów powietrza wymaga zapewnienia stabilnych warunków, co w warunkach domowych (wymuszonych ze względu na epidemię COVID-19) jest bardzo trudne.

Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska
Zdjęcia: Piotr T. Kowalski

Wybrane pozostałe artykuły kursu „Systemy dla Internetu Rzeczy”

- [S32] Scalone czujniki cyfrowe wilgotności i temperatury, EP 12/2019
[S35] Cyfrowe czujniki gazu, EP 3/2020

Literatura

- [1] Multi-Pixel Gas Sensors SGP, Sensirion, <http://bit.ly/39MjlaZ>
- [2] Datasheet SGP30, Sensirion, <https://bit.ly/2BlhAea>
- [3] Datasheet SGPC3, Sensirion, <https://bit.ly/30SLK3f>
- [4] Total Volatile Organic Compounds (TVOC) and Indoor Air Quality (IAQ), SGP30 TVOC and CO₂eq Sensor, Sensirion, <https://bit.ly/3dcyuc3>
- [5] Multi-Gas, Humidity and Temperature Module SVM30, Sensirion, <https://bit.ly/3ehKSCF>
- [6] Datasheet SVM30, Sensirion, <https://bit.ly/3egXTTg>
- [7] Digital Humidity Sensor SHTC1 (RH/T), Sensirion, <https://bit.ly/3ef3TvP>
- [8] Datasheet SHTC1 Humidity and Temperature Sensor IC. Sensirion, <https://bit.ly/30XKBqX>
- [9] CO₂ and RH/T Sensor Module, SCD30 – Sensor Module for HVAC and Indoor Air Quality Applications, Sensirion, <https://bit.ly/2AFYDDd>
- [10] Datasheet SCD30, Sensirion, <https://bit.ly/2Bo90ex>
- [11] Interface Description SCD30, Sensirion, <https://bit.ly/3ehnWd1>
- [12] SEK-SensorBridge, Sensirion, <https://bit.ly/2UTZRBU>
- [13] Compile Your Own Evaluation Kit with Sensirion's Toolbox, Sensirion, <https://bit.ly/2BncRsk>
- [14] ControlCenter Home Page, Sensirion, <https://bit.ly/2N79aKa>
- [15] Documentation Control Center, Sensirion, <https://bit.ly/2YcmJOL>
- [16] Sensirion ControlCenter FAQ, Sensirion, <https://bit.ly/2UTZWVO>

*O projektach, mini, soft i wielu innych diskutuj
na <https://forum.ep.com.pl>*

Eksperymenty z FPGA (8)

W tej części kursu uruchomimy przetwornik analogowo-cyfrowy wbudowany w układ MAX10. Przygotujemy projekt odczytujący napięcie z dwóch potencjometrów i wyświetlający ich wartość na diodach LED. Nauczymy się także, jak wygenerować bloki IP, pozwalające na skonfigurowanie peryferiów FPGA. Przed przystąpieniem do wykonywania eksperymentów, zachęcam do aktualizacji repozytorium z przykładami (np. poleceniem git pull).



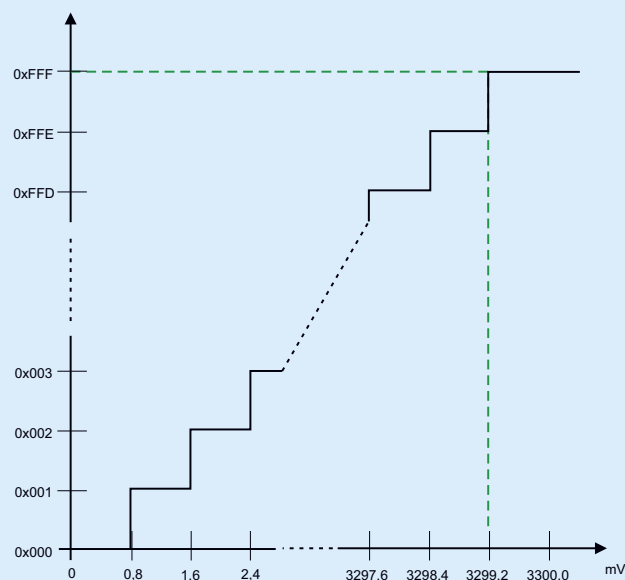
Przetwornik ADC w MAX10

Informację na temat przetwornika analogowo-cyfrowego znajdziemy w dokumentacji producenta [1]. W układzie 10M04, znajdującym się na płytce Rysino, dostępny jest jeden przetwornik ADC. Może wykonywać pomiar napięcia na jednym z dziesięciu kanałów, do których należą:

- jedno dedykowane wejście analogowe (ANAIN1),
- osiem wejść, które mogą pracować zarówno jako wejście analogowe, jak i wejście-wyjście cyfrowe (ADC1IN1–ADC1IN8),
- sygnał z czujnika temperatury układu.

Na płytce Rysino, podobnie jak w klasycznej płytce Arduino, wprowadzonych jest sześć z nich. Piny od A0 do A5 są połączone kolejno do wejść ADC1IN1...ADC1IN6. Pamiętajmy, że jeśli wykorzystamy któreś z tych wejść analogowych, to nie można skonfigurować żadnego pinu z banku 1A jako wejścia lub wyjścia cyfrowego. Informację o funkcji poszczególnych pinów znajdziemy w dokumentacji technicznej [2]. Znajduje się tam duża tabela, w której opisano funkcję każdego ze 144 dostępnych pinów. Fragment dotyczący przetwornika ADC widzimy na **rysunku 1**.

Uproszczony schemat przetwornika pokazuje **rysunek 2**. Ma on formę tak zwanego *hard IP block*, czyli „twardego” bloku własności intelektualnej, który jest na stałe „wytrawiony” w strukturze układu. Pierwszym jego elementem jest analogowy multiplexer, gdzie wybieramy wejście analogowe, na którym ma być wykonany pomiar. Dalej znajdziemy moduł S&H (*sample and hold*), czyli układ próbkująco-podtrzymujący. Dzięki niemu mierzone napięcie jest stałe przez cały czas pomiaru. Kolejnym elementem jest przetwornik analogowo-cyfrowy typu SAR (*successive approximation ADC*, czyli przetwornik z sukcesywną aproksymacją).

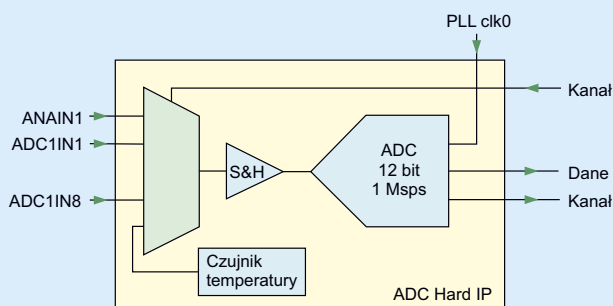


Rysunek 3. Charakterystyka przetwornika ADC dla napięcia odniesienia 3,3 V

Można wybrać pomiędzy dwoma wewnętrznymi napięciami odniesienia: 3 V oraz 3,3 V. Pomiar jest wykonywany z rozdzielczością 12 bitów. Napięciu 0 V odpowiada wartość 0x000, a maksymalnemu napięciu, wartość 0xFFF (4095). **Rysunek 3** pokazuje wartości zwracane względem różnych napięć wejściowych, dla wartości napięcia odniesienia równego 3,3 V. Zwróćmy uwagę, że 0xFFF nie oznacza wartości maksymalnej, ale jest zwracana

Pin information for the Intel® MAX ¹⁰ 10M04SA Device								
Version 2017.12.15								
Note (1)								
Bank Number	VREF	Pin Name/Function	Optional Function(s)	Configuration Function	Dedicated Tx/Rx Channel	Emulated LVDS Output Channel	I/O Performance	B144 (2)
1A	VREFB1N0	IO	ADC1IN1		DIFFIO RX L1n	DIFFOUT L1n	Low Speed	6
1A	VREFB1N0	IO	ADC1IN2		DIFFIO RX L1p	DIFFOUT L1p	Low Speed	7
1A	VREFB1N0	IO	ADC1IN3		DIFFIO RX L3n	DIFFOUT L3n	Low Speed	8
1A	VREFB1N0	IO	ADC1IN4		DIFFIO RX L3p	DIFFOUT L3p	Low Speed	10
1A	VREFB1N0	IO	ADC1IN5		DIFFIO RX L5n	DIFFOUT L5n	Low Speed	11
1A	VREFB1N0	IO	ADC1IN6		DIFFIO RX L5p	DIFFOUT L5p	Low Speed	12
1A	VREFB1N0	IO	ADC1IN7		DIFFIO RX L7n	DIFFOUT L7n	Low Speed	13
1A	VREFB1N0	IO	ADC1IN8		DIFFIO RX L7p	DIFFOUT L7p	Low Speed	14
1B	VREFB1N0	IO		JTAGEN	DIFFIO RX L11n	DIFFOUT L11n	Low Speed	15
1B	VREFB1N0	IO		TMS	DIFFIO RX L11p	DIFFOUT L11p	Low Speed	16

Rysunek 1. Fragment opisu pinów układu 10M4^[2]



Rysunek 2. Schemat bloku ADC

dla wartości mniejszej o jeden krok (dla 3,3 V jest to napięcie 3,292 V). Maksymalna częstotliwość próbkowania to milion próbek na sekundę (z wyjątkiem termometru, dla którego jest ograniczona do 50 tysięcy).

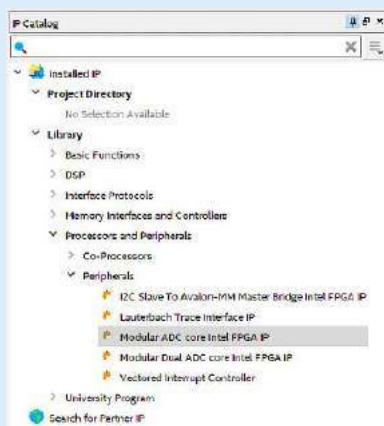
Na rysunku 2 widoczne są dwie magistrale, pozwalające na obsługę przetwornika. Pierwsza z nich, wejściowa, pozwala na wybór kanału. Kiedy zakończy się konwersja, na magistrali wyjściowej pojawia się numer zmierzzonego kanału oraz uzyskana wartość. Ostatnim elementem jest zegar, który taktuje przetwornik. Na stałe jest to zerowe wyjście z bloku PLL, na cztery dostępne (*phase lock loop*, czyli pętli synchronizacji fazy). Dzięki temu można zmieniać częstotliwość

próbkowania w szerokim zakresie. Dokładny opis bloku znajduje się w dokumentacji technicznej [3] zegara.

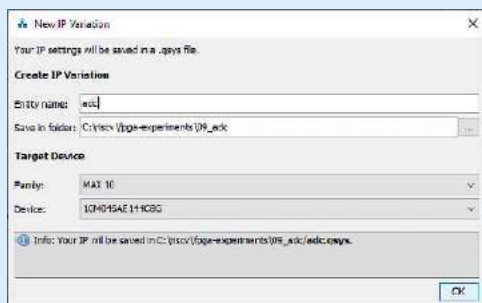
Generowanie bloków IP

Aby skorzystać z modułu ADC i PLL, musimy wygenerować odpowiednie bloki IP w pakiecie Quartus. Proces ten został pokazany krok po kroku na filmie instruktażowym [4]. Artykuł opisuje jedynie wybrane momenty.

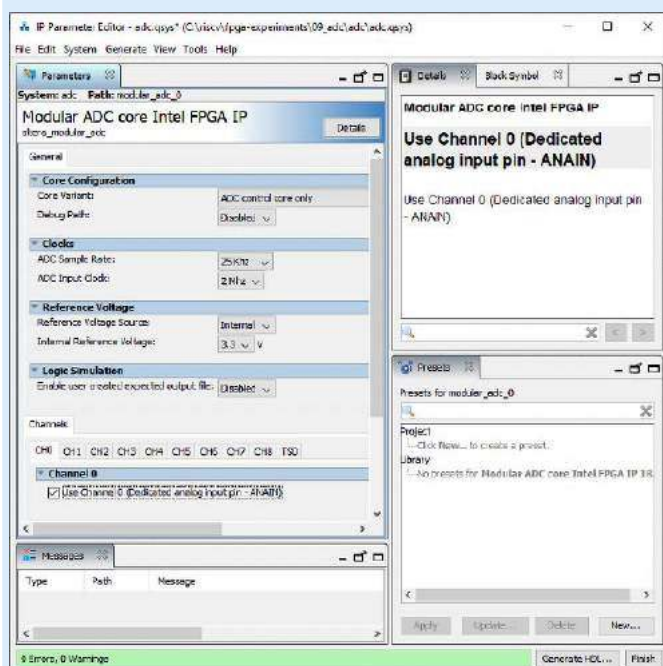
Na początek trzeba stworzyć nowy projekt i wybrać używany przez nas model układu FPGA, tak jak było to wykonywane we wcześniejszych częściach kursu. Kolejnym krokiem jest wygenerowanie bloku obsługującego ADC. Po prawej stronie głównego okna środowiska



Rysunek 4. Panel IP Catalog w środowisku Quartus



Rysunek 5. Okno New IP Variation



Rysunek 6. Konfiguracja ADC

Quartus znajduje się panel IP Catalog (rysunek 4). Rozwijamy po kolei *Library* → *Processors and Peripherals* → *Peripherals* i dwa razy klikamy opcję *Modular ADC core Intel FPGA IP*. Pojawi się okno tworzenia nowego IP, pokazane na rysunku 5.

W polu *Entity name* (nazwa instancji) wpisujemy nazwę wygenerowanego modułu (wpisałem *adc*). W kolejnym polu *Save in folder* (zapisz w folderze) podajemy miejsce w którym będą zapisane pliki. Można zostawić opcję domyślną, czyli główny folder projektu. Aby utrzymać większy porządek w plikach, można utworzyć nowy folder, dopisując go w ścieżce (utworzyłem tu folder *adc*). W dolnej części okna widzimy rodzinę układów scalonych (tutaj MAX10) oraz dokładny model układu. Podane informacje zostały pobrane z konfiguracji projektu. Zatwierdzamy naciskając OK.

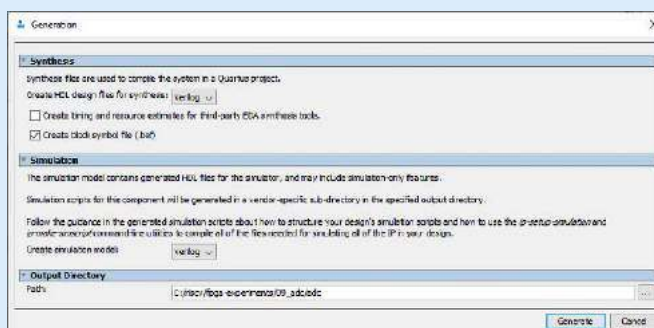
Przechodzimy do okna konfiguracji widocznego na rysunku 6. Z pierwszego menu rozwijanego wybieramy wariant modułu. Opcja *ADC control core only* oznacza tryb minimalny. Wyborem kanału oraz odczytem wyjścia zajmujemy się manualnie. W zakładce *Clocks* (zegary) wybieramy częstotliwość próbkowania oraz częstotliwość zegara – 25 tysięcy próbek na sekundę. Częstotliwość zegara jest ustalona na 2 MHz, a na płycie znajduje się generator o częstotliwości 8 MHz. Nie jest to problem, ponieważ wygenerowaniem dodatkowego przebiegu zegarowego, zajmie się pętla PLL. Przechodzimy teraz do kolejnej części, gdzie wybieramy źródło napięcia odniesienia (*reference voltage*). Wybrałem tu opcję *Internal* (wewnętrzne) i wartość 3,3 V.

Ostatnim krokiem jest wybór kanałów w panelu *Channels*. Najpierw odznaczamy domyślnie włączony kanał CH0. Następnie z zakładki wybieramy CH1 i zaznaczamy „ptaszkiem” jego wybór, co pokazano na rysunku 7. To samo wykonujemy dla kanału CH2, ponieważ użyjemy go w projekcie. Po zakończonej konfiguracji klikamy znajdujący się w prawym dolnym rogu przycisk *Generate HDL*.

Przechodzimy do okna wyboru parametrów i generowania kodu RTL. Okno dzieli się na dwie części: konfigurację kodu HDL (wykorzystywanego do syntezy) oraz implementację. W obydwu częściach wybieramy język *Verilog*. Na samym dole mamy możliwość wybrania ścieżki (*Path*). Pliki będą umieszczone w dodatkowym folderze, o takiej nazwie jak nazwa IP. Klikamy *Generate* (generuj). Pojawi się okienko (rysunek 9), w którym zostaniemy poinformowani o wykonywanych czynnościach, a gdy się zakończą, klikamy przycisk *Close*. Ostatnim krokiem jest dodanie do projektu pliku *adc.qip*, z katalogu *synthesis*.

Kiedy znamy już wymaganą częstotliwość zegara, przechodzimy do konfiguracji pętli PLL. Znowu korzystamy z panelu *IP Catalog*. Tym razem, co ilustruje rysunek 10, wybieramy *Library* → *Basic Functions* → *Clocks; PLLs and Resets* → *PLL* → *ALTPLL*. Pojawi się okno (rysunek 11), w którym możemy wybrać lokalizację plików dla nowego komponentu oraz język. Tworzymy nowy folder *pll* i wybieramy *Verilog*.

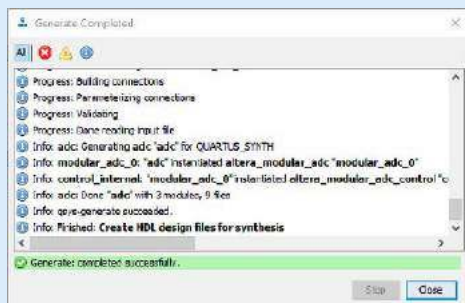
Rysunek 7. Wybór kanału



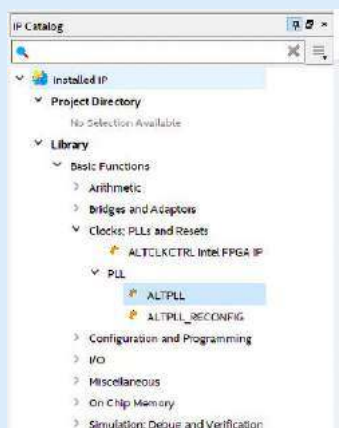
Rysunek 8. Parametry kodu RTL

Po kliknięciu OK przejdziemy do kreatora, w którym wybierzemy konfigurację. Pierwszy ekran pokazuje **rysunek 12**. Konfigurujemy w nim częstotliwość wejściowego sygnału zegarowego. W naszym przypadku jest to 8,000 MHz.

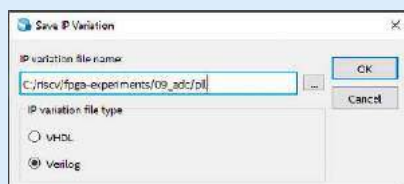
Po kliknięciu Next przejdziemy do okna (**rysunek 13**), w którym wybieramy wejścia i wyjścia tworzonego modułu. Tutaj możemy odznaczyć opcję Create an 'areset' input, ponieważ nie będziemy korzystać z tego wejścia.



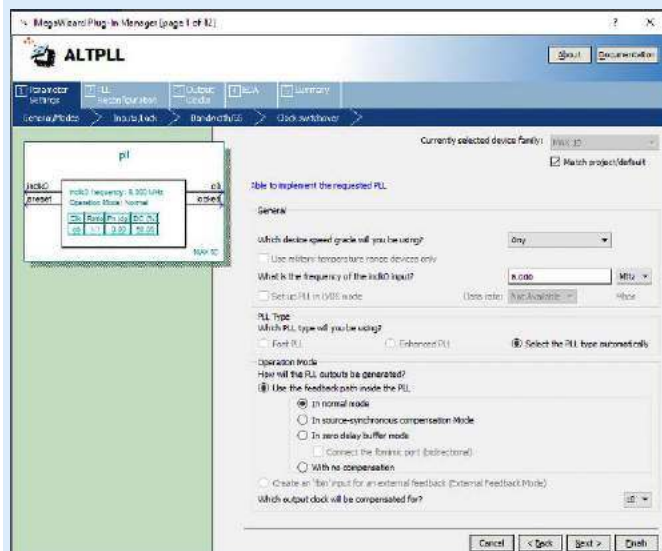
Rysunek 9. Okno z informacjami o generowaniu IP core



Rysunek 10. Konfiguracja bloku PLL



Rysunek 11. Okno tworzenia IP dla PLL



Rysunek 12. Konfiguracja parametrów wejściowego sygnału zegarowego

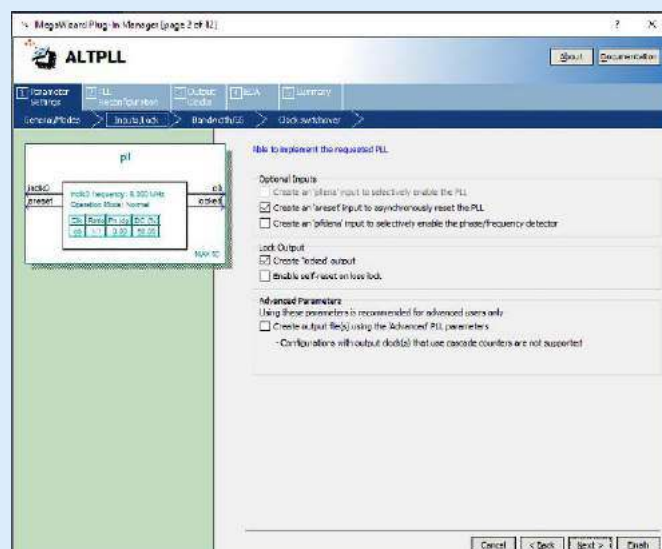
Klikamy kilkakrotnie Next, aż dojdziemy do sekcji Output Clocks (zegary wyjściowe). Pierwszy ekran (**rysunek 14**) odpowiada za wyjście clk c0. Zaznaczamy opcję Enter output clock frequency (podaj częstotliwość wyjściowego sygnału zegarowego). W polu tekstowym, zgodnie z ustawieniami podczas konfiguracji ADC, wpisujemy 2 MHz. Ustawienia przesunięcia fazy (clock phase shift) i wypełnienia (clock duty cycle) zostawiamy bez zmian. To już ostatni ekran, w którym dokonujemy zmian. Warto zapoznać się z kolejnymi wyjściami za pomocą przycisku Next ale niecierpliwi mogą od razu skorzystać z opcji Finish.

Na koniec zobaczymy okno (**rysunek 15**) z pytaniem – czy chcemy dodać nowo stworzony blok IP do projektu? Wybieramy Yes.

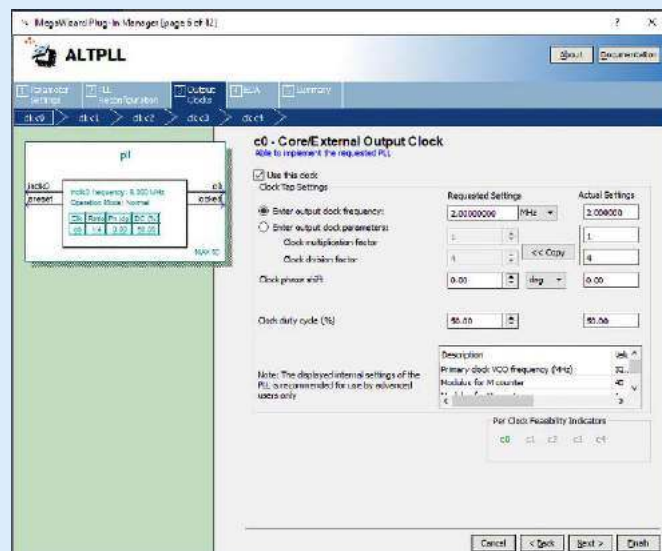
Łączymy bloki

Wygenerowaliśmy moduły obsługujące „twarde” podzespoły, umieszczone w strukturze układu FPGA. Zaprojektujemy teraz logikę, która połączy je w całość. Projekt pokazany jest na **rysunku 16**. Przyłączenie bloku PLL jest stosunkowo proste. Do wejścia dostarczamy sygnał zegarowy, a oba wyjścia łączymy z analogicznymi wejściami ADC. Obsługa przetwornika jest bardziej rozbudowana – jest obsługiwana poprzez dwie magistrale. Pierwsza magistrala, nazwana command, pozwala wybrać kanał oraz rozpocząć wykonywanie pomiaru. Druga, czyli response, służy do odczytywania wyniku.

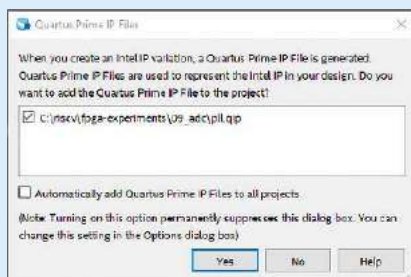
Do wyboru kanału posłuży licznik1. Zlicza on modulo 2, czyli po kolei 0,1,0,1.... Inkrementacja następuje, gdy ADC przyjmie



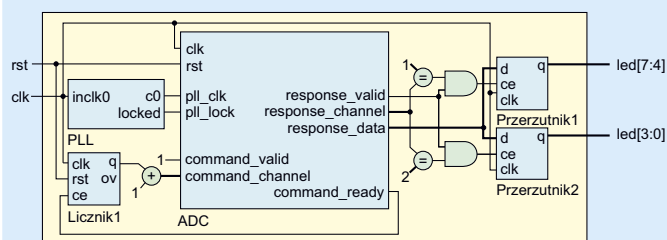
Rysunek 13. Konfiguracja wejść/wyjść



Rysunek 14. Konfiguracja wyjścia clk 0



Rysunek 15. Potwierdzenie dodania bloku IP do projektu



Rysunek 16. Schemat logiki obsługującej przetwornik ADC

komendę, zlecającą wykonanie poprzedniego pomiaru – uzyskamy to poprzez połączenie wyjścia ready z wejściem CE. Chcemy aby próbkowanie odbyło się z maksymalną częstotliwością, dlatego sygnał valid na stałe ustawiamy na 1. Korzystamy z kanałów 1 i 2, więc do wyjścia z licznika należy dodać jeden. Miejsmy na uwadze, że zwiększyła się szerokość sygnału – z jednego do dwóch bitów.

Magistrala wyjściowa składa się z trzech sygnałów: informacji o poprawności danych (valid), numeru kanału (channel) oraz samych danych (data). Tym razem nie mamy wejścia ready. Oznacz

Listing 1. Implementacja obsługi ADC w języku SystemVerilog (09_ADC/adc_top.sv)

```
10 module adc_top #(
11     input wire clk,
12     input wire rst,
13     output logic [7:0] led
14 );
15 wire clk_adc;
16 wire clk_adc_locked;
17 wire adc_ready_in;
18 wire adc_counter;
19 wire [4:0] adc_channel_in;
20 wire [4:0] adc_channel_out;
21 wire adc_valid_out;
22 wire [11:0] adc_data_out;
23
24 pll pll_inst (
25     .inclk0(clk),
26     .c0(clk_adc),
27     .locked(clk_adc_locked));
28
29 counter #(N(2)) ctx_channel (
30     .clk(clk),
31     .rst(rst),
32     .ce(adc_ready_in),
33     .q(adc_counter),
34     .ov());
35
36 assign adc_channel_in = 5'b1 + adc_counter;
37
38 adc adc_inst (
39     .clock_clk(clk),
40     .reset_sink_reset_n(rst),
41     .adc_pll_clock_clk(clk_adc),
42     .adc_pll_locked_export(clk_adc_locked),
43     .command_valid(1'b1),
44     .command_channel(adc_channel_in),
45     .command_startofpacket(1'b0),
46     .command_endofpacket(1'b0),
47     .command_ready(adc_ready_in),
48     .response_valid(adc_valid_out),
49     .response_channel(adc_channel_out),
50     .response_data(adc_data_out),
51     .response_startofpacket(),
52     .response_endofpacket());
53
54 always_ff @(posedge clk)
55 if(adc_valid_out)
56 case (adc_channel_out)
57     5'd1: led[7:4] <= adc_data_out[11:4];
58     5'd2: led[3:0] <= adc_data_out[11:4];
59     default: ;
60 endcase
61 endmodule
```

to, że nie można zablokować pracy przetwornika, a nieprzetworzone próbki zostaną utracone.

Do wyświetlania wyników każdego z kanałów posłużą po cztery diody LED. Będziemy prezentować tylko cztery najstarsze bity wyniku (z dwunastu bitów dostępnych). Dla każdego kanału przygotowujemy osobny bufor. Rolę buforów pełnić będą odpowiednio przerzutniki1 i przerzutniki2. Ich sygnały CE są logiczną sumą informacji o kanale oraz sygnału valid. Piny układu FPGA zostaną podłączone do wyjść przerzutników.

Implementację projektu z rysunku 16 widzimy na **listingu 1**. Zgodnie z projektem, mamy dwa wejścia rst i clk oraz jedno (wektorowe) wyjście, odpowiedzialne za sterowanie diodami świecącymi. Poniżej znajduje się definicja pomocniczych sygnałów, które posłużą do połączenia ze sobą składowych naszego projektu.

Pierwszą składową jest instancja pętli PLL, zawarta w liniach 24...27. Mamy tu jedno wejście inclk0, gdzie podłączamy nasz wejściowy zegar oraz dwa wyjścia c0 i locked. Wyjścia podłączone są bezpośrednio do odpowiadających im wejść bloku ADC.

Linie 29...36 odpowiadają za blok wyboru kanału. Znajduje się tu licznik, tym razem liczący modulo 2. Jego wyjście jest doprowadzone do modułu adc, najważniejszego w naszym projekcie. Pierwsze cztery wejścia odpowiadają za zegary oraz resetowanie. Kolejne pięć sygnałów, zaczynających się od przedrostka command, to magistrala pozwalająca na wybór kanału. Poza sygnałami valid, channel i ready widzimy dwa dodatkowe: startofpacket i endofpacket, wykorzystywane przy bardziej złożonych funkcjach magistrali. Dodatkowe sygnały nie mają istotnego znaczenia w tym projekcie, dlatego na stałe przypisaliśmy im wartość 0.

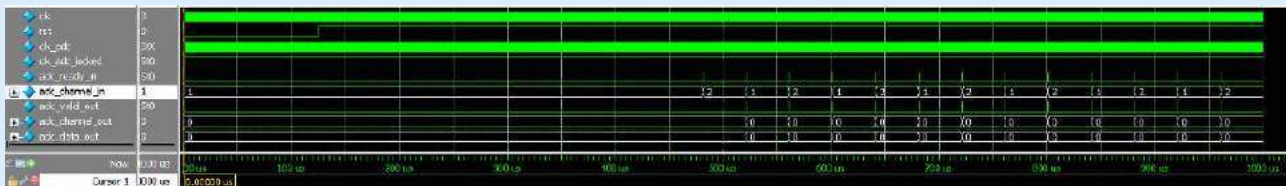
Ostatnie pięć sygnałów to magistrala wyjściowa. Rozpoznamy ją po nazwach rozpoczynających się od response. Tutaj także widzimy sygnały startofpacket i endofpacket, których nie używamy i zostawiamy obok nich puste nawiasy: (). Pozostałe trzy sygnały służą do odczytania wyników. Blok always_ff z linii 54...60 zapisuje ostatni wynik, uzyskany dla danego kanału w podprowadzonym do niego rejestrze. Jeżeli sygnał valid jest ustawiony, to za pomocą bloku case dokonujemy wyboru odpowiedniej części rejestru led.

Przed uruchomieniem programu, przeprowadzimy jego symulację. W skład projektu wchodzi teraz nie tylko moduły, lecz także dostarczone przez producenta bloki IP, wraz z odpowiednimi bibliotekami, które musimy odpowiednio załadować w programie ModelSim. Najpierw jednak przygotujemy test bench, który znajdziemy w pliku 09_ADC/adc_top_tb.sv (**listing 2**). Listing jest bardzo krótki, dlatego że moduł ma tylko dwa wejścia. W pierwszym bloku initial (linie 14...17), generujemy sygnał zegarowy o okresie 125 ns, czyli częstotliwości 8 MHz. W kolejnym bloku (linie 19...22) znajdziemy sygnał resetu. Na samym końcu (linie 24...27) znajdziemy instancję naszego modułu.

Musimy teraz napisać skrypt, który przygotuje i uruchomi symulację. Jego fragment widzimy na **listingu 3**. Zaczynamy od zdefiniowania stałej QUARTUS_DIR. Przechowuje ona ścieżkę pod którą znajdziemy środowisko Quartus. Jeśli lokalizacja znajduje się w innym miejscu, stała musi zostać zmodyfikowana. Linia 12 odpowiada za załadowanie bibliotek dostarczonych przez producenta układu. Widzimy, że nazwa nie została jeszcze uaktualniona z „Alter-u”

Listing 2. Test bench dla modułu adc_top (09_ADC/adc_top_tb.sv)

```
11 module adc_top_tb;
12     logic clk, rst;
13
14     initial begin
15         clk <= '0;
16         forever #62.5ns clk <= ~clk;
17     end
18
19     initial begin
20         rst <= 1'b0;
21         #1250 rst <= 1'b1;
22     end
23
24     adc_top dut (
25         .clk(clk),
26         .rst(rst),
27         .led());
28
29 endmodule
```



Rysunek 17. Wynik symulacji modułu adc_top

na „Intel”. Poniżej znajduje się lista plików. Dla pętli PLL kompilujemy jeden wygenerowany plik *pll/pll.v*. Następny jest plik z projektem licznika, a poniżej kolejnych osiem opisujących blok IP przetwornika ADC. Na końcu, za pomocą polecenia *vsim*, uruchamiamy symulację. Opcją *-L* dołączamy dodatkową bibliotekę. W pozostałej, niezamieszczonej tu, części skryptu, następuje dodanie sygnałów i uruchomienie symulacji na 1 ms. Aby zobaczyć rezultat, uruchamiamy program ModelSim, przechodzimy do katalogu *09_ADC* i wpisujemy polecenie: *do adc_top_sim.do*

Rezultat symulacji pokazany jest na **rysunku 17**. W pierwszym i trzecim wierszu znajdziemy sygnały zegarowe: wejściowy *clk* oraz wygenerowany przez PLL *clk_adc*. Na **rysunku 18** widzimy sygnał w powiększeniu. Możemy zobaczyć, że konfiguracja jest poprawna: wyjściowy sygnał ma częstotliwość cztery razy mniejszą niż wejściowy, czyli w naszym przypadku 2 MHz.

Wróćmy jednak do rysunku 17. Po zresetowaniu widzimy, że moduł ADC potrzebuje około 450 μ s na rozpoczęcie działania. Gotowość do pracy jest sygnalizowana pojawieniem się wartości 1 na wyjściu *ready*. Cały czas na wejściu *channel* ustawiona była wartość 1. W momencie przyjścia sygnału *ready* nastąpiło zwolnienie sygnału *CE* licznika. Dzięki temu od razu (czyli w kolejnym taktie zegara) nastąpi wybór kanału 2. Pozostanie w takim stanie, aż do jego obsłużenia, zasygnalizowanego pojawieniem się kolejnej jedynki na wyjściu *ready*.

Trzy ostatnie wiersze obrazują magistralę wyjściową. Jeżeli sygnał *valid* jest w stanie niskim, na pozostałych dwóch sygnałach także ustawione są zera. Wartość zmienia się tylko na jeden takt zegara – moment ten pokazuje **rysunek 19**. Zwróćmy uwagę, że gdy dostępne jest wyjście, blok ADC jest gotowy do rozpoczęcia kolejnego przetwarzania. Za pomocą kursorów możemy zmierzyć, że pomiędzy sygnałem *ready* i *valid* mija 40 μ s, co odpowiada ustawionej częstotliwości próbkowania, czyli 25 kHz.

Zweryfikowaliśmy projekt w symulacji, czas uruchomić go w sprzęcie. Wracamy do projektu w środowisku Quartus. Musimy przyporządkować piny układu FPGA dla wejść i wyjść naszego modułu. Wejścia analogowe są przypisane na stałe i nie musimy ich ustawiać.

Powinniśmy także skonfigurować zegary. Ponieważ tym razem mamy dwa sygnały zegarowe, należy o tym poinformować narzędzie odpowiedzialne za syntezę, czyli plik *09_adc.sdc* pokazany na **listingu 4**. Tak jak w poprzednich projektach, najpierw konfigurujemy

Listing 3. Kompilowanie modułów w symulacji (09_ADC/adc_top_sim.do)

```
08 set QUARTUS_DIR "C:/intelFPGA_lite/18.1/quartus/eda/sim_lib/"
09
10 vlib work
11
12 vlog $QUARTUS_DIR/altera_mf.v
13
14 vlog pll/pll.v
15 vlog ../02_counter/counter.sv
16 vlog adc/adc/simulation/submodules/altera_modular_adc_control_avg_fifo.v
17 vlog adc/adc/simulation/submodules/fiftyfivenm_adcblock_primitive_wrapper.v
18 vlog adc/adc/simulation/submodules/chsel_code_converter_sw_to_hw.v
19 vlog adc/adc/simulation/submodules/fiftyfivenm_adcblock_top_wrapper.v
20 vlog adc/adc/simulation/submodules/altera_modular_adc_control_fsm.v
21 vlog adc/adc/simulation/submodules/altera_modular_adc_control.v
22 vlog adc/adc/simulation/submodules/adc_modular_adc_0.v
23 vlog adc/adc/simulation/adc.v
24 vlog adc_top.sv
25 vlog adc_top_tb.sv
26
27 vsim -L fiftyfivenm_ver -novopt work.adc_top_tb
```

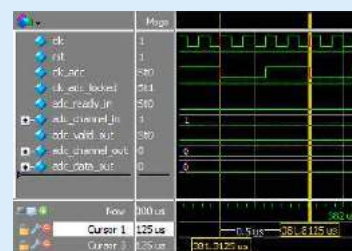
Listing 4. Konfiguracja sygnałów zegarowych (09_adc/09_adc.sdc)

```
05 create_clock -name {clk} -period 125.000 -waveform { 0.000 62.500 } [get_ports { clk }]
06 derive_pll_clocks
```

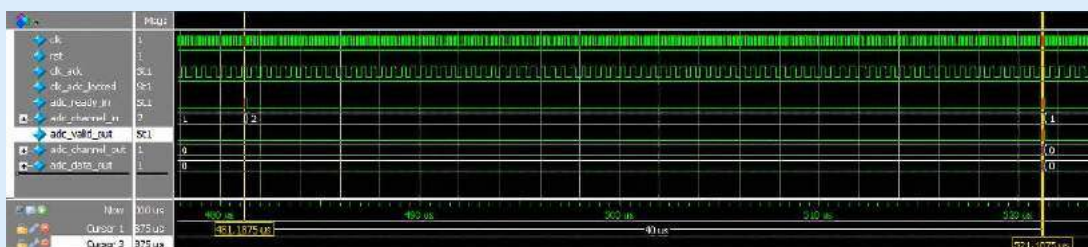
zewnętrzny sygnał. Tym razem w linii 6, znajdziemy informację o dodatkowych zegarach pochodzących z pętli PLL. Nie musimy dodawać ich parametrów, ponieważ zostaną pobrane z modułu IP.

Po zakończeniu budowy projektu, w informacji o zegarach znajdziemy podsumowanie takie jak pokazane na **rysunku 20**. Warto przyrzeć się rozłożeniu elementów w narzędziu *Chip Planner* (**rysunek 21**). Kolorem czerwonym zaznaczono lokalizację przetwornika ADC, a zielonym, lokalizację pętli PLL. Polecam obejrzeć je szczegółowo i przyrzeć się ich opisowi.

Mając zbudowany projekt, możemy przystąpić do testowania działania na sprzęcie. W tym celu, zgodnie ze schematem z **rysunku 22**, do wejść A0 i A1 podłączamy potencjometry. Przykładową realizację na płytce stykowej możemy zobaczyć na **fotografii 1**. Po zaprogramowaniu układu FPGA, będziemy mogli zmieniać stan diod poprzez obrót gałek. Wynik końcowy został zaprezentowany na filmie [4].



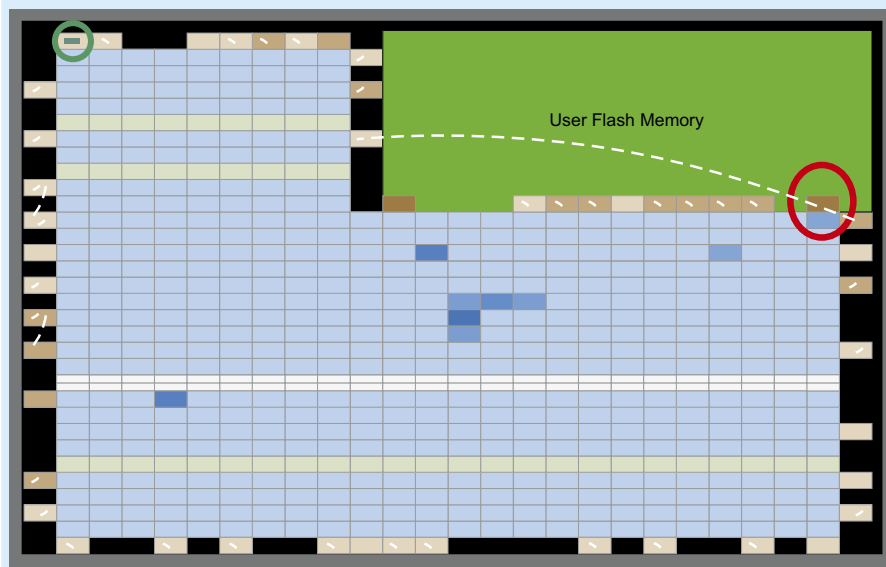
Rysunek 18. Porównanie sygnałów zegarowych



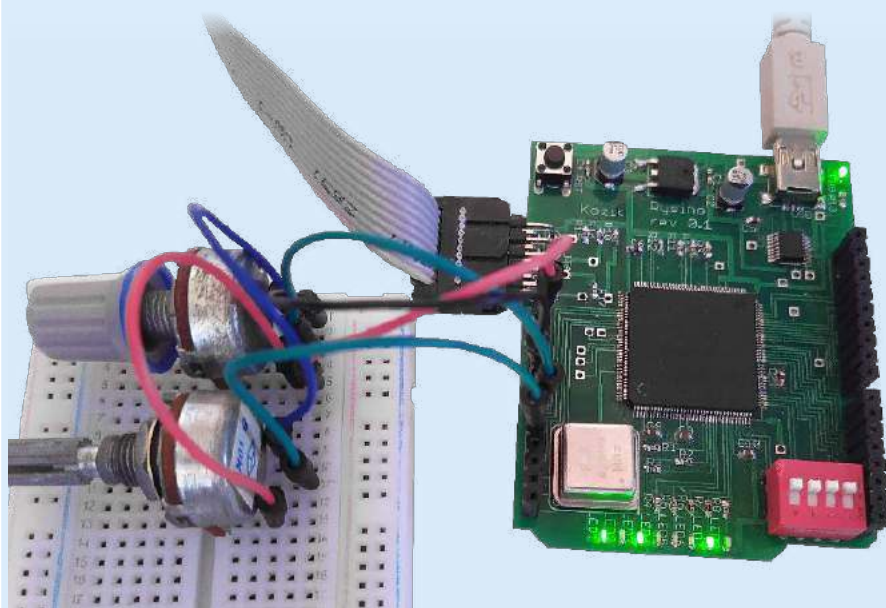
Rysunek 19. Zbliżenie na moment odczytu wyników pomiarów

	Clock Name	Type	Period	Frequency	Rise	Fall	Duty Cycle	Divide by	Multiply by	Phase	Offset	Edge List	Edge Shift	Inverted	Master	Source	Targets
1	clk	Basic	125.000	8.0 MHz	0.000	62.500											{clk}
2	pll_in[0]_alt0_pll_in[0]	Generated	500.000	2.0 MHz	0.000	250.000	50.00	4	1					false	clk	pll_in[0]_alt0_pll_in[0]	{clk}

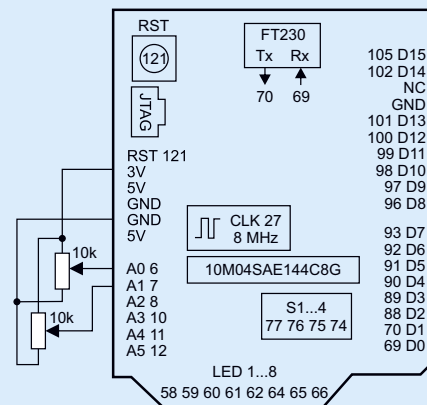
Rysunek 20. Zegary znalezione w projekcie



Rysunek 21. Lokalizacja przetwornika ADC (czerwony) i pętli PLL (zielony) w strukturze układu FPGA



Fotografia 1. Gotowy model podczas testów



Rysunek 22. Sposób podłączenia potencjometrów do Rysino

Podsumowanie

W tym odcinku zapoznaliśmy się z działaniem przetwornika analogowo-cyfrowego, wbudowanego w strukturę układu MAX10. Użyjemy go w przyszłości, przy realizacji kilku projektów z zakresu cyfrowego przetwarzania sygnałów. W kolejnym odcinku nauczymy się korzystać z narzędzia Signal Tap, które pozwala podejrzeć rzeczywiste sygnały z wnętrza układu.

Rafał Kozik
rafkozik@gmail.com

Bibliografia:

- [1] Intel MAX 10 Analog to Digital Converter User Guide, Intel 2020, <https://intel.ly/3fKIMTL>
- [2] Pin Information for the Intel® MAX® 10 10M04SA Device, Intel 2017, <https://intel.ly/2NgMuHp>
- [3] Intel MAX 10 Clocking and PLL Overview, Intel 2018, <https://intel.ly/2NgORMf>
- [4] Film z instrukcją generowania bloków IP i demonstracją działania projektu, <https://bit.ly/2Nja5r4>

Miesięcznik „Elektronika Praktyczna” (12 numerów w roku) jest wydawany przez AVT-Korporacja Sp. z o.o. we współpracy z wieloma redakcjami zagranicznymi.



Wydawca:
AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11
tel.: 22 257 84 99, faks: 22 257 84 00

Adres redakcji:
03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11
tel.: 22 257 84 60
faks: 22 257 84 00
e-mail: redakcja@ep.com.pl
www.ep.com.pl

Redaktor Naczelny:
Wiesław Marciniak

**Redaktor Programowy,
Przewodniczący Rady Programowej:**
Piotr Zbysiński

**Zastępca Redaktora Naczelnego,
Redaktor Prowadzący:**
Damian Sosnowski

**Zastępca Redaktora Naczelnego,
Menedżer Magazynu**
Marcin Karbowniczek

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Grzegorz Becker, tel.: 22 257 84 58

Redaktor strony internetowej www.ep.com.pl
MAD Sp. z o.o.

Zespół marketingu i reklamy:
Katarzyna Gugala, tel.: 22 257 84 64
Bożena Krzykawska, tel.: 22 257 84 42
Grzegorz Krzykowski, tel.: 22 257 84 60

Sekretarz Redakcji:
Grzegorz Krzykowski, tel.: 22 257 84 60

DTP i okładka:
MAD Sp. z o.o.

Stali Współpracownicy:
Jacek Bogusz, Lucjan Bryndza, Jarosław Doliński,
Andrzej Gawryluk, Krzysztof Górski, Tomasz Jabłoński,
Michał Kurzela, Szymon Panecki, Sławomir Skrzyński,
Ryszard Szymaniak, Adam Tatuś, Robert Wołgajew

Uwaga!
Kontakt z wymienionymi osobami jest możliwy via e-mail, według schematu: imię.nazwisko@ep.com.pl

Prenumerata w Wydawnictwie AVT
www.avt.pl/prenumerata
lub tel.: 22 257 84 22
e-mail: prenumerata@avt.pl
www.sklep.avt.pl, tel.: 22 257 84 66



Prenumerata w RUCH S.A.
www.prenumerata.ruch.com.pl
lub tel.: 801 800 803, 22 717 59 59
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl



Wydawnictwo
AVT-Korporacja Sp. z o.o.
należy do Izby Wydawców Prasy

Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 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 zamieszczonych w „Elektronice Praktycznej” jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu zgody redakcji. Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczonych w „Elektronice Praktycznej”.





Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

Reklamy stron internetowych na str. 11

AKSOTRONIK.....	100
ARMEL	100
BORNICO.....	6
COMPUTER CONTROLS.....	7
DELTA-OPTI.....	100
ELMAX.....	100
FERYSTER.....	11
GAMMA	11
HORIZON	72, 73
KAMAMI	74
MICROCHIP.....	9
MICROS.....	64
NOWIMEX.....	63
PIEKARZ	11
PRINTOR.....	99
QWERTY.....	70, 71
RENEX.....	11
RUTRONIK.....	21
ST MICROELECTRONICS.....	
.....	5, 35, 41, 43, 45

Efekt do gitary wykorzystujący technikę cyfrowego przetwarzania sygnałów

Nowoczesne mikrokontrolery mogą z powodzeniem zastępować specjalizowane procesory DSP. Dzięki wbudowanym układom peryferyjnym znacznie obniżają stopień skomplikowania aplikacji. Na bazie nowoczesnego układu STM32F466 powstał efekt gitarowy – fuzz (distortion) graficzny o siedmiu kanałach częstotliwościowych wyposażony dodatkowo w efekt pogłosu i efekt tremolo.

Hybrydowy harvester z superkondensatorem

Pozyskiwanie energii z otoczenia, nawet w skali mikro, jest dzisiaj tematem poruszającym bardzo często. Urządzenia przenośne, w tym wszelkie urządzenia Internetu Rzeczy (IoT) oraz noszone (wearable), wymagają autonomicznego zasilania o niewielkiej mocy, opartego na różnych metodach pozyskiwania energii z otoczenia. Zaprezentujemy rozwiązanie bazujące na nowoczesnym układzie LTC3588, który zarządza nie tylko samym procesem gromadzenia energii, ale zapewnia odpowiednie zabezpieczenia i rozdział pozyskanej mocy.

Climatic II

Projekty urządzeń stanowiących wszelkiego rodzaju usprawnienia w szeroko rozumianej motoryzacji cieszą się nieustannie popularnością. Na łamach „Elektroniki Praktycznej” 12/2008 publikowany był projekt systemu automatyki klimatyzacji, który cieszył się dużym zainteresowaniem. Autor, uzbrojony tym razem w większe doświadczenie, postanowił opracować nowocześniejszą, a zarazem prostszą wersję układu, którą wyposażono w bardzo efektowny i na wskroś nowoczesny interfejs użytkownika.

Miniprojekty

W wakacyjnym numerze, jak co roku, zaprezentujemy szczególnie dużo projektów mini. Będzie to ciekawa lektura i nietuzinkowe zajęcie na wakacyjne wieczory.

a ponadto tematy wiodące EP 08/2020:

ZASILANIE BEZPRZEWODOWE ORAZ ENERGY HARVESTING

CHEMIA DLA ELEKTRONIKI

AVT 5599 Zdalnie sterowany włącznik 4-kanałowy

Urządzenie umożliwia zdalne włączanie/wyłączanie czterech urządzeń przy pomocy typowych pilotów na podczerwień do sprzętu powszechnego użytku. Jego niewątpliwym atutem jest możliwość współpracy praktycznie z dowolnym pilotem na podczerwień, a procedura nauki kodów pilota sprowadza się do kilku łatwych czynności.



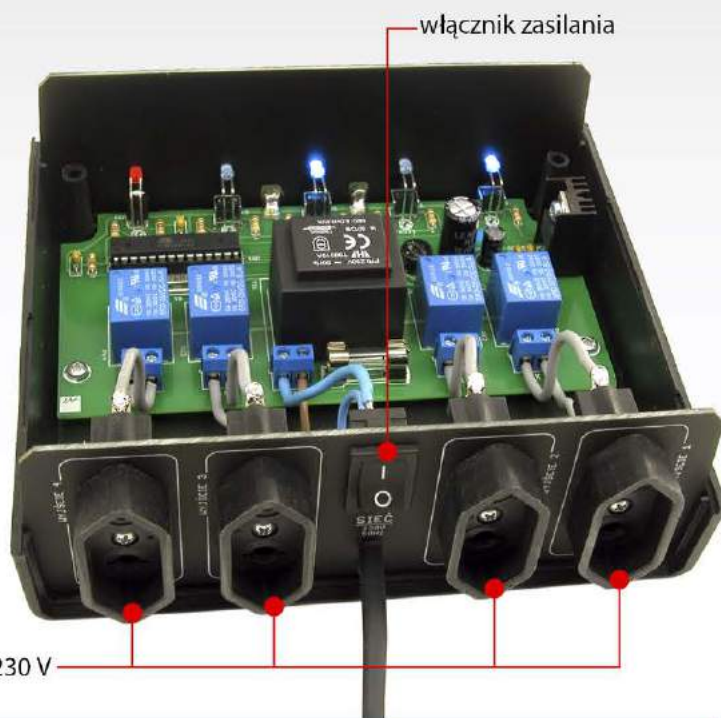
przyciski bezpośredniego przełączania wyjść

odbiornik podczerwieni

wymiary obudowy: 149×130×50 mm



Kod handlowy:
AVT5599



wyjścia 230 V



sklep.avt.pl

AVT-Korporacja Sp. z o.o. 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Dział Handlowy tel.: 222 578 450 e-mail: handlowy@avt.pl

eprasa.pl 19f2eea877