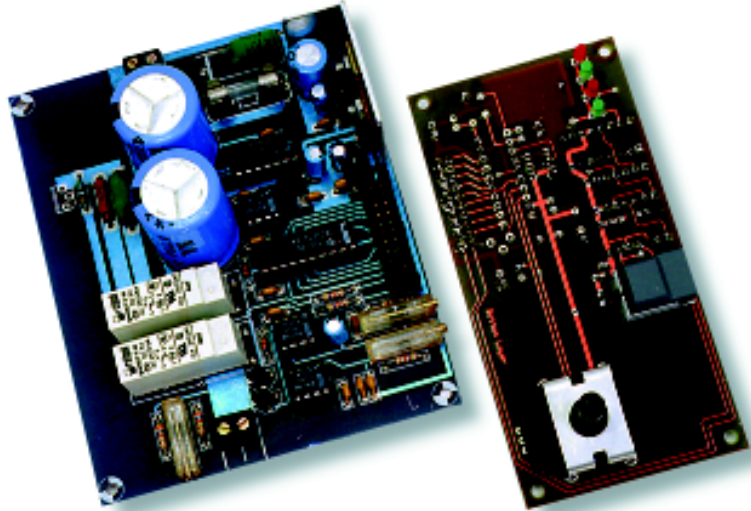


Programowany zasilacz laboratoryjny, część 1

kit AVT-366

Prezentowany w artykule zasilacz ma nieco odmienną konstrukcję niż wszystkie dotychczas przez nas prezentowane. Najważniejszą innowacją jest sposób regulacji napięcia wyjściowego, która odbywa się na drodze niemal całkowicie cyfrowej. Pierwszą część artykułu poświęcimy omówieniu konstrukcji zasilacza, ze szczególnym uwzględnieniem sposobu programowania stabilizatora.



Kolejny zasilacz, opracowany w laboratorium AVT, jest konstrukcją interesującą przede wszystkim z powodu zastosowania bardzo nietypowego sposobu regulowania napięcia wyjściowego. W standardowych konstrukcjach są stosowane zazwyczaj wieloobrotowe potencjometry, których ogromną wadą jest fakt, że ich parametry zmieniają się wraz z upływem czasu i warunków klimatycznych. Znacznie bardziej odporne na warunki zewnętrzne są konstrukcje wykorzystujące potencjometry cyfrowe - przykład takiej konstrukcji przedstawiliśmy w EP8/97 (kit AVT-349).

Chcąc zlikwidować problemy wynikające z niedoskonałości potencjometrów tradycyjnych i cyfrowych (stosunkowo duża ziarnistość) opracowaliśmy zasilacz, w którym napięcie wyjściowe ustalone jest przy pomocy 8-bitowego przetwornika C/A. Rolę elementu regulacyjnego spełnia nastawnik impulsowy firmy Bourns - element rzadko spotykany (całkiem niesłusznie!) w konstrukcjach opracowywanych w naszym kraju.

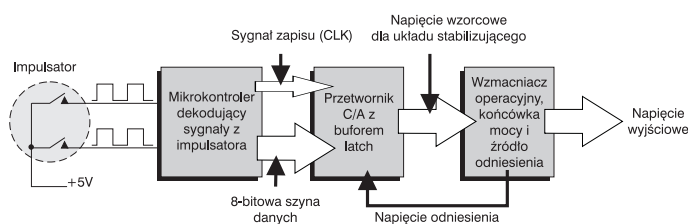
Rozpoczniemy od omówienia poszczególnych bloków zasilacza.

Opis układu

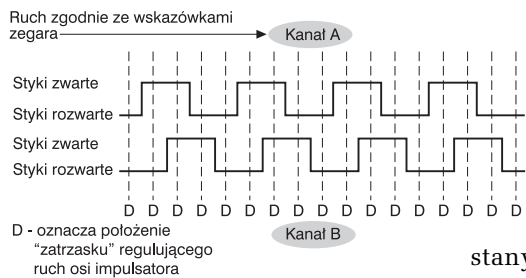
Schemat blokowy proponowanego rozwiązania przedstawiono na rys.1. Jest on nieco uproszczony, ale jego zadaniem jest wyjaśnić budowę zasilacza i wskazać na najważniejsze szczegóły zastosowanych w nim rozwiązań.

Sygnały wyjściowe z impulsatora są dekodowane przez prosty mikrokontroler, który na swoim wyjściu posiada 8-bitowy rejestr spełniający rolę licznika. Po wykryciu przez ten układ odpowiedniej kombinacji sygnałów przychodzących z impulsatora, stan licznika jest zwiększany lub zmniejszany (w zależności od kierunku obracania osi impulsatora), a każda zmiana jest potwierdzana impulsem zegarowym *CLK*. W takt impulsów zegarowych jest zapisywany rejestr wejściowy przetwornika C/A, a na jego wyjściu pojawia się napięcie o wartości zależnej od liczby wpisanej do rejestru. Napięcie to stanowi wzorzec dla wzmacniacza operacyjnego, który odpowiada za stabilizację napięcia.

Na schemacie z rys.1 pominięto ogranicznik prądowy, który zapobiega możliwości uszkodzenia stopnia wyjściowego zasilacza, przy zbyt małej rezystancji obciążenia dołączonego do zasilacza.



Rys. 1. Schemat blokowy zasilacza.



Rys. 2. Przebiegi obrazujące pracę impulsatora.

Teraz omówimy szczegółowo zastosowane w zasilaczu układy. Rozpocznemy od impulsatora i mikrokontrolera, które go obsługują.

Impulsator i dekodery

Impulsator spełniający (ale tylko z punktu widzenia użytkownika) rolę potencjometru jest bardzo ciekawym i mało znanym elementem. Jego działanie polega na generowaniu dwóch przebiegów prostokątnych o fazach zależnych od kierunku obrotu osi i częstotliwości zależnej od szybkości obracania. W przeciwieństwie do standardowych potencjometrów, prezentowany impulsator nie jest wyposażony w ograniczniki wyznaczające jego skrajne położenia. Z punktu widzenia elektrycznego impulsator jest tylko podwójnym przełącznikiem, w związku z czym nie wymaga zasilania.

Na rys.2 znajduje się wykres czasowy, który dokładnie wyjaśnia zależności pomiędzy stanami wyjściowymi impulsatora. Zaznaczone na tym rysunku zwarcie styków oznacza zwarcie styku wybranego kanału z wyprowadzeniem wspólnym dla obydwu kanałów. Jak wynika z rys.2, informacja o kierunku obrotów jest zakodowana w dwubitowym kodzie Graya, dość trudnym do bezpośredniego wykorzystania. Z tego też powodu autor opracował prosty program dla mikrokontrolera 68HC705J1A firmy Motorola (znany naszym Czytelnikom m.in. z projektu odbiornika DTMF z EP6/97). Program przedstawiono na list.1.

Podczas pisania tego bardzo prostego programu okazało się, że jego minimalne wydłużenie pozwala stworzyć niezwykle elastyczny i uniwersalny dekodery impulsatora, o niemal nieograniczonych możliwościach. Schemat elek-

tryczny sterownika w podstawowej aplikacji przedstawiono na rys.3. Układ w tej aplikacji może pracować w dwóch trybach zliczania.

Pierwszy z nich, nazwany umownie „bez ograniczników“, pozwala na to, żeby stany na wyjściach zmieniały się w pętli w zakresie 0..255 lub odwrotnie, w zależności od kierunku zliczania. Każda zmiana stanu na wyjściach DO..7 potwierdzana jest jednym ujemnym impulsem zegarowym na wyjściu CLK. W zależności od kierunku obrotów osi impulsatora stan logiczny na wyjściu DIR zmienia się (jeżeli jest równy „H“ oznacza to, że zliczane są impulsy w górę, dla „L“ w dół).

Tryb drugi, nazwany przez autora „z ogranicznikami“, umożliwia symulację przy pomocy impulsatora pracy standardowego potencjometru. Stany wyjściowe DO..7 zmieniają się w zakresie 0..255, a po uzyskaniu wartości skrajnej kolejne obroty osi impulsatora są ignorowane, aż do momentu zmiany ich kierunku.

Wyboru pomiędzy wymienionymi trybami pracy można dokonać poprzez zmianę stanu logicznego na wejściu portu PB5. Dla stanu wejściowego o poziomie „L“ układ zlicza w trybie „bez ograniczników“, a po podaniu na wejście PB5 stanu logicznego „H“ układ zlicza w trybie „z ogranicznikami“.

Wejście portu PB4 mikrokontrolera spełnia rolę selektora określającego zachowanie się wyjścia CLK po wyzerowaniu procesora. Ma to duże znaczenie, jeżeli w aplikacji użytkownika nie są wykorzystane wyjścia DO..7, wykorzystano natomiast wyjścia CLK oraz DIR (które można wykorzystać do sterowania np. 16-bitowego licznika zewnętrzznego). Jeżeli na wejściu PB4 jest stan logiczny „L“, to po każdym wyzerowaniu procesora na wyjściu CLK generowany jest pojedynczy impuls zegarowy, który umożliwia wpisanie stanu początkowego (domyślnie jest to 00h) do rejestru urządzenia programowanego. W przypadku, gdy

Listing 1.

```

*****
* Program obsługi licznika z nastawnikiem *
* impulsowym Bourns *
*****

*****
* PB4 decyduje o generacji lub nie impulsu CLK
* po włączeniu zasilania
* PB5 decyduje o trybie pracy: 0..255
* lub "w kółko"
*****

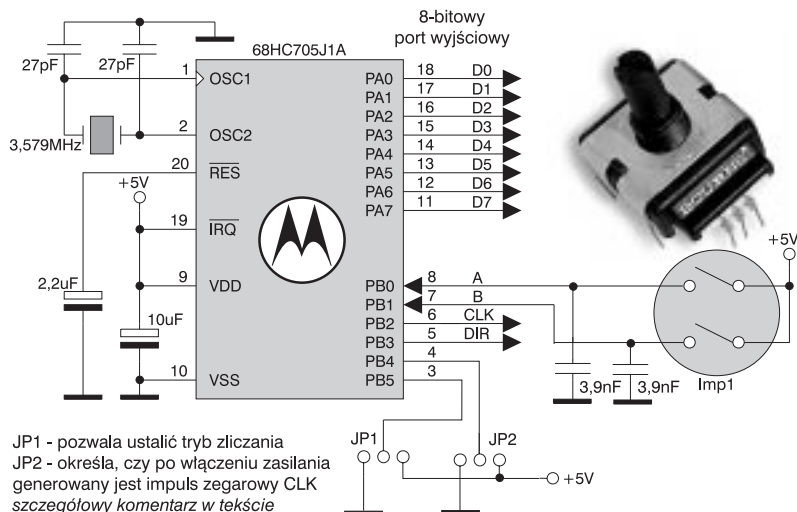
org $300
start:
nop
clr a
sta iscr ; blokuje przerwania
sei
*****
* Konfiguracja portów A i B *
*****
sta porta ; zeruje porta
sta portb ; zeruje portb
lda #$ff ; ustawią porta na wyjście
sta ddra ; zapisuje do DDRA
lda #$c ; ustawią PB2, PB3 - wyjścia
sta ddrb
bset 2,portb ; wyjście CLK jest zanegowane
bset 4,portb,noclk
nop
bclr 2,portb
nop
bset 2,portb
noclk brcr 5,portb,abrac
*****
* Początek procedury odczytu styków
* nastawnika w trybie zliczania "na okraglo"
*****
brak brcr 0,portb,brak1
brak2 bset 0,portb,brak2
jmp czek1
brak1 brcr 1,portb,brak
brak3 bset 1,portb,brak3
jmp czek2

czek1 bset 1,portb,czek1
dec porta
bclr 3,portb ; "0" oznacza "w dol"
bclr 2,portb
jsr del2
bset 2,portb
jmp brak

czek2 bset 0,portb,czek2
inc porta
bset 3,portb ; "1" oznacza "w gore"
bclr 2,portb
jsr del2
bset 2,portb
jmp brak

*****
* Opóźnienie
*****
del12 ldx #$9f ; ilosc petli
del22 decx
nop
nop
bne del22
rts

org $7fe
dw start
    
```



JP1 - pozwala ustalić tryb zliczania
JP2 - określa, czy po włączeniu zasilania generowany jest impuls zegarowy CLK
szczegółowy komentarz w tekście

Rys. 3. Podstawowa aplikacja mikrokontrolera z programem obsługi impulsatora.

na wejście *PB4* zostanie podany stan logiczny „H”, impuls zegarowy pojawi się na wyjściu *CLK* dopiero po wykonaniu pierwszego fragmentu obrotu osi impulsatora.

Tak więc, mikrokontroler zaprogramowany zgodnie z list.1 można wykorzystać zarówno do sterowania układów 8-bitowych (wykorzystując wbudowany 8-bitowy licznik dwukierunkowy), jak i o większej długości słowa (wykorzystując zewnętrzne liczniki o dowolnej długości, sterowane sygnałami *CLK* i *DIR*).

Płytki sterownika

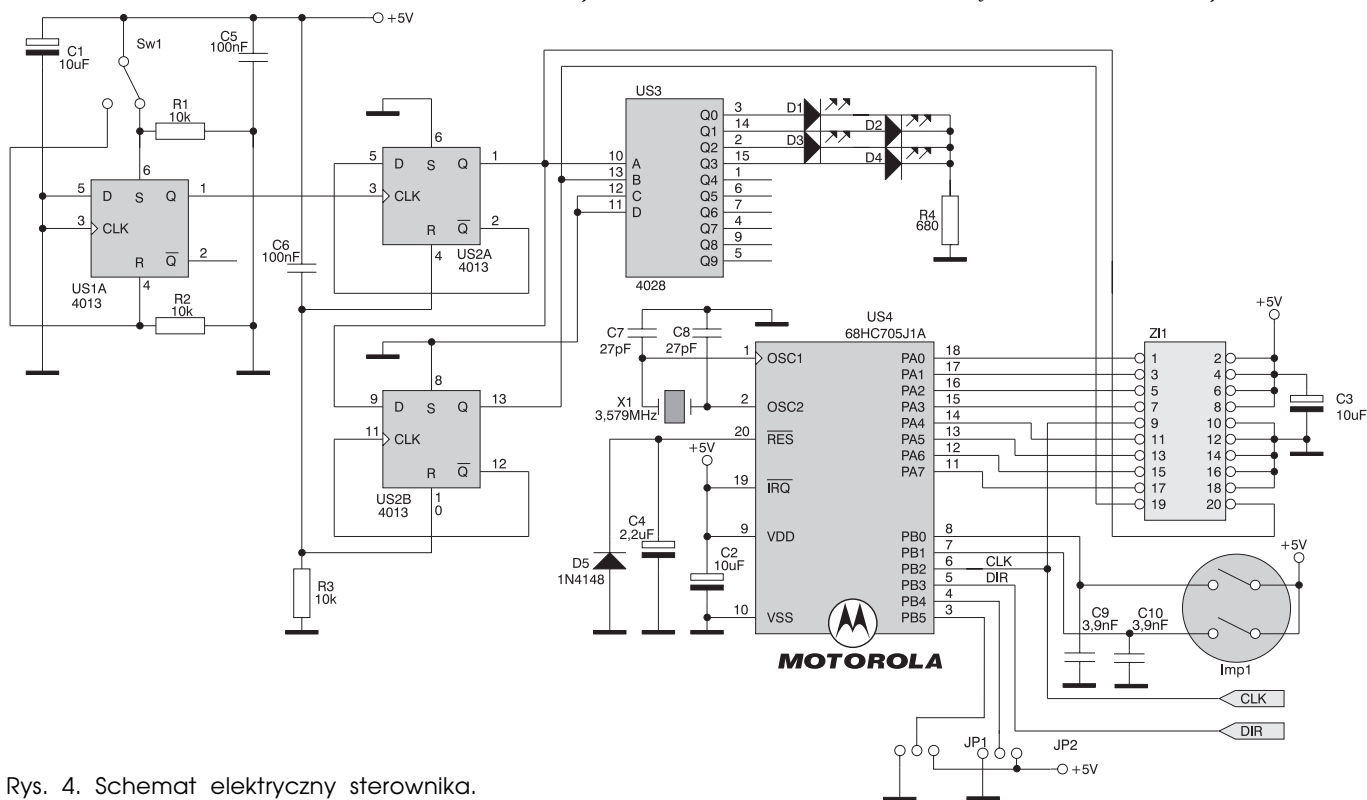
Schemat elektryczny sterownika (programatora) zasilacza przedstawiono na **rys.4**. Jego najważniejszym elementem jest mikrokontroler *US4*. Zastosowanie układu *68HC705J1A* firmy Motorola było spowodowane jego niską ceną i idealnym wręcz dopasowaniem architektury do wymagań aplikacji.

Sygnały wyjściowe *D0..7* oraz impuls zegarowy *CLK* są podawane na złącze *Z11*, poprzez które sterowany jest rejestr przetwornika C/A (znajdujący się na płytce zasilacza).

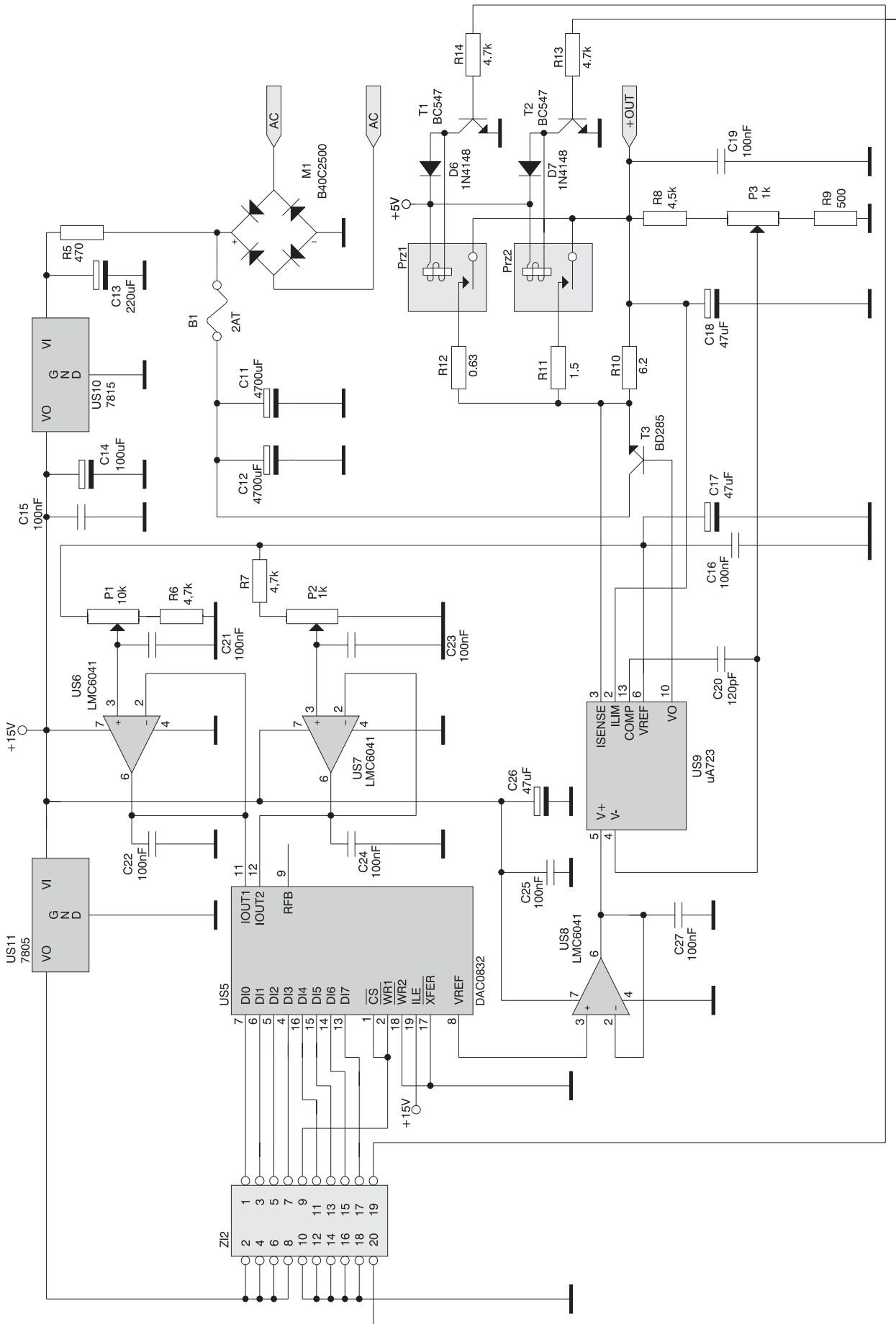
Do wejść *PB0* i *PB1* dołączone są dwa kondensatory (*C9*, *C10*), które minimalizują wpływ zakłóceń powstających podczas obracania osi impulsatora (mogą one trwać nawet do ok. 5..7ms).

Oprócz mikrokontrolera na płytce sterownika znajdują się także trzy układy CMOS. Są one wykorzystane do sterowania pracą układu przełączającego rezystory ogranicznika prądowego. Układ *US1A* pracuje jako przerzutnik asynchroniczny RS, likwidując zakłócenia generowane przez styki przełącznika *Sw1*. Sygnał z wyjścia *Q* tego układu jest zliczany w 2-bitowym liczniku wykonanym na układzie *US2*. Układ *US3* jest dekodern zasilającym diody LED, wskazujące aktualny zakres ogranicznika prądowego. Sygnały z wyjść *Q* przerzutników *US2A* i *US2B* są wyprowadzone za złącze *Z11*.

Na płytce sterownika przewidziano miejsce na jumpery *JP1* i *JP2*, lecz ich stosowanie nie jest konieczne, jeżeli nie będzie on wykorzystywany do innych celów. W prezentowanym zasilaczu jest zalecane ustawienie na wejściach *PB4* i *PB5* poziomów „L” (praca w trybie 0..255, generowany pojedynczy impuls zegarowy po włączeniu zasilania).



Rys. 4. Schemat elektryczny sterownika.



Rys. 5. Schemat elektryczny płytki zasilacza.

WYKAZ ELEMENTÓW**Płytką zasilacza****Rezystory**

P1: 10k Ω - potencjometr montażowy wielobrotowy
 P2, P3: 1k Ω - potencjometry montażowe wielobrotowe
 R5: 470 Ω
 R6, R7: 4,7k Ω
 R8: 4,5k Ω
 R9: 500 Ω
 R10: 6,2 Ω /0,25W
 R11: 1,5 Ω /0,5W
 R12: 0,63 Ω /1W
 R13, R14: 4,7k Ω

Kondensatory

C11, C12: 4700 μ F/35V
 C13: 220 μ F/35V
 C14: 100 μ F/25V
 C15, C16, C19, C21, C22, C23, C24, C25, C27: 100nF
 C17, C18, C26: 47 μ F/25V
 C20: 120pF

Półprzewodniki

D6, D7: 1N4148
 M1: B40C2500
 T1, T2: BC547..9
 T3: BD285 lub odpowiednik
 US5: DAC0832
 US6, US7, US8: LMC6041
 US9: μ A723
 US10: 7815
 US11: 7805

Różne

B1: bezpiecznik 2AT
 Prz1, Prz2: RM96P-5V
 Zl2: złącze ZWS-20
 oprawka bezpiecznika

Uwaga! Kondensatory C28, C29, C30 - 100nF oraz C31 - 47 μ F/25V nie muszą być montowane na płytce zasilacza. Nie wchodzi one w skład kitu.

Płytką programatora**Rezystory**

R1, R2, R3: 10k Ω
 R4: 680 Ω
 C9, C10: 3,9nF

Kondensatory

C1, C2, C3: 10 μ F/16V
 C4: 2,2 μ F/16V
 C5, C6: 100nF
 C7, C8: 27pF

Półprzewodniki

D1, D2, D3, D4: LED
 D5: 1N4148
 US1, US2: 4013
 US3: 4028
 US4: 68HC05J1A - zaprogramowany

Różne

Imp1: ECW1J-B24-BC0024 (Bourns)
 Sw1: mikroprzetłącznik
 X1: 3,579MHz
 Zl1: złącze ZWS-20

Płytką zasilacza

Schemat elektryczny części stabilizacyjnej przedstawiono na rys.5. Sygnały sterujące pracą przetwornika C/A US5 są podawane na złącze Zl2. Układ ten pracuje w nieco nietypowym układzie aplikacyjnym, ponieważ wyjścia prądowe $I_{out1/2}$ konwertera spełniają rolę wejść napięcia odniesienia, a wejście napięcie odniesienia V_{ref} spełnia rolę wyjścia. Takie połączenie miało na celu umożliwienie swobodnego dobrania szerokości zakresu i poziomów napięć na wyjściu przetwornika. Rolę regulatorów górnego i dolnego napięcia odniesienia spełniają potencjometry P1 i P2, które są odseparowane od układu US5 przy pomocy dwóch wtórników LMC6041 (US6 i US7).

Rolę źródła napięcia odniesienia spełnia wewnętrzny stabilizator referencyjny układu US9 (μ A723). Jest to bardzo stabilne i dokładne źródło napięciowe, nie było więc potrzeby stosowania dodatkowego układu specjalizowanego.

Napięcie z wyjścia przetwornika US5 jest podawane na wejście wtórника US8, a z jego wyjścia na wejście nieodwracające wzmacniacza operacyjnego, wchodzącego w skład układu US9. Wzmacniacz pracuje w układzie z ustalonym wzmocnieniem (przy pomocy rezystorów R8, R9 i potencjometru P3), przy czym możliwa jest pewna modyfikacja tego wzmocnienia. Ma ona na celu wyrównanie drobnych błędów przetwarzania, które są trudne do uniknięcia przy szeregowym przetwarzaniu sygnału. Kondensator C20 zapewnia kompensację wzmacniacza, ograniczając moż-

liwość powstania wzbudzeń.

Rolę wzmacniacza mocy, dostarczającego do obciążenia prądu o odpowiedniej wartości, pełni tranzystor T3 (konfiguracja wtórника emiterowego - typowe rozwiązanie stabilizatorów szeregowych), sterowany z wyjścia V_o US9. W emiterze tego tranzystora włączono na stałe rezystor R10 i równolegle do niego dwa kolejne rezystory R11, R12, dołączane przez przełączniki Prz1 i Prz2. Wartości rezystorów R10..12 dobrano tak, aby poprzez kolejne dołączanie rezystorów uzyskać cztery zakresy ograniczania prądu.

Cewki przełączników sterowane są przez tranzystory T1 i T2, których bazy są zasilane bezpośrednio z wyjść przerzutników US2A i US2B (rys.4). Diody D6 i D7 zabezpieczają tranzystory przed uszkodzeniem wywołanym przepięciami powstającymi w cewkach po odłączeniu od nich zasilania.

Mostek prostowniczy M1 oraz kondensatory o dużej pojemności C11, C12 zapewniają odpowiednią polaryzację i filtrację napięcia podawanego z transformatora zasilającego. Wzmacniacze operacyjne i przetwornik C/A są zasilane napięciem +15V, o którego jakość dba stabilizator US10. Rezystor R5 (włączony szeregowo z wejściem stabilizatora) ogranicza moc wydzielaną w stabilizatorze US10. Kondensator C13 poprawia jakość filtracji napięcia zasilającego część cyfrową zasilacza.

Stabilizator US11 zapewnia dobre warunki zasilania układowi sterownika (rys.4) oraz zasilania cewki przełączników Prz1, Prz2.

Piotr Zbysiński, AVT