

HI-ENDowy potencjometr z magicznym okiem

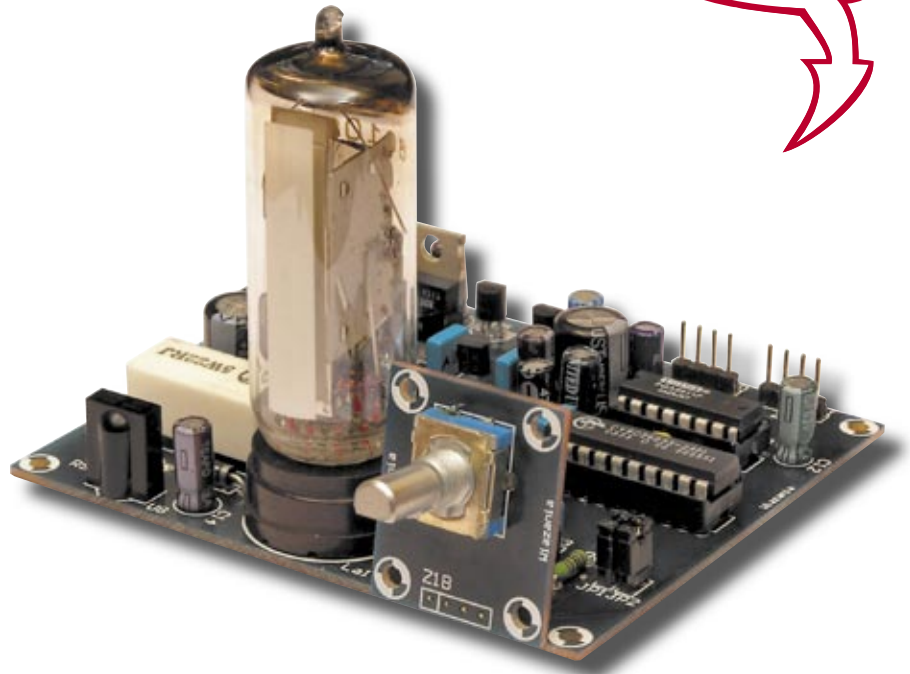
AVT-549

PROJEKT
Z OKŁADKI

Sprzęt audio z najwyższej półki (HI-END) wkracza powoli w zacisze prawie każdego domostwa tak, jak kiedyś wkraczał sprzęt audio zaliczany do klasy HI-FI. Niewątpliwie spowodowane to jest dążeniem melomanów do rozkoszowania się dźwiękami jak najbardziej naturalnymi, pozbawionymi szumów, o jak najmniejszych zniekształceniach nieliniowych (THD+N). Urządzeniem, które prezentujemy w artykule jest cyfrowy potencjometr, który bez wątplenia może być jednym z bloków sprzętu audio.

Rekomendacje:

prezentowany potencjometr z całą pewnością znajdzie uznanie wśród amatorów sprzętu audio. Pomijając znakomite cechy funkcjonalne, już samo zastosowanie magicznego oka do sygnalizacji ustawienia wzmocnienia czyni z tego projektu urządzenie niezwykle atrakcyjne mimo, że nie ma na to żadnego materialnego uzasadnienia.



Ze względu na parametry (patrz **tab.1**) opisywany potencjometr cyfrowy można zaliczyć do sprzętu z górnej półki, czyli HI-ENDowego. Predysponują go do tego niewielkie zniekształcenia THD+N na poziomie 0,0004%, małe szумы oraz dynamika 120 dB. Niezwykle efektywnym dodatkiem tego potencjometru będzie lampowy wskaźnik nazywany magicznym okiem. Takie wskaźniki nie są stosowane w nowoczesnym sprzęcie. Na pewno potencjometr z takim wskaźnikiem doda nowoczesnemu sprzętowi pewnego archaizmu. Proponowany potencjometr będzie niezwykle efektywnym dodatkiem do już zbudowanego sprzętu audio. Niezłe parametry potencjometru uzyskano dzięki zastosowaniu nowoczesnych podzespołów – wspomnę, że całością steruje mikrokontroler PSoC mający rekonfigurowane peryferia. Zastosowanie w sprzęcie audio cyfrowego potencjometru całkowicie wyklucza powstawanie jakichkolwiek trzasków, zakłóceń czy szumów charakterystycznych dla potencjometrów mechanicznych, szczególnie tych tanich, o nienajlepszej jakości. Ponadto układ potencjometru cyfro-

wego zapewni idealną powtarzalność ustawień, oczywiście za cenę ograniczenia płynności regulacji do skończonej liczby kroków. Sterowanie potencjometrem jest bardzo proste i może odbywać się za pomocą impulsatora lub pilota podczerwieni z kodowaniem RC5. Co ważne ustawienia potencjometru są pamiętane po wyłączeniu napięcia zasilającego. Potencjometr umożliwi regulację poziomu sygnału audio maksymalnie w 256 krokach, przy czym za pomocą zworek można ograniczyć liczbę kroków do 128, 64 lub 32. Ma także dość często wykorzystywaną funkcję MUTE. Układ potencjometru cyfrowego może znaleźć zastosowanie zwłaszcza w sprzęcie audio takim, jak wzmacniacze, miksery czy procesory dźwięku. Wybrane parametry potencjometru przedstawiono w **tab.1**.

Magiczne oko (EM84)

Magiczne oko jest specjalną lampą elektronopromieniową, wyposażoną w ekran świecący (część lampy pokryta luminoforem). Wielkość świecącego pola jest zależna od sygnału podawanego na siatkę. W lampach występują różne kształty

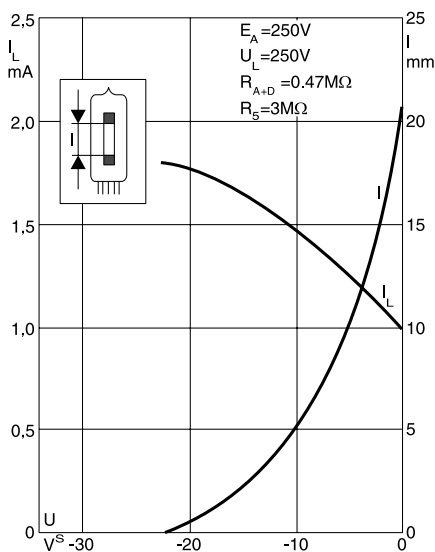


Tab. 1. Wybrane parametry cyfrowego potencjometru

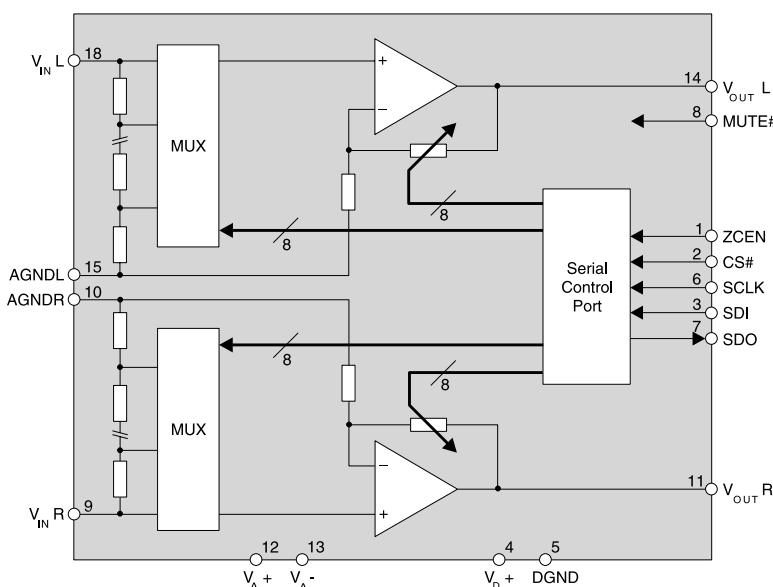
- Dynamika 120dB
- Zniekształcenia THD+N na poziomie 0,0004% przy 1kHz
- regulacja poziomu głośności w zakresie od +31,5dB do -95,5dB
- Małe szумы
- Sterowanie za pomocą impulsatora
- Funkcja MUTE
- Sterowanie za pomocą pilota podczerwieni z kodowaniem RC5
- Możliwość zaprogramowania przycisków sterujących pilota podczerwieni
- Zapamiętywanie ustawień w nieulotnej pamięci
- Nowoczesny mikrokontroler sterujący PSOC
- Niezwykły wskaźnik lampowy w postaci magicznego oka
- Możliwość ograniczenia liczby kroków potencjometru do 256, 128, 64 lub 32
- Możliwość zmiany poziomu głośności (kroku) przy przejściu sygnału audio przez zero, co eliminuje słyszalne zakłócenia spowodowane sygnałem wejściowym
- Napięcie zasilające układ +12...+15V oraz -12...-15V AC/DC

świecącego pola. W przypadku zastosowanej w potencjometrze EM84 jest to prostokąt. Lampa elektrowna typu EM84 będąca lampą wskaźnikową była niedgdy stosowana jako wskaźnik dostrojenia w odbiornikach radiofonicznych lub wskaźnik wysterowania w magnetofonach (np. ZK120 czy ZK140). Lampa EM84, jak większość lamp, jest żarzona pośrednio czyli włókno żarzenia jest odizolowane galwanicznie od katody. Włókno żarzenia tejże lampy jest zasilane napięciem 6,3 V. Siatka, będąca elektrodą wejściową, sterowana jest napięciem ujemnym względem katody wynoszącym od 0 do -22 V. W zależności od wartości napięcia siatki zmienia się długość świecącego paska lampy. Przy napięciu siatki 0 V świeci niewielka część prostokąta (paska), natomiast przy napięciu siatki -22 V świeci cały prostokąt (pasek). Tak więc w zależności od napięcia podanego na siatkę lampy będzie się zmieniała

długość świecącego paska. Co ważne, zmiany długości świecącego paska są nieliniową funkcją napięcia siatki. Na **rys. 1** przedstawiona została charakterystyka lampy EM84. Ponieważ potencjometr posiada charakterystykę liniową potrzebne okazało się zlinearyzowanie charakterystyki wskaźnika EM84. Zrealizowane zostało to na drodze programowej z wykorzystaniem tablicy stałych zapisanych w nieulotnej pamięci mikrokontrolera o czym będzie w dalszej części artykułu. Z charakterystyki EM84 widać że świecący pasek może zmieniać swą długość do ponad 20 mm przy czym w układzie potencjometru uzyskano rozdzielczość paska równą 64 czyli podzielono go na 64 równe części. Wadą większości lamp jest potrzeba zapewnienia im wysokiego napięcia anodowego. W przypadku EM84 powinno ono wynosić ok. 250 V. W układzie potencjometru zastosowano prostą przetwornicę podwyższającą, która przetwarza napięcie



Rys. 1. Charakterystyka czułości magicznego oka

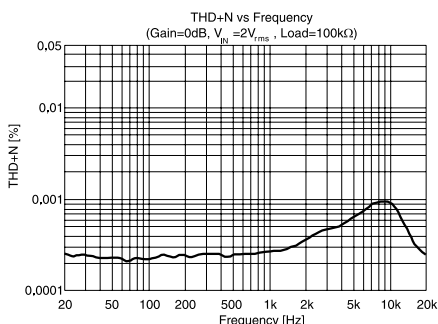


Rys. 2. Schemat blokowy układu PGA2311

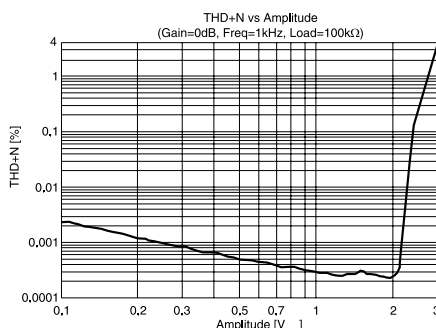
12V na napięcie bliskie 250V, która raczej nie wpływa na właściwości audio zastosowanego cyfrowego potencjometru (odpowiednio zostały poprowadzone ścieżki na płytce drukowanej). Niewątpliwie lampowy wskaźnik podnosi walory wizualne całego urządzenia, a co ważne lampy EM84 są łatwo dostępne.

Potencjometr PGA2311

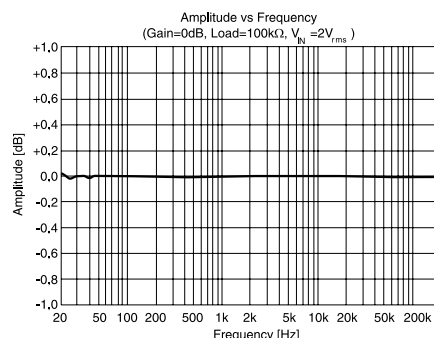
W układzie potencjometru jako element regulacyjny zastosowany został układ PGA2311, który zaprojektowano do profesjonalnych urządzeń audio. Jest to dwu kanałowy (Stereo) cyfrowy potencjometr, którego poziom sygnału wyjściowego można zmieniać od +31,5dB do -95,5dB z krokiem 0,5dB. Cechą wyróżniającą układ PGA2311 są niewielkie zniekształcenia THD+N na poziomie 0,0004%. Na **rys. 2** przedstawiony został schemat blokowy układu PGA2311. W skład tego układu wchodzi drabinka rezystorów sterowane multiplekserami, wysokiej jakości wzmacniacze operacyjne o regulowanym wzmocnieniu oraz jednostka sterująca. Potencjometr nie tylko może tłumić sygnał, ale także go wzmacniać. Do zasilania części analogowej cyfrowego potencjometru PGA2311 wymagane jest symetryczne napięcie +5V i -5V a do cyfrowej +5V. Na **rys. 3** przedstawiono charakterystykę poziomu zniekształceń THD+N w zależności od częstotliwości sygnału audio. Jak widać zniekształcenia nie przekraczają poziomu 0,001%. **Rys. 4** przedstawia charakterystykę poziomu zniekształ-



Rys. 3. Charakterystyka poziomu zniekształceń THD+N w relacji do sygnału audio



Rys. 4. Zależność wartości THD+N od amplitudy sygnału wejściowego



Rys. 5. Charakterystyka częstotliwościowa układu PGA2311

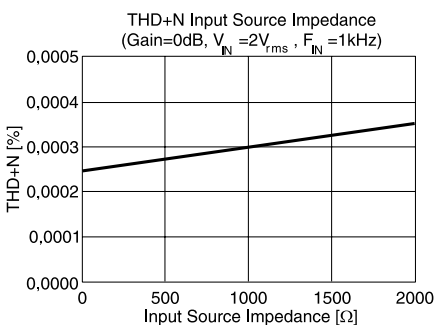
ceń nieliniowych w zależności od poziomu sygnału wejściowego. Wiadac, że dla uzyskania małych zniekształceń nieliniowych na wejście potencjometru należy podawać sygnały o amplitudzie 1V do 2V. Na **rys.5** przedstawiono charakterystykę zmian amplitudy w zależności od częstotliwości, natomiast na **rys.6** przedstawiono charakterystykę zniekształceń nieliniowych w zależności od impedancji obciążenia. Niewątpliwie przedstawione charakterystyki potwierdzają wysokie parametry potencjometru PGA2311. Przy czym należy pamiętać, że poziom zniekształceń THD+N zależy od impedancji obciążenia i poziomu sygnału wejściowego. Czym mniejsza impedancja obciążenia tym zniekształcenia THD+N będą niższe. Do komunikacji z tym układem wystarczy trójprzewodowy interfejs SPI. Układ PGA2311 ma przydatną w układach audio funkcję MUTE (wyciszenie torów sygnałowych), która jest załączana przy przejściu sygnału audio przez zero w celu eliminacji zakłóceń. Drugim dosyć ważnym elementem układu PGDA2311 wyróżniającym go od innych typowych cyfrowych potencjometrów jest detektor przejścia sygnału wejściowego przez zero. Włączenie tego detektora (może być wyłączo-

ny) będzie powodować zmianę poziomu głośności dopiero po wykryciu że poziom sygnału audio jest bliski zeru co powoduje minimalizację słyszalnych zakłóceń (stuków) podczas zmiany poziomu głośności. Jest to niewątpliwie bardzo przydatna funkcja którą zawsze warto mieć włączoną.

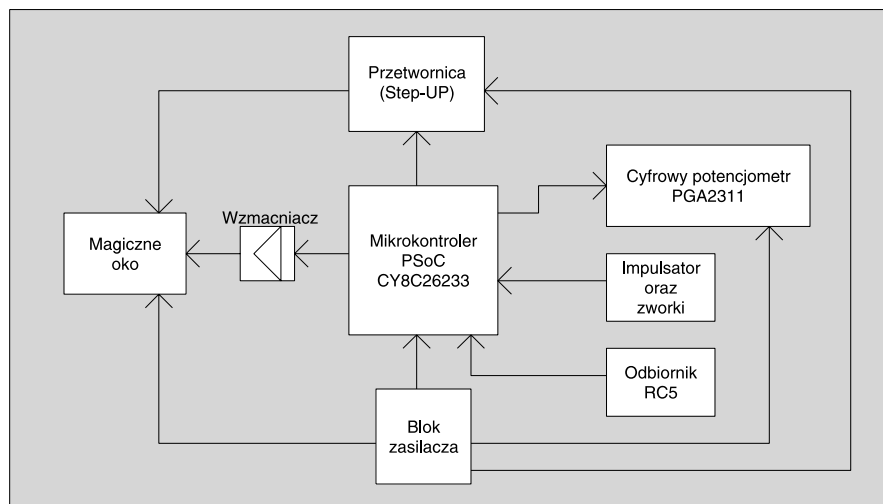
Opis działania układu

Na **rys.7** przedstawiono schemat blokowy potencjometru. W układzie potencjometru można wyróżnić następujące bloki: magiczne oko, wzmacniacz sterujący siatką oka, przetwornice wytwarzająca napięcie anodowe dla oka, blok zasilacza, impulsator, odbiornik podczerwieni i co ważne cyfrowy potencjometr. Całością steruje mikrokontroler PSoC (*Programmable System-on-Chip*) firmy Cypress. Na **rys.8** oraz **rys.9** przedstawiono schemat ideowy układu potencjometru. Rys.9 przedstawia sposób dołączenia impulsatora do złącza Z1A układu głównego. Zastosowanie do sterowania potencjometrem impulsatora przyczyniło się do radykalnego uproszczenia jego obsługi. Dekodowaniem sy-

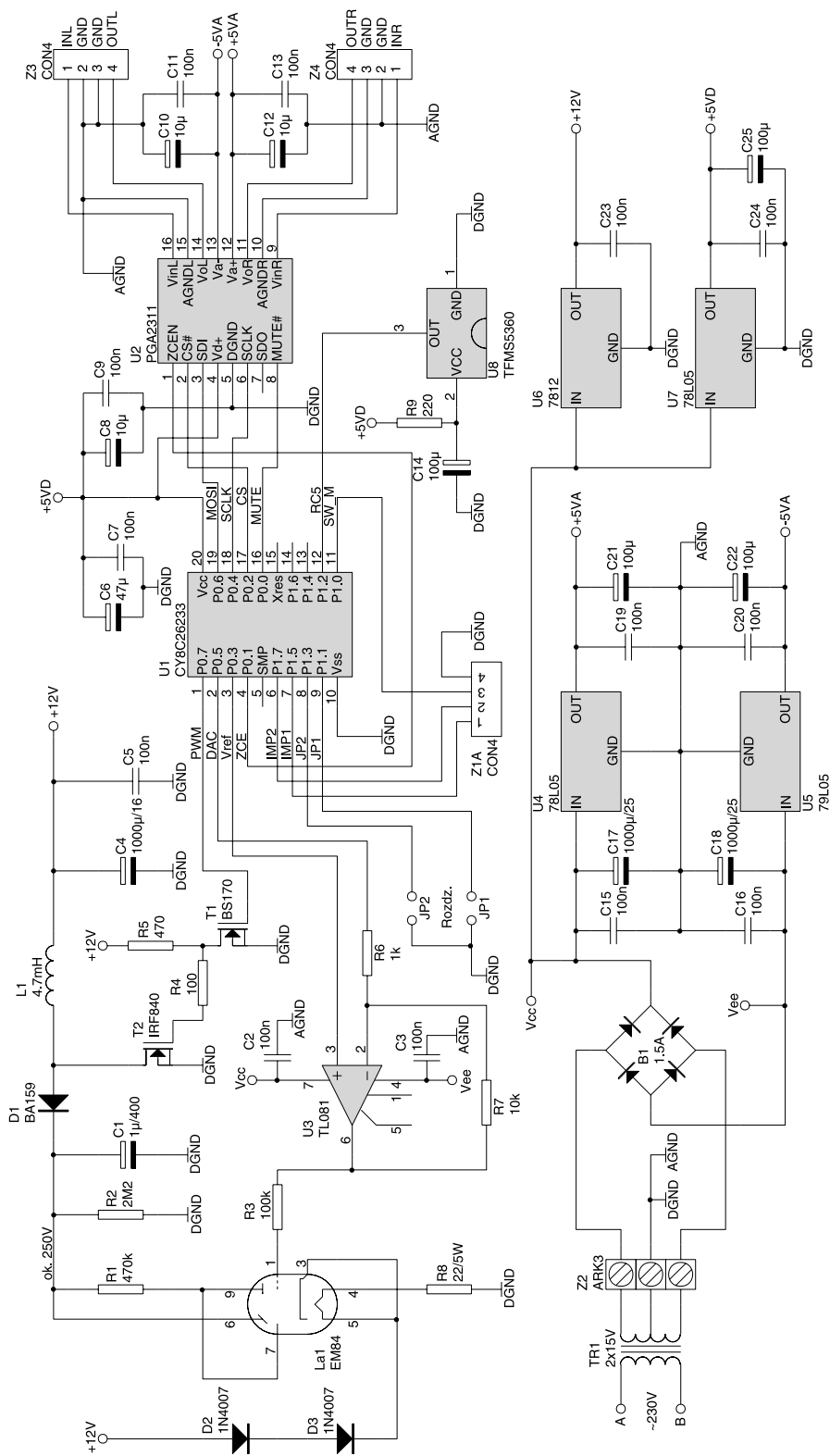
gnałów z impulsatora i określaniem kierunku ruchu jego osi zajmuje się mikrokontroler U1. W zależności od kierunku obrotu osi impulsatora głośność jest zmniejszana lub zwiększana. Zastosowany impulsator posiada dodatkowy przycisk, który jest uruchamiany naciśnięciem osi impulsatora. Przyciskiem tym można włączyć lub wyłączyć funkcję MUTE potencjometru. Całością można sterować tylko za pośrednictwem jednego elementu. Dosyć rozbudowanym obwodem w potencjometrze jest obwód sterowania magicznym okiem. Ważnym elementem jest przetwornica przetwarzająca napięcie z 12V do napięcia bliskiego 250V, które jest napięciem anodowym lampy. Elementy L1, T2, D1 i C1 tworzą prostą klasyczną indukcyjną przetwornicę podwyższającą (*step-up*). Budowę takiej prostej przetwornicy przedstawia **rys.10**. Przetwornicą steruje przebieg PWM generowany przez mikrokontroler, który dodatkowo jest buforowany przez tranzystor T1. Tranzystor T1 zmienia fazę sygnału PWM, ale to nie jest żadną wadą oraz zwiększa wartość napięcia sterującego bramką



Rys. 6. Zależność pomiędzy zawartością zniekształceń THD+N i impedancją źródła sygnału



Rys. 7. Schemat blokowy urządzenia opisanego w artykule

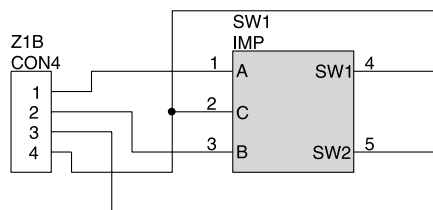


Rys. 8. Schemat elektryczny urządzenia

tranzystora T2, przez co będzie się on całkowicie otwierał. Napięcie 5V nie wystarczyłoby do całkowitego otwarcia tranzystora T2. Częstotliwość przebiegu PWM jest bliska 32kHz, przy czym wypełnienie przebiegu PWM na bramce tranzystora T2 (po odwróceniu przez T1) jest bliskie

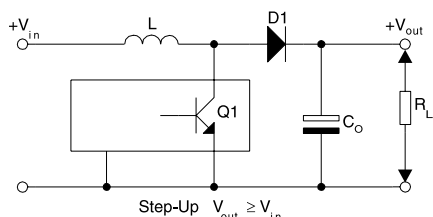
100% (czas impulsu wynosi około 2μs, a przerwy 30μs). Tak więc tranzystor T2 będzie otwarty na czas 30μs i zamknięty przez czas 2μs. Przez czas 30μs na cewkę L1 jest podawane napięcie 12V, co powoduje gromadzenie w jej polu magnetycznym energii (prąd będzie narastał).

Gdy tranzystor T2 zostanie na krótko wyłączony, przestanie płynąć przez niego prąd i w cewce zaindukuje się takie napięcie, by podtrzymać przepływ prądu przez diodę D1, kondensator C1 i obciążenie. Rezystor R2 wstępnie obciąża przetwornice, gdyż lampa zaraz po włączeniu zasilania nie pobiera prądu (nie pobiera prądu do póki nie rozgrzeje się jej włókno żarzenia). Zabezpiecza to przed wzrostem napięcia na kondensatorze C1, które mogłoby go uszkodzić. Parametry przebiegu PWM (wypełnienie) zostały tak dobrane by napięcie anodowe lampy było bliskie 250V. Tym napięciem zasilane jest także wyprowadzenie lampy zwane ekranem. Katoda lampy dołączona została do napięcia o około 1,2V (spadek na diodach D2, D3) niższego od dodatniego napięcia 12V. Pozwala to uzyskać większą maksymalną długość świecącego paska magicznego oka. Przez diody D2, D3 także płynie prąd żarzenia, który jest ograniczany przez rezystor R8. Na włóknie żarzenia lampy powinno wystąpić napięcie bliskie 6,3V. Dzięki temu, że katoda została dołączona do napięcia bliskiego +12V, długością paska można sterować napięciem na siatce mieszczonej się w zakresie +12...-10V co daje zakres 22V. Napięciem podawanym na siatkę lampy steruje mikrokontroler U1 poprzez zewnętrzny wzmacniacz pracujący w konfiguracji nieodwracającej. Na wejście odwracające wzmacniacza U3 podawane jest wytwarzane przez mikrokontroler napięcie odniesienia V_{ref} o ustalonej wartości 2,6V. Wzmacniacz ma wzmocnienie równe 10. Na wejście nieodwracające wzmacniacza operacyjnego podawane jest napięcie z wyjścia przetwornika DAC (C/A) zaimplementowanego w mikrokontrolerze. Wartością napięcia z przetwornika można regulować długość świecącego paska lampy. Napięcie wyjściowe wzmacniacza poprzez R3 jest podawane wprost na siatkę sterującą lampy. Przy napięciu wyjściowym przetwornika 1V względem napięcia odniesienia V_{ref} napięcie podawane na siatkę ma wartość 10V, a przy napięciu z wyjścia przetwornika -1V względem napięcia odniesienia V_{ref} na siatkę lampy jest podawane napięcie -10V. Tak więc, dzięki zewnętrznemu wzmacniaczowi operacyjnemu możliwe jest uzyskanie potrzebnego zakresu napięć podawanych na siatkę lampy. Przez wystawienie na wyjście przetwornika odpowiednich wartości



Rys. 9. Sposób dołączenia impulsatora do gotowej płytki

napięcie można bez problemu zlinearyzować charakterystykę magicznego oka. Do sterowania układem potencjometru U2 zastosowanego w układzie wystarczy 3 przewodowy interfejs SPI. W skład tego interfejsu wchodzi linie MOSI, SCLK i /CS. Na rys.11 przedstawiono przebiegi ilustrujące komunikację z układem potencjometru. Komunikacja odbywa się tylko w jednym kierunku – w stronę cyfrowego potencjometru, przy czym wysyłane są jednocześnie dwa bajty danych począwszy od najstarszych bitów. Jeden bajt jest przeznaczony dla kanału prawego a drugi lewego. Zapis bitów odbywa się przy narastającym zboczku sygnału zegarowego. Linia /CS jest linią wyboru układu, z którym będzie się odbywać komunikacja. Podczas komunikacji z potencjometrem jest ona ustawiana w stan niski. Z układu U2 wykorzystane zostały dodatkowo dwie linie /MUTE oraz /ZCEN. Linią /MUTE można włączyć funkcję /MUTE (wyciszenie torów), natomiast linią /ZCEN można włączyć opisywany już detektor przejścia sygnału przez zero. Linie sygnałów analogowych (audio) zostały wyprowadzone na złącza Z3 oraz Z4. Potencjometrem można także sterować za pośrednictwem pilota podczerwieni z kodowaniem RC5. Układ U8 jest scalonym odbiornikiem podczerwieni z którego odebrane sygnały nadane w podczerwieni są dekodowane poprzez mikrokontroler. Elementy R9 oraz C14 odpowiednio zasilają odbiornik podczerwieni. Zworami JP1 i JP2 można skonfigurować rozdzielczość potencjometru (ilość kroków). Potencjometr jest zasilany napięciem symetrycznym 2x12V lub



Rys. 10. Uproszczony schemat przetwornicy step-up

2x15 V, które jest prostowane w mostku B1. Wyprostowanym ale niestabilizowanym napięciem symetrycznym zasilany jest wzmacniacz operacyjny U3. Taki sposób za-

zasilenia wzmacniacza operacyjnego gwarantuje uzyskanie potrzebnego zakresu napięć na jego wyjściu. Stabilizatory U4 i U5 stabilizują napięcie zasilające część analogową układu U2 na poziomie +5V i -5V. Stabilizator U6 stabilizuje napięcie na poziomie 12V, które jest wykorzystywane do zasilenia lampy i przetwornicy, natomiast U7 stabilizuje napięcie na poziomie +5V wykorzystywane do zasilenia części cyfrowej potencjometru (układ U1, część cyfrowa U2 i U8). Spora liczba kondensatorów jest odpowiedzialna za odpowiednie filtrowanie napięć zasilających układy potencjometru. Elementami potencjometru steruje mikrokontroler PSoC firmy Cypress mający wiele niezaprzeczalnych zalet w odniesieniu do typowych mikrokontrolerów. Jedną z takich zalet są rekonfigurowane peryferia cyfrowe jak i analogowe. Po prostu można taki mikrokontroler skonfigurować z wybranymi peryferiami, których jest bardzo wiele. Dostępne są peryferia nie tylko cyfrowe, jak liczniki, układy transmisji jak PSI, I2C itp. ale i analogowe w których można znaleźć wzmacniacze operacyjne, komparatory, filtry itp. W zastosowanym mikrokontrolerze można jednocześnie wybrać (załadować) do 8 peryferii cyfrowych i 12 analogowych. Przy czym jest możliwość w czasie pracy mikrokontrolera zmiany peryferii na inne. Po prostu wybrany układ peryferyjny się wyładowuje i ładuje inny, który w danej chwili będzie potrzebny. Mikrokontrolery PSoC posiadają także szybką jednostkę centralną (CPU) pracującą z częstotliwością do 24MHz oraz pamięć programu typu Flash. Zastosowany w potencjometrze mikrokontroler CY-8C26233 ma 8kB pamięci Flash i 256 bajtów pamięci RAM. Taktowany jest wewnętrznym oscylatorem RC o dosyć dobrej stabilności. Częstotliwość wewnętrznego oscylatora wynosi 32kHz, ale jest powielana do częstotliwości 24MHz/48MHz. W układzie potencjometru rdzeń mikrokontrolera pracuje z częstotliwością 12MHz. Rdzeń zastosowany w mikrokontrolerach PSoC jest typowym rdzeniem 8-

Tab. 2. Konfiguracja rozdzielczości cyfrowego potencjometru

JP1	JP2	Rozdzielczość (kroki)
0	0	32
0	1	64
1	0	128
1	1	256

gdzie: 0 – zworka założona, 1 – zworka zdjęta

-bitowym o architekturze harwardzkiej zgodnej z M8C Cypress. Na rys.12 przedstawiono schemat blokowy peryferiów załadowanych do mikrokontrolera sterującego pracą cyfrowego potencjometru. Blok peryferyjny SPI wy-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1: 470kΩ
- R2: 2,2MΩ
- R3: 100kΩ
- R4: 100Ω
- R5: 470Ω
- R6 : 1kΩ
- R7: 10kΩ
- R8: 22Ω/5W
- R9: 220Ω

Kondensatory

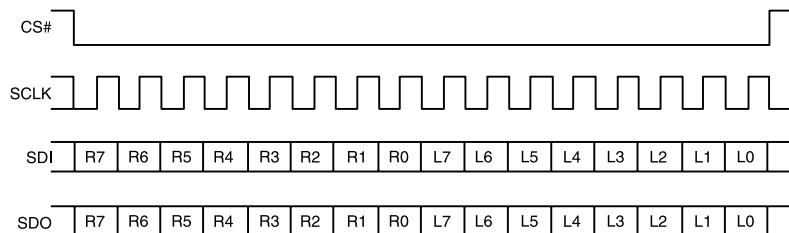
- C1: 1μF/400V
- C2, C3, C5, C7, C9, C11, C13, C15, C16, C19, C20, C23, C24: 100nF
- C4, C17: 1000μF/25V
- C6: 47μF/16V
- C8, C10, C12: 10μF/16V
- C14, C21, C22, C25: 100μF/16V
- C18: 470μF/25V

Półprzewodniki

- U1: CY8C26233
- U2: PGA2311
- U3: TL081
- U4, U7: 78L05
- U5: 79L05
- U6: 7812
- U8: TFMS5360
- T1: BS170
- T2: IRF840
- D1: BA159
- D2, D3: 1N4007
- B1: Mostek prostowniczy okrągły 1,5A

Inne

- L1: Dławik pionowy 4,7mH
- La1: Lampa EM84
- SW1: Impulsator z dodatkowym przyciskiem firmy Piher
- Z1, Z3, Z4: Goldpin 1x4
- Z2: Złącze ARK3
- JP1, JP2: Goldpin 1x2 oraz zworki



Rys. 11. Ramki danych wpisywane do układu PGA2311

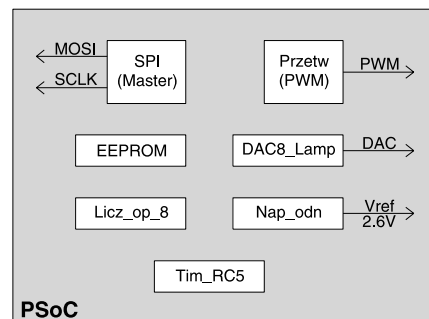
korzystany został do komunikacji z cyfrowym potencjometrem U2, przy czym sygnał /CS jest generowany programowo. Blok *Przetw* jest typowym 8-bitowym generatorem PWM wykorzystanym do sterowania przetwornicą. Element *DAC8_Lamp* jest 8-bitowym przetwornikiem C/A, którego wyjście za pośrednictwem zewnętrznego wzmacniacza operacyjnego steruje siatką lampy. Blok *Nap_odn* generuje napięcie odniesienia o wartości 2,6V dla zewnętrznego wzmacniacza operacyjnego. Blok *Licz_op_8* jest 8-bitowym licznikiem, który generuje przerwania od przepelnienia licznika co ponad 500 μ s. Przerwania generowane przez ten licznik wykorzystane zostały do odliczania potrzebnych opóźnień w programie sterującym potencjometrem. Blok *Tim_RC5*, który także jest 8-bitowym licznikiem odlicza potrzebne jednostki czasowe dla procedury odbierającej i dekodującej sygnały podczerwieni nadawane w standardzie RC5. Ostatni blok *EEPROM* jest typową pamięcią EEPROM, w której przechowywane są ustawienia potencjometru, które są odtwarzane po włączeniu zasilania. Pamięć EEPROM jest wydzielonym blokiem pamięci Flash mikrokontrolera w którym zezwolono na zapis danych. Po prostu część bloków pamięci Flash (jeden blok pamięci Flash ma 64 bajty) zostały przeznaczone na pamięć EEPROM. W potencjometrze na pamięć EEPROM wykorzystano tylko jeden blok pamięci Flash. Obsługa impulsatora odbywa się programowo tak jak dekodowanie sygnałów nadawanych w podczerwieni. Jak widać mikrokontrolery PSoC są bardzo uniwersalne. Załadowane zostały do niego wszystkie potrzebne w tej aplikacji peryferia, a ich duży wybór umożliwia zminimalizowanie elementów zewnętrznych całego układu. Oprogramowanie sterujące mikrokontrolerem zostało napisane w assemblerze wchodzącym w skład pakietu *PSoC Designer*, za pośrednictwem którego można przygotować od początku oprogramowanie

sterujące. Pakiet ten umożliwia w prosty sposób załadowanie potrzebnych peryferiów łącznie z ich skonfigurowaniem, przygotowaniem programu w assemblerze (jest także możliwość zakupu kompilatora C), symulację, jak i zaprogramowanie wybranego typu mikrokontrolera PSoC.

Jak wspomniano, lampa (magiczne oko) posiada nieliniową charakterystykę zależności długości paska od napięcia podanego na siatkę sterującą. W programie sterującym mikrokontrolerem przeprowadzana jest linearyzacja charakterystyki lampy za pomocą odpowiednio obliczonej tablicy (co widać na **rys.13**). Tak więc świecący pasek magicznego oka będzie się zmieniał liniowo w odniesieniu do kroku potencjometru (zmian głośności). Na siatkę lampy są podawane wartości nieliniowe, pobrane wprost z tablicy zaznaczonej na **rys.13**. Zastosowanie mikrokontrolera PSoC stanowczo uprościło całe urządzenie.

Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy cyfrowego potencjometru przedstawiono na **rys.14** oraz **rys.15**. Montaż układu jest typowy, czyli należy go rozpocząć od elementów najmniejszych. Pod lampę należy obowiązkowo zastosować pasującą podstawkę. Po zakończeniu montażu płytkę z impulsatorem należy dołączyć do płytki głównej np. za pomocą goldpina 1x4. Do zasilenia potencjometru można zastosować transformator 2x12 V lub 2x15 V. Można także potrzebne napięcia (jeśli będą) pobrać z zasilacza urządzenia audio do którego będzie wbudowany opisany potencjometr. Potencjometr po zmontowaniu powinien od razu działać poprawnie. Przy uruchamianiu potencjometru należy mieć na uwadze to, że w niektórych punktach układu występuje wysokie napięcie (ok. 250V) wytwarzane przez przetwornicę. Oprogramowanie sterujące, które udostępniam można załadować do mikrokontrolera PSoC CY8C26233 poprzez specjalny pro-



Rys. 12. Peryferia zaimplementowane w mikrokontrolerze PSoC zastosowanym w projekcie

gramator ISSP. Do mikrokontrolera ładuje się plik z rozszerzeniem HEX. Aby skorzystać z wszystkich funkcji jakie zaimplementowano w potencjometrze należy go nauczyć komend nadawanych z pilota zdalnego sterowania. Otwarta architektura peryferiów mikrokontrolera PSoC stwarza duże pole do popisu przy rozbudowie układu. Na przykład bez większych problemów można dobudować do potencjometru wskaźnik wysterowania (wyświetlaczem będzie magiczne oko), czy też będzie można zmienić charakterystykę potencjometru na logarytmiczną czy wykładniczą.

Obsługa potencjometru

Obsługa potencjometru jest banalna, a to dzięki zastosowaniu impulsatora. Sterowanie potencjometrem może się także odbywać dowolnym pilotem zdalnego sterowania z kodowaniem w standardzie RC5. Obracając ośką impulsatora w lewo zmniejsza się głośność, a w prawo zwiększa. Przyciskiem impulsatora można włączać lub wyłączać tryb MUTE, który sygnalizowany jest miganiem świecącego paska magicznego oka. Tryb MUTE (jeśli został włączony) można także wyłączyć poruszając ośką impulsatora w lewo lub w prawo. Potencjometr wyposażony został w funkcję uczenia się komend podczerwieni nadawanych z pilota. Potencjometrowi nie zostały przypisane określone przyciski sterujące na pilocie lecz można sobie je zaprogramować samemu. Jest to rozwiązanie bardzo uniwersalne. Aby wejść w tryb programowania potencjometru, w którym także można włączyć lub wyłączyć detektor przejścia sygnału przez zero, należy włączyć zasilanie potencjometru przy wciśniętym przy-

```

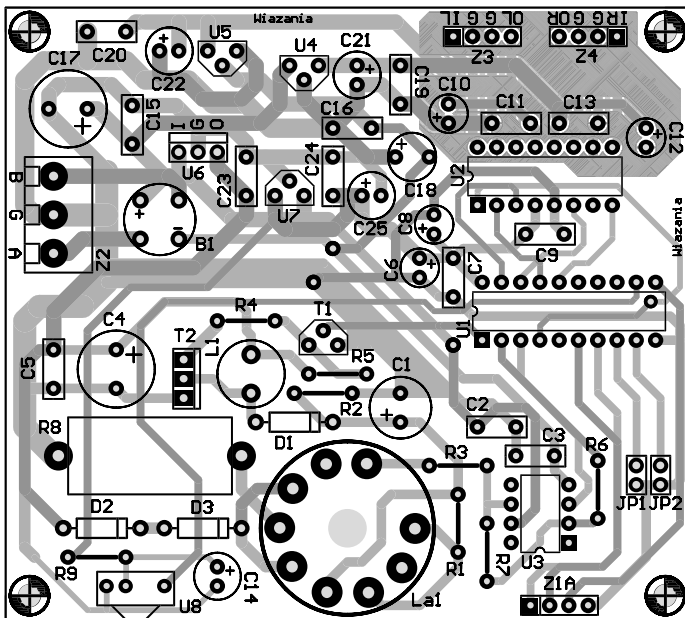
Ziag_rc5i:  bjk:  1      :Ziagny spyznalizujona (piaszek 1) i prawidlowe odebranie kodu RC5
sm_p_rc5i:  bjk:  1      :zmienka pamietajona poprzednia wartosc otrzymanego bitu kodu RC5
rc5_g:     bjk:  1      :przetworzyje odczytany z IFFBOR kod klawisza pilota RC5 wiazajacego :
rc5_d:     bjk:  1      :przetworzyje odczytany z IFFBOR kod klawisza pilota RC5 wiazajacego :
rc5_m:     bjk:  1      :przetworzyje odczytany z IFFBOR kod klawisza pilota RC5 wiazajacego :
tmp_100i:  bjk:  1      :ustawienie liczony licznikow
rc5_wdci:  bjk:  1      :przetworzyje odczytany z IFFBOR zdanie pilota dla porownania
wz_temp:   bjk:  1      :ustawienie zmiana

scen text (ROM,REL)

.LITERAL
tab_100i:  :tablica stalych licznicyzujacych charakterystyka zapisanego oka (pasek
          : 47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,62,63,64,65,66,67,68
          : 69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,81,82,84,87,89,91,94,96,99
          : 101,105,109,113,116,119,123,127,131,135,139,143,145,148,155
          : 161,169,174,176,185,190,200,210,230
.ENDLITERAL

main:
calli  Fzsete_start :zaczatek podprogramu glownego
calli  A_Rep_oda_HIGHPOWER :zaczatek przetworzily (generatorek FRI)
mov    A_Rep_oda_start :zaczatek nowy bloku zapicia odliczenia
calli  Nap_oda_start :zaczatek bloku zapicia odliczenia
mov    A_FACS_Lamp_HIGHPOWER :zaczatek nowy bloku przetworzily DAC
calli  FACS_Lamp_start :zaczatek przetworzily DAC
calli  Lamp_0_start :zaczatek licznika Lamp_0_0
calli  Tab_RC5_start :zaczatek licznika Tab_RC5
calli  IFFBOR_start :zaczatek pamieci IFFBOR
    
```

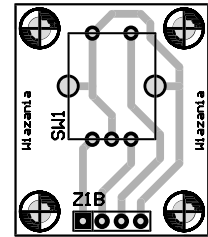
Rys. 13. Dane wykorzystane do linearyzacji charakterystyki czułości magicznego oka



Rys. 14. Rozmieszczenie elementów na płycie bazowej magicznego oka

cisku impulsatora. Ekran magicznego oka będzie migał aż do puszczenia przycisku impulsatora. Poruszając ośkę impulsatora w lewo lub w prawo można wybrać czy detektor przejścia przez zero ma być załączony czy wyłączony. Za-

świecony cały pasek lampy sygnalizuje włączenie detektora, a jego minimalne świecenie wyłączenie detektora. Dalsze naciśnięcie ośki impulsatora powoduje przejście do trybu nauki komend nadawanych z pilota podczerwieni. Świecą-



Rys. 15. Rozmieszczenie elementów na płycie impulsatora

cy pasek lampy przyjmie długość minimalną, co sygnalizuje programowanie przycisku zmniejszania głośności. Należy wtedy nacisnąć ten przycisk na pilocie, który ma zmniejszać głośność. Następnie pasek zapali się na całej swej długości, co oznacza programowanie przycisku zwiększania głośności. Po zaprogramowaniu tego przycisku świecący pasek przyjmie połowę swojej długości, co informuje o programowaniu przycisku trybu MUTE. Po zaprogramowaniu tego przycisku procedura programowania jest opuszczana i potencjometr zaczyna normalnie pracować. W układzie występują jumpery JP1 oraz JP2 którymi można zaprogramować rozdzielczość (ilość kroków) potencjometrów. W tab. 2 przedstawiono rozdzielczość potencjometru w zależności od ustawienia zworek JP1 i JP2. Na przykład przy założonych zworkach potencjometr będzie regulował głośność tylko w 32 krokach. Po zastosowaniu przedstawionego potencjometru w sprzęcie audio można być pewnym że po wieloletniej pracy nie usłyszymy podczas zmiany poziomu głośności jakichkolwiek zakłóceń czy trzasków.

Wiązania Marcin
marcin.wiazania@ep.com.pl

ALFINE

ANALOG DEVICES

PRZEDSTAWICIELSTWO W POLSCE

DSP Technology from Analog Devices

DSP Solutions from ALFINE

Ponad 10 lat
z Analog Devices

ALFINE P.E.P. • ul. Gronowa 22 • 61-680 Poznań
 tel.: (61) 8205811, 8213375 • fax: (61) 8213199
 e-mail: analog@alfine.pl • <http://www.alfine.pl>