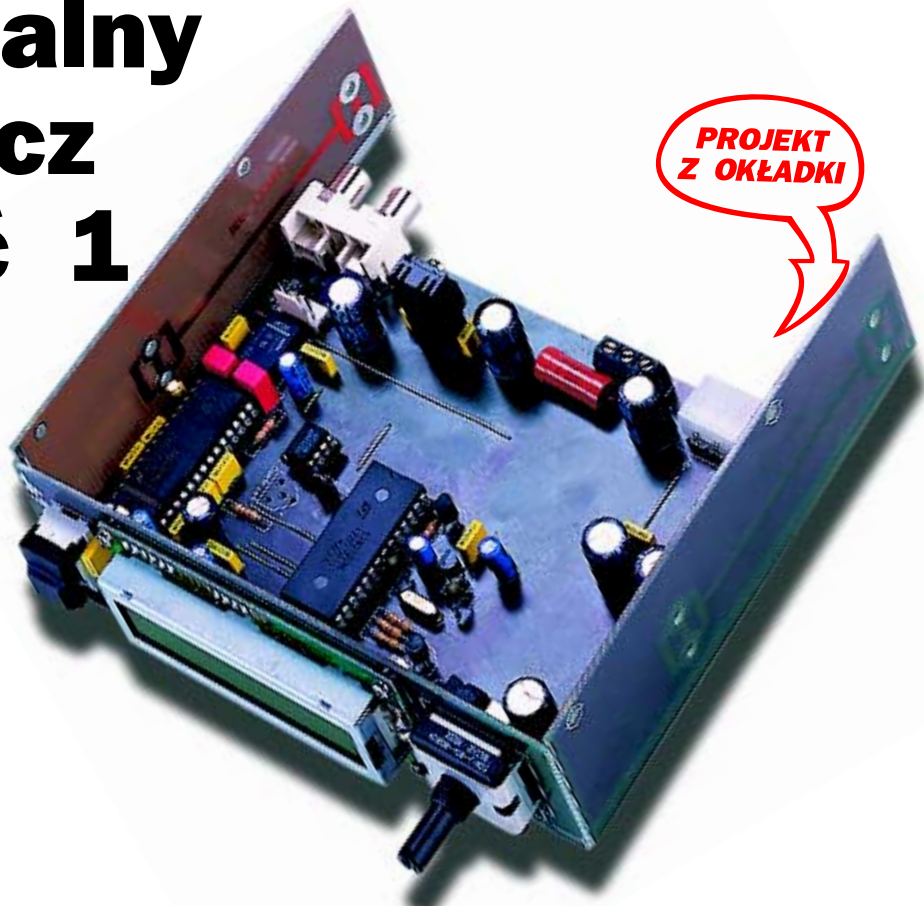


Multimedialny wzmacniacz 3D, część 1

kit AVT-491



PROJEKT
Z OKŁADKI



Prawda, że tytuł artykułu jest dość tajemniczy? Nimbu tajemniczości dostarcza przede wszystkim skrót „3D”, który jest doskonale znany użytkownikom współczesnych komputerów, a zwłaszcza PC-tów. Najczęściej symbolizuje on duże możliwości karty graficznej mającej wbudowany sprzętowy „dopalacz” grafiki trójwymiarowej, która w grach stała się już standardem.

My proponujemy wyposażenie komputera w kolejny „trzeci wymiar”, tym razem poprawiający jakość (a nie szybkość!) odtwarzania dźwięku, zarówno z karty dźwiękowej, jak i odtwarzacza CD.

Konstrukcja opracowanego przez nas urządzenia jest oparta na nowoczesnym procesorze dźwięku, który opracowała firma National Semiconductor.

Prezentowany w artykule multimedialny wzmacniacz powstał przede wszystkim z myślą o użytkownikach komputerów PC. Zarówno konstrukcja mechaniczna, jak i przyjęty sposób zasilania powoduje, że PC-et jest dla niego naturalnym środowiskiem pracy, co jednak nie wyklucza innych aplikacji.

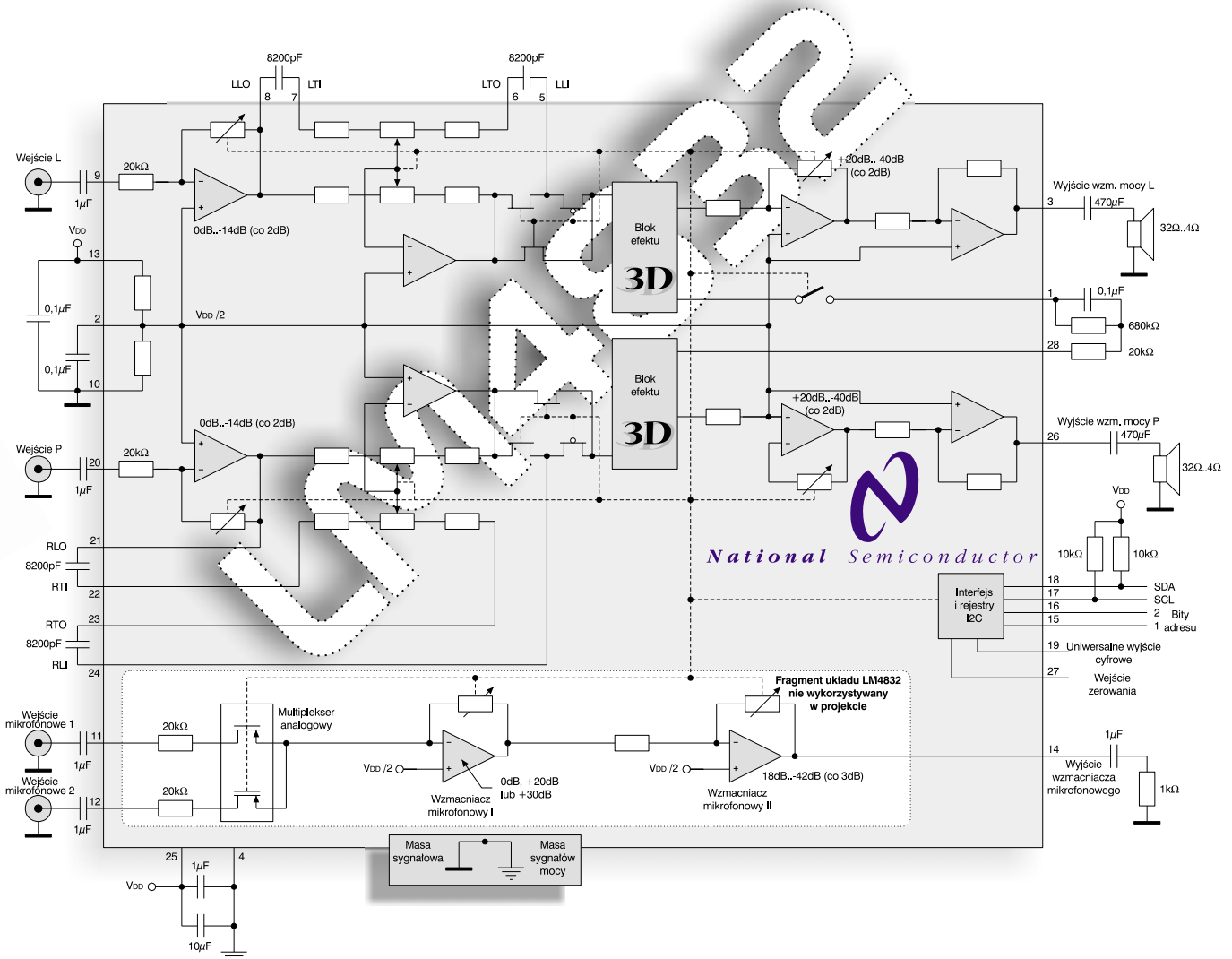
Głównym założeniem autora było stworzenie alternatywy dla niezwykle popularnego wśród Czytelników EP wzmacniacza AVT-325, który charakteryzuje się bardzo dużą mocą wyjściową i jest wyposażony w panel z diodami LED. Jak zapewne pamiętacie, ze względu na stosunkowo niskie napięcie zasilania elementów komputera (5 i 12V) oraz ograniczoną moc wbudowanego w PC zasilacza kit AVT-325 jest wyposażony we własny transformator, co nieco komplikuje i podraża jego wykonanie. Pomimo tych drobnych niedogodności jest on jednak niezastąpiony dla użytkowników lubiących mocne (a raczej głośnie) wrażenia.

Przeprowadzone próby wykazały, że w większości domowych zastosowań moc dostarczana do

głośników z karty dźwiękowej nie przekracza 400mW, co przy dobrej jakości głośnikach gwarantuje odpowiednią głośność, nawet w tak wymagających grach jak *Doom*. Ograniczenie mocy wyjściowej wzmacniacza do tak (tylko pozornie!) niewielkiego poziomu pozwala dołączyć go do komputera w taki sam naturalny sposób, jak stację dyskiety lub dysk twardy. Bez żadnych problemów!

Tak więc nie spodziewajcie się po prezentowanym wzmacniaczu oszałamiających parametrów „mocowych”. Sedno nowej konstrukcji leży zupełnie gdzie indziej - procesor audio jest wyposażony w funkcję „3D”, dzięki której stereofoniczna baza sygnału jest rozszerzana, pozwalając znacznie dokładniej wyczuć przestrzeń dźwiękową. Taka uproszczona forma dźwięku dookólnego jest osiągana bardzo niewielkim kosztem.

W pierwszej (czyli tej) części artykułu omówimy konstrukcję elektryczną urządzenia, a sposób jego montażu, programowanie procesora audio, obsługę wzmacniacza - w kolejnej części - już za miesiąc!



Rys. 1. Schemat blokowy układu LM4832.

Serce, czyli możliwości współczesnych układów audio

„Sercem“ multimedialnego wzmacniacza jest procesor audio LM4832 opracowany przez firmę National Semiconductor. Schemat blokowy tego układu przedstawiono na rys. 1. Składa się on z następujących bloków funkcjonalnych:

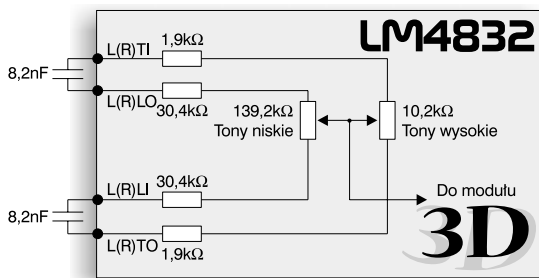
- Tłumików wejściowych w torze audio, które umożliwiają wstępną regulację amplitudy sygnału dostarczanego do dalszych stopni wzmacniacza. Zakres regulacji wynosi 0..-14dB (z krokiem 2dB), co pozwala dostosować czułość wejść do każdego typowego źródła sygnału audio. Stopień tłumienia obydwu tłumików jest programowany zawartością jednego rejestru, nie ma więc możliwości regulacji balan-

su w tym stopniu toru audio.

- Aktywnych regulatorów barwy dźwięku. Filtrujące obwody RC są włączone w pętlę ujemnego sprzężenia zwrotnego wewnętrznych wzmacniaczy operacyjnych, co pozwala uzyskać zakres regulacji -12..+12dB (z krokiem 2dB). Na rys. 2 pokazano uproszczony schemat regulatorów. Dzięki przemyślanej budowie regulatorów i zastosowaniu analogowego multipleksera możliwe jest ich programowe odłączanie. Pozwala to na korzystanie z zewnętrznego korektora barwy toru procesora dźwięku. Na rys. 3 przedstawiono charakterystyki regulacji, które zaczerpnięto z danych katalogowych układu LM4832.
- Modułów „3D“. W zależności od upodobań i wymagań użytkownika, sygnał audio może być

odtworzony w sposób standardowy (czyste stereo) lub z wykorzystaniem adaptacyjnego poszerzenia stereofonicznej bazy, co producent określa mianem „dźwięku 3D“. Przełączanie pomiędzy trybami stereo i „3D“ odbywa się na drodze programowej.

- Programowanych regulatorów głośności o zakresie regulacji (wzmocnienie/tłumienie) +20..-40dB (z krokiem 2dB). Każdy kanał audio jest wyposażony w niezależnie programowany regulator. Z ich pomocą odbywa się zarówno ustalanie głośności, jak i balansu pomiędzy kanałami. Za przeliczanie zależności pomiędzy tymi parametrami odpowiada oprogramowanie „zaszyte“ w pamięci mikrokontrolera sterującego pracą wzmacniacza.



Rys. 2. Konstrukcja regulatora barwy dźwięku.

- Końcówek mocy, które odpowiadają za zasilanie dołączonych do zestawu głośników lub słuchawek. Końcówki mocy, podobnie jak i reszta układu LM4832, są zasilane napięciem

Możliwości i podstawowe parametry multimedialnego wzmacniacza 3D

Funkcje standardowe:

- ✓ urządzenie integruje funkcje przedwzmacniacza, korektora barwy dźwięku oraz wzmacniacza mocy,
- ✓ możliwe jest odtwarzanie stereofonicznego dźwięku w standardowy sposób lub z wykorzystaniem efektu "3D",
- ✓ wbudowany przełącznik sygnałów pozwala na odtwarzanie dźwięku z czytnika CD lub karty dźwiękowej,
- ✓ zakres regulacji barwy dźwięku (w każdym pasmie): ±12dB,
- ✓ moc wyjściowa: 350mW/8Ω,
- ✓ liczba wejść audio: 2 (CD/SC - regulacja wstępnego poziomu niezależna dla każdego wejścia),
- ✓ zacisk na wejściu sygnału z karty dźwiękowej jest typu chinch oraz szpilkowy,
- ✓ wejście sygnału z odtwarzacza CD jest typu szpilkowego,
- ✓ zasilanie: +5V/15mA i +12V/250mA, pobierane z zasilacza PC,
- ✓ wzmacniacz jest wyposażony w elektroniczny wyłącznik zasilania,
- ✓ wszystkie nastawy są zapisywane w nieulotnej pamięci EEPROM i automatycznie odtwarzane po włączeniu zasilania,
- ✓ mechaniczna konstrukcja wzmacniacza umożliwia montowanie go w miejscu stacji dyskie-tek 5,25",
- ✓ do obsługi wszystkich funkcji wzmacniacza wystarczają dwa manipulatory: obrotowy impulsator cyfrowy (spełnia rolę potencjometra) i przełącznik Digitast (wybór funkcji),
- ✓ wbudowany prosty program diagnostyczny pozwala użytkownikowi wykryć błędy w transferze danych do układu LM4832.

Funkcje serwisowe:

- ✓ w przypadku zastosowania wyświetlacza z podświetlaniem LED możliwe jest ręczne dobranie jasności świecenia,
- ✓ zastąpienie potencjometra P1 układem US3 umożliwia elektroniczną regulację kontrastu wyświetlacza LCD,
- ✓ w każdym kanale wejściowym można niezależnie ustalić poziom wstępnego tłumienia sygnału audio, co ułatwia podłączanie do wzmacniacza źródeł o różnych amplitudach sygnału na wyjściu.

5V. Nie jest to zbyt dużo, zwłaszcza że standardowe impedancje głośników są dość duże (minimalna 4Ω). Projektantom układu LM4832 udało się jednak tak zaprojektować końcówki, że charakterystyka zniekształceń w funkcji mocy wyjściowej jest bardzo korzystna.

Na rys. 4 przedstawiono przebieg tej charakterystyki dla obciążenia 8Ω, a na rys. 5 dla obciążenia 32Ω. Taką właśnie impedancję mają typowe słuchawki.

- Interfejs I²C jest kolejnym fragmentem układu LM4832, wykorzystywanym w projekcie. Jego zadanie jest oczywiste - pośredniczy pomiędzy zewnętrznym mikrokontrolerem, który steruje pracą części audio, a analogową częścią układu LM4832. Interfejs ten ma dwa wejścia adresowe, które szczegółowo określają adres układu na magistrali I²C. Zastosowanie tych wejść pozwala na połączenie w jednym systemie, sterowanym pojedynczym procesorem, czterech takich układów jednocześnie.
- Bloku przedwzmacniacza mikrofonowego z multiplexerem analogowym na wejściu. Ta część układu LM4832 nie jest wykorzystywana w prezentowanym projekcie i z tego względu nie będziemy jej omawiać.

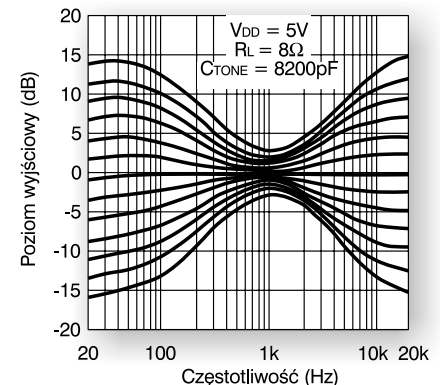
Wszystkie wyżej wymienione bloki są zintegrowane w układzie zawartym w standardowej, taniej obudowie DIP28. Układ LM4832 w typowych warunkach nie wymaga specjalnego chłodzenia.

Krwiobieg, czyli dlaczego ST62?

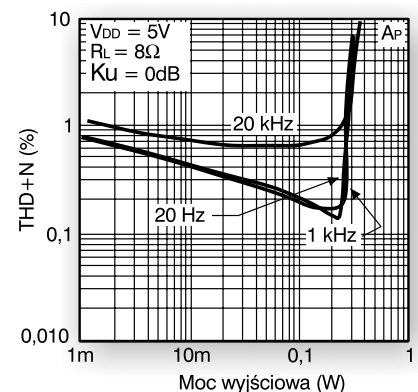
O ile wybór procesora audio był prosty - nie ma na rynku równorzędnych układów innych producentów - o tyle wybór mikrokontrolera zarządzającego pracą całego systemu może wydawać się - ale tylko pozornie - dyskusyjny. Dlaczego więc zastosowano ST62T65?

Po pierwsze jest on relatywnie tani. Po drugie, integruje w jednej strukturze wszystkie peryferia, które są niezbędne do realizacji wszystkich założonych funkcji sterujących. Tak więc wykorzystano

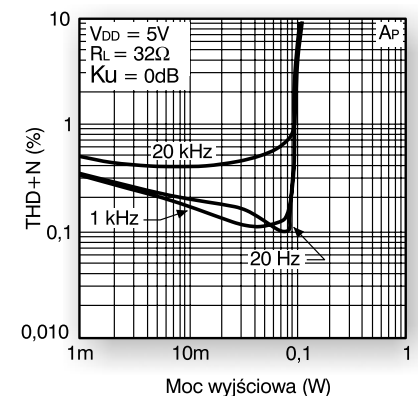
8-bitowy przetwornik C/A PWM, timer do pomiaru czasu, pamięć EEPROM (!), a na pewnym etapie realizacji także przetwornik A/C (do pomiaru natężenia oświetlenia zewnętrznego), lecz ostatecznie pomysł został zarzucony. Wykorzystano także standardowe, cyfrowe porty I/O, których mikrokontroler ma całkiem sporo. Ostatnim argumentem była duża pojemność pamięci programu



Rys. 3. Charakterystyka regulacji barwy dźwięku.



Rys. 4. Zniekształcenia w funkcji mocy wyjściowej dla obciążenia 8Ω.



Rys. 5. Zniekształcenia w funkcji mocy wyjściowej dla obciążenia 32Ω.

(3,8kB), co pozwoliło na implementację we wzmacniaczu drobnych „szaleństw“ w systemie sterowania.

Dość anatomii!

Po „anatomicznym“ wykładzie wstępnym możemy przejść do omówienia konstrukcji wzmacniacza. Jego schemat elektryczny przedstawiono na rys. 6.

Łatwo zauważyć, że otoczenie układu LM4832 (US2) jest zgodne z notą aplikacyjną producenta. Jest to idealny przykład współczesnego, specjalizowanego układu scalonego. Jediną sensowną modyfikacją, jakiej może dopuścić się użytkownik, jest zmiana pojemności kondensatorów C8..11, C17 oraz elementów tworzących pętlę sprzężenia „3D“ - C12, R9, R10. Zmiana pojemności kondensatorów C8..11 powoduje przesunięcie środkowej częstotliwości filtra regulacyjnego barwy tonu.

Zdaniem autora wartości tych elementów zostały dobrane optymalnie, w związku z czym nie ma potrzeby ich modyfikacji, ale do eksperymentów oczywiście zachęcamy! Nieco bardziej złożony jest dobór elementów w pętli sprzężenia „3D“. Rezystancję R10 obniżono o ok. 10% w stosunku do wartości zalecanej, co spowodowało pogłębienie efektu rozszerzenia przestrzeni dźwiękowej bez większych (zdaniem autora) efektów negatywnych. Nie zalecamy modyfikować wartości rezystora R9, ponieważ jego zadaniem jest tylko rozładowywanie kondensatora C12, co zapobiega powstawaniu nieprzyjemnych efektów akustycznych podczas włączania i wyłączania bloku „3D“. Z tego względu wartość rezystancji R9 jest dość duża.

Zadanie kondensatora C7 jest podwójne: filtruje bowiem napięcie referencyjne dla wszystkich wewnętrznych wzmacniaczy zintegrowanych w strukturze US2 oraz

odpowiada za płynne włączanie wzmacniacza, zapobiegając powstawaniu stuków w głośnikach.

Elementy C6 i R11 zerują cyfrową część układu US2 po włączeniu zasilania. Podobną rolę spełnia układ US4, który zeruje mikrokontroler zarówno po włączeniu zasilania, jak i po zbyt dużym obniżeniu się wartości napięcia zasilającego. Fakt zastosowania tak zaawansowanego sposobu zerowania mikrokontrolera wynika z konieczności zabezpieczenia zawartości pamięci nieulotnej EEPROM, która jest zintegrowana w strukturze ST62T65. Niepożądane, przypadkowe wpisy do pamięci często występują podczas wolnego opadania napięcia zasilającego po wyłączeniu zasilacza. Zjawisko takie jest charakterystyczne dla zasilaczy dużej mocy stosowanych w PC. Tak więc dzięki US4 nastawy zapisane w pamięci EEPROM są całkowicie bezpieczne.

Pracą wzmacniacza zarządza mikrokontroler ST62T65 (US1). Argumenty przemawiające za stosowaniem tego układu przedstawiono powyżej. Teraz pokrótce omówimy jego aplikację i oprogramowanie.

Konfigurację portów procesora US1 łatwo jest przeanalizować na podstawie schematu elektrycznego z rys. 6. Trzy najmłodsze linie portu PC (PC0..2) spełniają rolę interfejsu I²C. Procesor pracuje jako *Slave* systemu. Na rys. 7 pokazano typową ramkę danych przesyłanych tą magistralą. Ponieważ procesory ST62 nie mają wbudowanych sprzętowych interfejsów I²C, protokół transmisji jest emulowany programowo.

Najstarszy dostępny bit portu PC - PC4 odpowiada za sterowanie przekaźnika Prz1. Rolę bufora prądowego spełnia tranzystor T1. W modelu zastosowano miniaturowy przekaźnik TQ2 firmy NAI-S-Matsushita, którego cewka jest

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R5, R6, R7, R8: 4,7kΩ

R2, R3, R4, R11: 3,3kΩ

R9: 680kΩ

R10: 18kΩ

R12: 30Ω/0,5W

R13: 0,1Ω

P1: 10kΩ miniaturowy, ceramiczny, leżący

Kondensatory

C1, C2: 27pF

C3, C4: 3,3nF

C5, C7, C12, C27, C28, C29, C30, C31, C32, C33: 100nF

C6: 1μF/16V

C8, C9, C10, C11: 8,2nF

C13, C14: 470μF/6,3V

C15, C16: 1μF unipolarne

C17, C18, C19, C20, C21: 1000μF/25V

C22, C23, C24, C34: 10μF/16V

C25: 22μF/16V

C26: 470μF/10V

Półprzewodniki

T1, T2: BC547

T3: BD243 lub podobny

US1: ST62T65B - zaprogramowany

US2: LM4832N

US3: X9313W (opcja - nie wchodzi w skład kitu)

US4: DS1813 (w obudowie TO-92)

US5: 7805 lub 78M05

Różne

X1: 8MHz

Z1: stereofoniczne złącze słuchawkowe do druku 3,5 mm

Z2: podwójny chinch do druku, poziomy

Z3, Z4:

Z5: 4-stykowe, męskie złącze zasilania PC

Prz1: TQ2-5V

IMP1: impulsator ECW1JB24BC0024 firmy Bourns

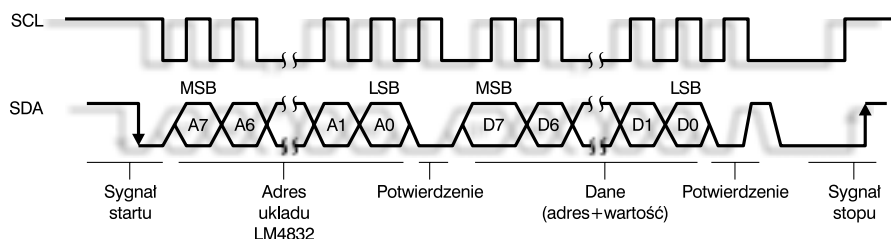
W1: alfanumeryczny wyświetlacz LCD 1x16 z podświetlaczem LED, np. WM-C1601M-YLYc. Możliwe jest zastosowanie wyświetlacza bez podświetlenia.

Sw1: przełącznik Digitast z przyciskiem

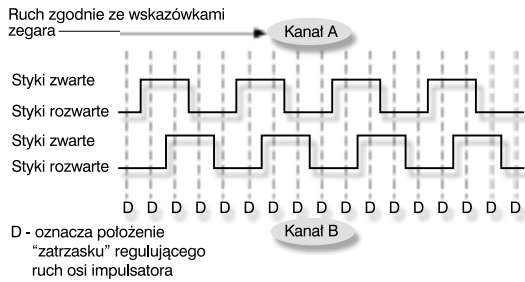
JP1: goldpiny 1x3 z jumperem

Radiator dla stabilizatora US5

4 śruby M2,5/5 z nakrętkami
Folia samoprzylepna na płytę czołową



Rys. 7. Format ramki danych wpisywanych do LM4832.



Rys. 8. Przebiegi charakteryzujące pracę impulsatora.

zabezpieczona diodą przeciwprzepięciową. Nie ma więc potrzeby stosowania dodatkowo żadnego zewnętrznego elementu zabezpieczającego. Linie PA0..PA3 wykorzystano jako 4-bitową magistralę danych do sterowania wyświetlaczem W1. Sygnały sterujące RS, E oraz R/W są generowane przez fragment portu PB (PB3..5). Programowanie sterownika wyświetlacza poprzez szynę 4-bitową pozwoliło ograniczyć liczbę niezbędnych połączeń pomiędzy płytką wyświetlacza i bazową o 4 i - co jest znacznie ważniejsze - zapobiegło konieczności zastosowania procesora o większej liczbie wyprowadzeń. A każdy dodatkowy pin kosztuje...

Do wyprowadzeń PA5 i 6 (pracują jako wejścia) zostały dołączone wyjścia impulsatora Imp1. Zasada działania tego impulsatora jest dobrze znana Czytelnikom śledzącym przygotowywane przez nas projekty. Na wszelki wypadek na rys. 8 pokazano po raz kolejny przebiegi charakterystyczne dla działania impulsatora. Generalizując można stwierdzić, że częstotliwość impulsów na wyjściu A i B daje informację o szybkości obracania osi impulsatora, a wzajemna faza impulsów informuje o kierunku jej obracania. Rezystory R6 i R7 „podwieszają“ do plusa zasilania wejścia procesora, a kondensatory C3 i C4 częściowo tłumią niepożądane drgania styków impulsatora. Pozostała część zakłóceń jest eliminowana na drodze programowej.

W egzemplarzu modelowym zastosowano wyświetlacz LCD z podświetlaczem LED. Pomimo stosunkowo wysokiej ceny takiego rozwiązania gorąco je polecamy! Komfort użytkownika wzmacniacza z podświetlanym wyświetlaczem jest nieporównywalnie większy niż bez podświetlania.

Ponieważ z pewnością nie dla wszystkich użytkowników wzmacniacza duża jasność podświetlacza LED będzie zadowalająca, wzmacniacz został wyposażony w elektroniczny regulator jasności. Rolę elementów wykonawczych regulatora spełniają tranzystory T2 i T3, które są sterowane przebiegiem

prostokątnym z modulowaną szerokością (PWM) dodatniego impulsu. Częstotliwość impulsów sterujących jest stała i wynosi ok. 1,3kHz, a wypełnienie można zmieniać w zakresie 0,4..25%, co w zupełności wystarcza do zapewnienia odpowiedniego zakresu regulacji jasności podświetlenia. Stosunkowo duża częstotliwość taktowania wynika z konieczności znacznego przekroczenia częstotliwość taktowania matrycy LCD, ponieważ w przeciwnym razie mogłyby powstawać zdudnienia powodujące „pływanie“ wyświetlanych napisów.

Wyświetlacz LCD zazwyczaj wymaga regulacji kontrastu, którą najłatwiej jest wykonać przy pomocy zwykłego potencjometra włączonego pomiędzy plus i masę zasilania. W prezentowanym urządzeniu przewidziano oczywiście możliwość takiej regulacji - zapewnia ją potencjometr P1. Autor nie byłby jednak elektronikiem, gdyby nie podjął próby „zelektroinizowania“ tej regulacji - posługiwanie się wkrętakiem w erze wszechobecnych mikrokontrolerów jest przecież postępowaniem wbrew sztuce! To oczywiście żart... Ale do rzeczy. Ponieważ bez większego trudu są dostępne elektroniczne potencjometry, możliwe jest zastąpienie nimi ich mechanicznego odpowiednika.

Widoczny na rys. 6 układ US3 jest właśnie alternatywą dla potencjometra P1. Programowanie położenia „suwaka“ potencjometra US3 odbywa się za pomocą pinów PB0..PB2 mikrokontrolera US3. Można oczywiście stwierdzić, że zastępowanie taniego potencjometra jego elektronicznym odpowiednikiem jest pozbawione ekonomicznego sensu. Jest to opinia w znacznym stopniu prawdziwa, ale zdaniem autora warto jest sięgać po rozwiązania najnowsze, zwłaszcza,

że dostęp do nich jest coraz łatwiejszy. Układ X9313 firmy Xicor ma wbudowaną nieulotną pamięć położenia suwaka, dzięki czemu zaprogramowany współczynnik kontrastu jest automatycznie odtworzany po włączeniu zasilania.

Drobnego komentarza wymaga sposób sterowania sygnałem !CS układu US3 - zastosowany obwód gaszący R3, C5 zapobiega przypadkowym zmianom położenia suwaka potencjometra, które mogą wystąpić po włączeniu zasilania, podczas konfigurowania portów procesora.

Na tym kończymy pierwszą część artykułu. Za miesiąc dokończenie, które poświęcimy omówieniu montażu elektrycznego i mechanicznego, uruchomieniu wzmacniacza oraz omówimy jego obsługę i programowanie.

Piotr Zbysiński, AVT

Uwaga! W skład kitu wchodzi samoprzylepna folia, która ułatwi estetyczne wykończenie płyty czołowej wzmacniacza.