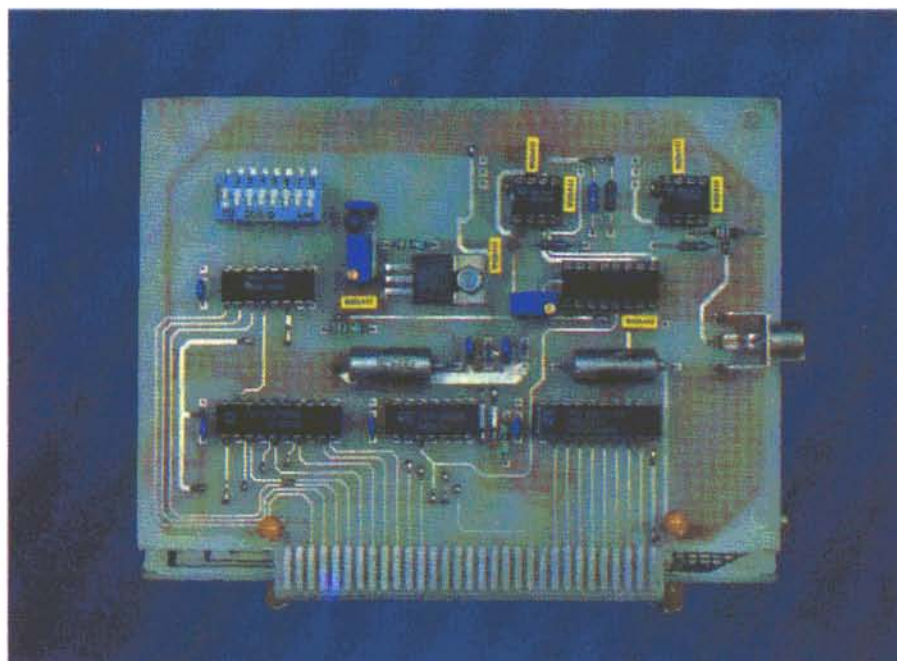


Zakres zastosowań przetworników cyfrowo-analogowych jest bardzo szeroki: wzmacniacze o programowalnym wzmocnieniu, generatory funkcyjne, tłumiki, itp.

Opisywany przetwornik ma postać skróconej karty do PC ośmio- i więcej bitowych. Nie wyróżnia się jakimiś nadzwyczajnymi właściwościami, ma jednak parametry zupełnie wystarczające dla uzyskania syntezy napięć w zakresie do 10V z rozdzielczością ok. 40mV.

Przetwornik cyfrowo-analogowy - karta do PC



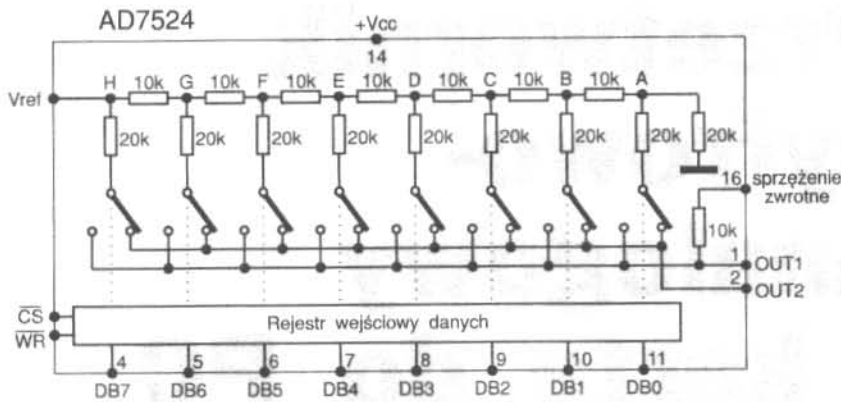
Przetwornik c/a: AD7524

Układ scalony AD7524 jest przetwornikiem c/a w obudowie 16 końcówkowej, stosunkowo szybkim, o czasie konwersji około 100ns. Możliwość sterowania przekazywaniem danych maksymalnie upraszcza obsługę przetwornika i sprzężenie z magistralą komputera. Wystarczy bowiem do wejść przetwornika doprowadzić sygnał w postaci n-bitowego słowa o odpowiednim kodzie, aby na wyjściu otrzymać odpowiadające mu napięcie analogowe. Proces konwersji (przetwarzania sygnału cyfrowego na sygnał analogowy) jest oparty na metodzie równoległej (wszystkie bity sygnału cyfrowego są doprowadzane jednocześnie) z wykorzystaniem sieci rezystorów precyzyjnych, tworzących tzw. układ drabinkowy R-2R, który w sposób szczegółowy zostanie omówiony dalej. Układ AD7524 może

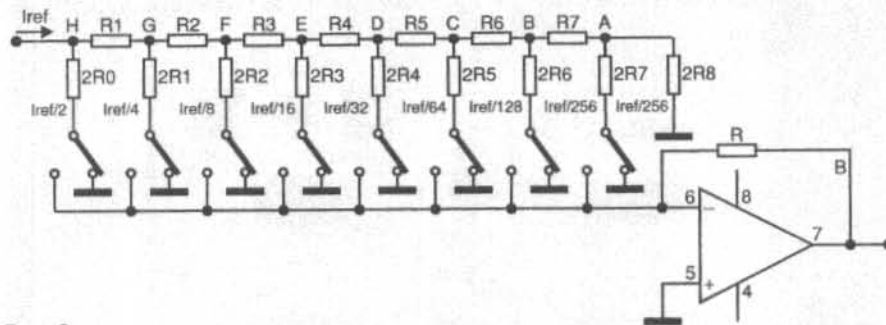
być zasilany jednym tylko napięciem (np. 5V), wymaga niewielu elementów zewnętrznych, w tym źródła napięcia odniesienia i oczywiście układów logicznych sprzężenia z magistralą. Reasumując, układ ten ma dość dobre parametry i jest niedrogi, a to w pewnych przypadkach może mieć istotne znaczenie. Schemat zastępczy układu AD7524 jest pokazany na rys. 1.

Sieć rezystorów precyzyjnych R-2R

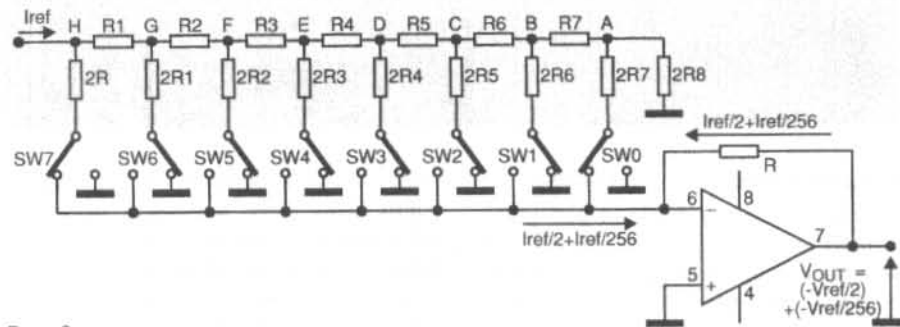
Schemat przetwornika c/a z siecią rezystorów R-2R, połączonych w układ przypominający drabinkę, przedstawiono schematycznie na rys. 2. Jest to, jak widać, bardzo prosty układ. W działaniu tego układu istotną rolę odgrywają nie tyle wartości bezwzględne rezystancji zastosowanych rezystorów, ile stosunek wartości ich rezystancji, który powinien być równy dokładnie 2.



Rys. 1.



Rys. 2.



Rys. 3.

Innymi słowy, rezystancja R musi być dokładnie dwukrotnie mniejsza od rezystancji $2R$. Od dokładności spełnienia tego warunku, zależy bowiem dokładność przetwarzania przetwornika. Nie trzeba więc tłumaczyć, że sieć rezystorów $R-2R$ nie może być budowana z rezystorów o tolerancji 5%. Przelączniki SW_0 do SW_7 łączą rezystory $2R_0$ do $2R_7$ albo z masą, jeżeli odpowiadające im bity danych są zerami, albo z odwracającym wejściem wzmacniacza operacyjnego, jeżeli odpowiadające im bity są jedynkami. Układ rezystorów $R-2R$ jest zasilany napię-

ciem odniesienia. Przyjrząwszy się bliżej schematowi podanemu na rys. 2, można zauważyć, że wszystkie rezystory $2R_x$ są połączone jednym końcem z masą. Oznacza to, że wszystkie bity danych są ustawione na zero. Nietrudno też zauważyć, że rezystor $2R_8$ jest połączony równolegle z $2R_7$ i w szereg z R_7 , zatem wartość rezystancji zastępczej tych gałęzi obwodu wynosi:

$$2R_8 || 2R_7 + R_7 = R + R_7 = 2R$$

Zwijając tę sieć dalej zauważamy, że rezystor zastępczy $2R$ jest z kolei połączony równolegle z rezystorem $2R_6$ i w szereg z R_6 ... i tak

dalej, aż do punktu wejściowego H , połączonego ze źródłem napięcia odniesienia. Za każdym razem rezystancja zastępcza rozpatrywanego fragmentu sieci rezystorów jest równa $2R$. Można zatem uznać, że prąd wejściowy I_{ref} , wpływając do punktu H , napotyka obwód złożony jak gdyby z dwóch gałęzi o jednakowej rezystancji, w wyniku czego dzieli się na dwie równe części (dwie równe składowe prądu): prąd $I_{ref}/2$ płynący przez $2R_0$ oraz taki sam prąd ($I_{ref}/2$) płynący przez R_1 . Z kolei w punkcie G prąd $I_{ref}/2$ dzieli się ponownie na dwie składowe o jednakowej wartości, tj. $I_{ref}/4$, przy czym jedna z nich płynie przez $2R_1$, a druga przez R_2 . Sytuacja taka powtarza się będzie, aż do punktu A , do którego dopłyne prąd o natężeniu $I_{ref}/128$, podczas gdy przez $2R_7$ i $2R_8$ popłynie już prąd o natężeniu $I_{ref}/256$. W wyniku przepływu w/w prądów przez sieć drabinkową rezystorów $R-2R$ w poszczególnych węzłach tej sieci występują napięcia:

- w punkcie H - V_{ref} , czyli $5V$
- w punkcie G - $V_{ref}/2$, czyli $2,5V$
- w punkcie F - $V_{ref}/4$, czyli $1,25V$
- w punkcie E - $V_{ref}/8$, czyli $0,625V$
- w punkcie D - $V_{ref}/16$, czyli $0,3125V$
- w punkcie C - $V_{ref}/32$, czyli $0,15625V$
- w punkcie B - $V_{ref}/64$, czyli $0,078125V$
- w punkcie A - $V_{ref}/128$, czyli $0,0390625V$.

Opis działania przetwornika AD7524

Sygnal cyfrowy o wartości 129 (w układzie dziesiętnym) doprowadzony do wejścia przetwornika c/a wywołuje przełączenie przelączników SW_7 i SW_0 , jak to widać na rys. 3. Do odwracającego wejścia wzmacniacza operacyjnego zostaje więc skierowany prąd $I_{ref}/2 + I_{ref}/256$. W wyniku działania sprzężenia zwrotnego na wejściu wzmacniacza wytwarza się wirtualny potencjał masy, w związku z czym, cały spadek napięcia wywołany przez prąd wejściowy na rezystorze R , pojawia się ze znakiem ujemnym na wyjściu wzmacniacza. Ten spadek napięcia można łatwo obliczyć, przyjmując mianowicie

$$U_{ref} = 10V$$

otrzymuje się

$$I_{ref} = U_{ref}/R = 10V/10k\Omega = 1mA$$

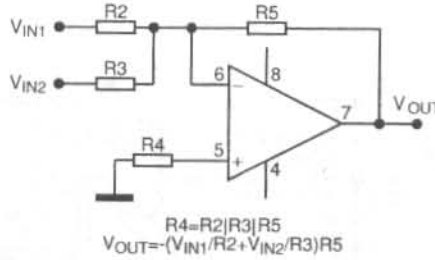
oraz ostatecznie

$U_{out} = I_{ref} (1/2 + 1/256) 10k\Omega = 1mA (0,5 + 0,0039) 10k\Omega = 5,039V$

Na wyjściu wzmacniacza operacyjnego, działającego jako odwracający przetwornik prąd/napięcie, otrzymuje się więc ujemne napięcie 5,039V.

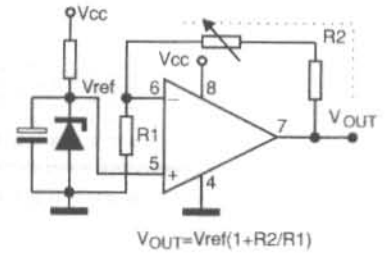
Karta przetwornika c/a

Zastosowany przetwornik ma rozdzielczość około 0.04 V na bit, dokładniej biorąc 0.03906V na bit. Przy dodatnim napięciu odniesienia V_{ref} , na jego wyjściu będzie występować napięcie ujemne, a przy ujemnym napięciu odniesienia - wyjściowe napięcie będzie dodatnie. W zastosowaniach często dogodniejsze jest bipolarne napięcie wyjściowe, to znaczy napięcie mogące się zmieniać w zakresie od -5V do +5V.



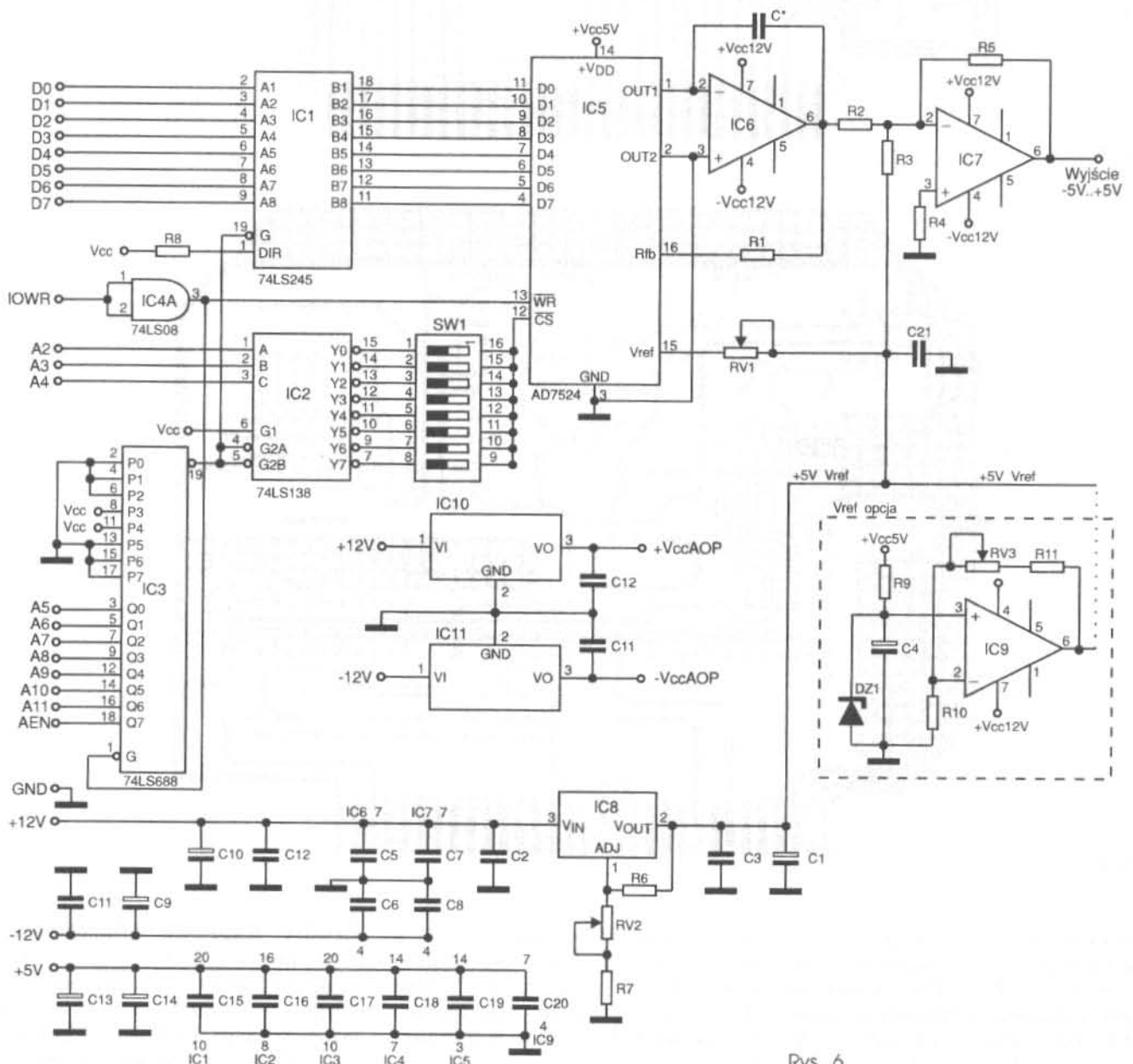
Rys. 4.

Osiągnąć to można w bardzo prosty sposób. Otóż do wyjścia wzmacniacza operacyjnego przetwornika należy dołączyć drugi wzmacniacz operacyjny, działający jako sumator (pokazuje to rys. 4). Jeżeli w tym układzie $R2 = R5/2$ oraz $R3 = R5$, to wzmacnienie sygnału doprowadzone-

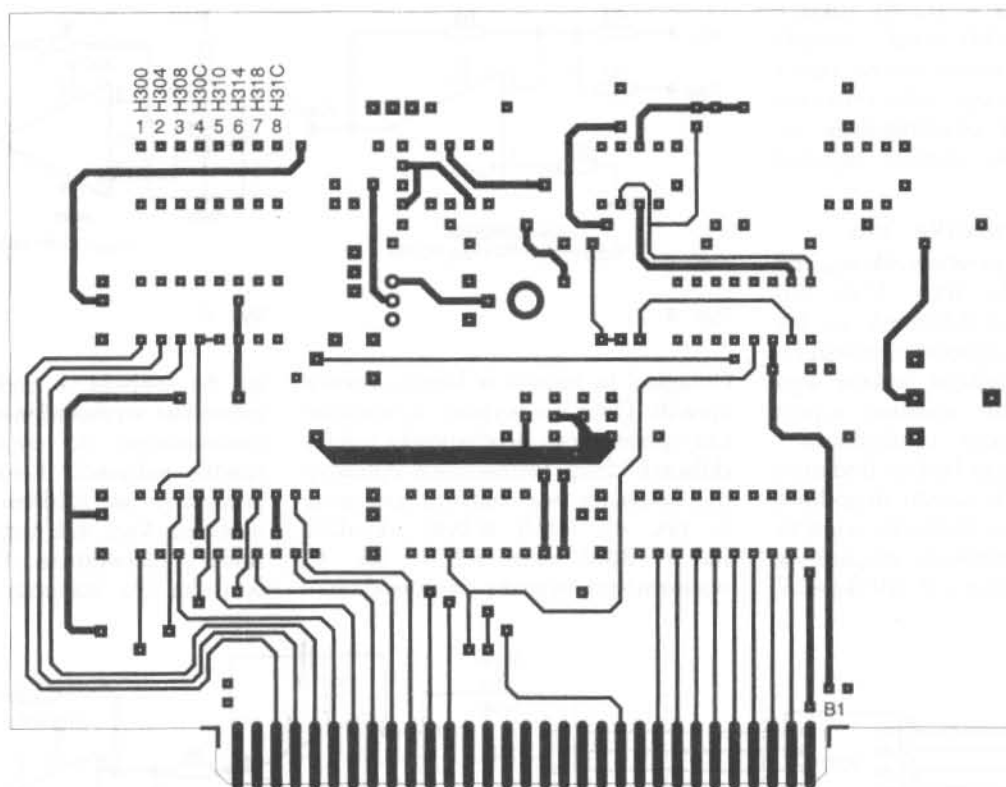


Rys. 5.

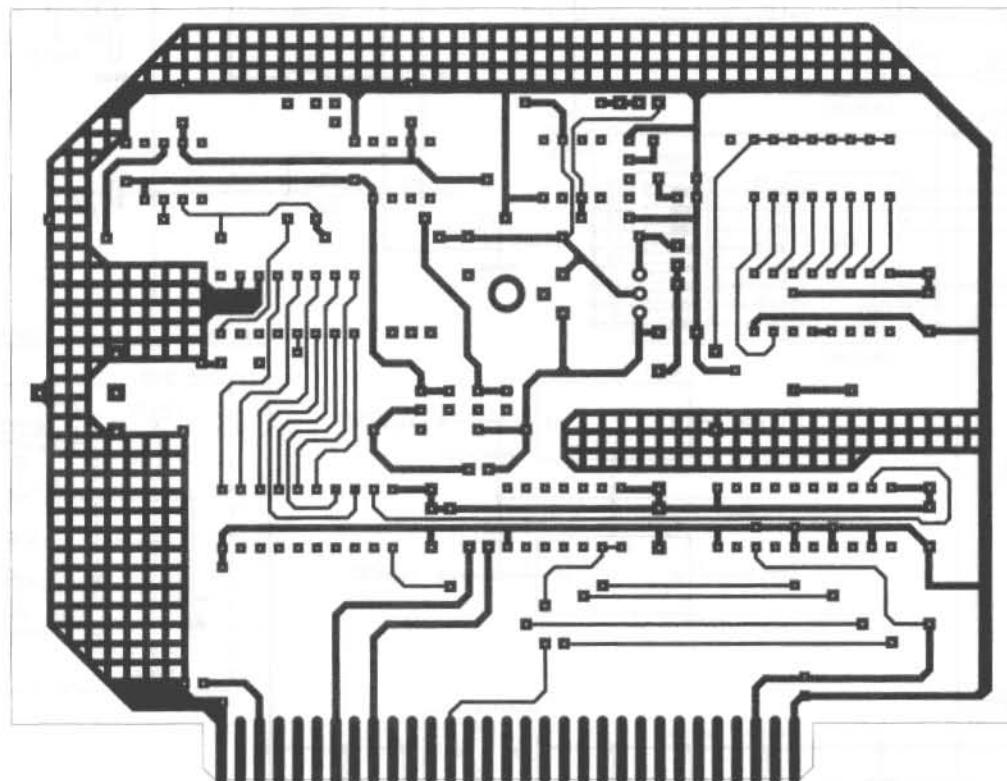
go do wejścia 1 będzie równe 2, natomiast wzmacnienie sygnału doprowadzonego do wejścia 2 będzie równe jedności. Rezystor R3 jest połączony ze źródłem napięcia odniesienia V_{ref} , zaś rezystor R2 z wyjściem przetwornika. Gdy do przetwornika c/a zostanie wpisany bajt



Rys. 6.



Rys. 7.



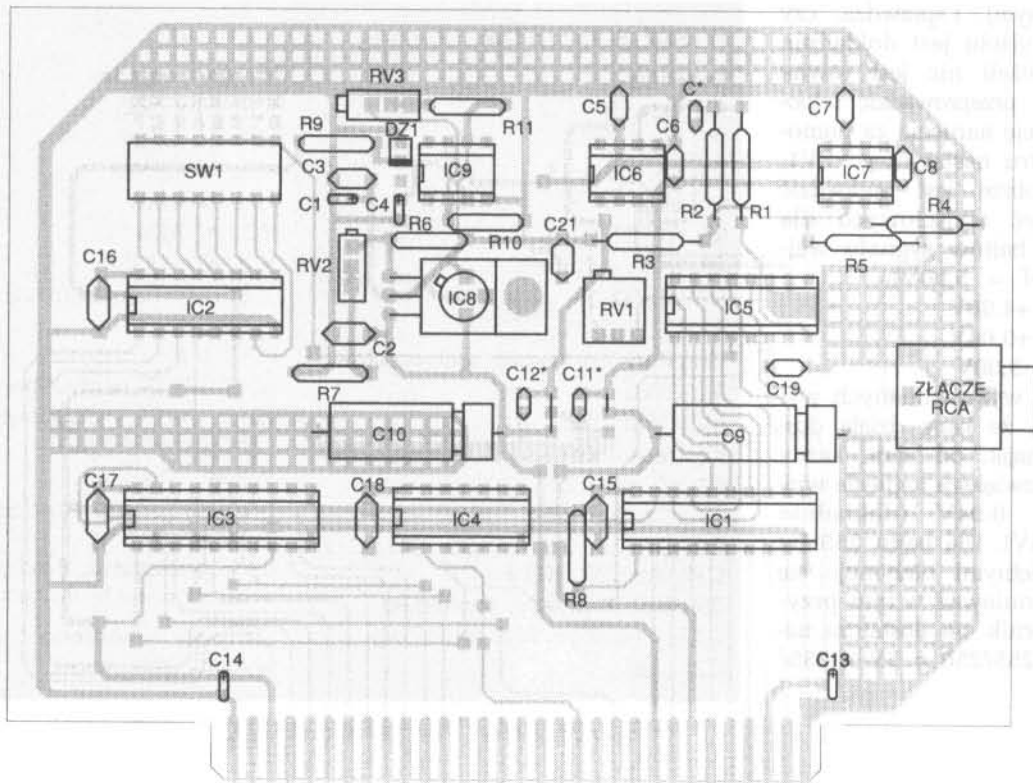
Rys. 8.

10000000, to na wyjściu pierwszego wzmacniacza wystąpi napięcie $-V_{ref}/2$, czyli $-2,5V$, wobec czego na wyjściu drugiego wzmacniacza napięcie będzie równe $2 \times (-2,5V) + 5V$, czyli zero. W przypadku wpisania

bajtu 00000000 (a więc $0/256 = 0V$), na wyjściu pierwszego wzmacniacza wystąpi napięcie V_{ref} , czyli $5V$, a na wyjściu drugiego wzmacniacza napięcie $-5V$, gdyż wzmacniacz ten odwraca sygnał.

Źródło napięcia odniesienia

Stabilność źródła napięcia odniesienia powinna być wysoka, bowiem od tego zależy dokładność syntezy napięcia wyjściowego, rozdzielczość przetwornika wynosi



Rys. 9.

przecież 0,04V.

Zaproponowano do wyboru dwa układy źródła napięcia odniesienia:

1) Pierwszy układ jest prostszy, choć prawdę mówiąc, nie jest źródłem napięcia odniesienia w pełnym znaczeniu tego pojęcia, może jednak w wielu przypadkach zadowalająco pełnić tę rolę. Układ ten jest oparty na zwykłym, stabilizatorze napięcia LM317, mającym współczynnik stabilizacji lepszy od 0,01%.

2) Drugi układ jest nieco bardziej złożony, ale osiągnąć dzięki niemu rezultaty są tego warte. Do jego budowy zastosowano diodę Zenera LM336, o dużej dokładności i stabilności, której napięcie Zenera jest wzmocnione za pomocą wzmacniacza operacyjnego, tak że całość tworzy bardzo dokładne źródło napięcia odniesienia. Schemat układu przedstawiono na rys. 5. Napięcie wyjściowe odniesienia można regulować za pomocą wieloobrotowego potencjometru RV3.

Uwaga

Zaproponowano napięcie odniesienia o wartości +5V, ponieważ przetwornik c/a o bipolarnym zakresie napięcia wyjściowego wydaje się być najpraktyczniejszy w zastoso-

waniach. Oczywiście, rozwiązanie to nie jest jednak obowiązkowe, wartość napięcia odniesienia można zmniejszyć lub zwiększyć według uznania.

Dekodowanie adresów.

Schemat całego układu, tj. karty przetwornika c/a pokazano na rys. 6. Do dekodowania adresów przetwornika służą cztery układy scalone. Co prawda można by zredukować ich liczbę do trzech, rezygnując z jednej bramki AND (IC4A). Zawsze jednak lepiej odizolować wszystkie linie magistrali komputera od karty wstawionej do jego złącza. Jest to bowiem ostrożność, która nie kosztuje drogo, a może nas uchronić przed bardzo przykrymi skutkami uszkodzenia komputera. Na karcie jest dostępnych osiem adresów, wybieranych ośmioma małymi przełącznikami (SW1). W przyszłości można w to miejsce wstawić kartę wejścia-wyjścia.

Wykonanie karty

Mozaikę ścieżek płytki drukowanej od strony elementów pokazano na rys. 7, zaś od strony lutowania (miedzi) na rys. 8. Z kolei rozmieszczenie elementów przedstawiono na rys. 9. Jako źródło napięcia odniesienia może być użyty, zależnie od

wyboru, albo układ LM317 wraz z towarzyszącymi mu elementami, albo układ oparty na diodzie Zenera LM336 pokazany na schemacie (rys. 6) w okienku oznaczonym „Vref - opcja”. Rozwiązanie wariantowe przewidziano również dla zasilania dwóch wzmacniaczy operacyjnych IC6 i IC7. Tak więc mogą być one zasilane napięciami +12V i -12V wziętymi wprost z komputera, bądź napięciami +9V i -9V z dwóch stabilizatorów napięcia IC10 i IC11, dla których umieszczenia przewidziano odpowiednie miejsca na płycie drukowanej. Przewidziano także miejsce na ewentualne dołączenie kondensatora kompensacyjnego C, eliminującego możliwość powstania oscylacji, w przypadku stosowania bardzo szybkich wzmacniaczy operacyjnych.

Uruchomienie

Po starannym sprawdzeniu lutowań elementów na płycie drukowanej, należy wstawić kartę do złącza krawędziowego w komputerze. Po uruchomieniu komputera należy najpierw doregulować napięcie odniesienia do wybranej wartości (w tym przypadku 5,00V). Następnie wpisać bajt 10000000 (128 w uk-

ładzie dziesiętnym), i sprawdzić czy napięcie na wyjściu jest dokładnie równe zeru. Jeżeli nie jest równe zeru, to należy przeprowadzić odpowiednią regulację napięcia za pomocą potencjometru nastawczego RV1. Na koniec dobrze jest sprawdzić wartości napięć wyjściowych dla następujących bajtów sygnału wejściowego ($V_{ref} = 5,00V$):

11111111 -> +4,98V

10000000 -> +0,04V

00000000 -> -5,00V

Otrzymanie wyżej podanych wyników oznacza, że karta działa doskonale. Poczynając od zera, każdy dodatkowy bit zwiększa napięcie wyjściowe o ok. 0,04V (dokładnie biorąc 0,03906V). Dla bajtu 255 (w układzie dziesiętnym) otrzymuje się tylko 4,98V, ponieważ w tym przypadku przetwornik c/a dostarcza napięcie $V_{ref} \times 255/256 = 5V \times 255/256 = 4,98V$.

ERP

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1: 1k Ω 1%

R2: 10k Ω 1%

R3, R5: 20k Ω 1%

R4: 5k Ω 1%

R6, R7: 220 Ω 5%

R8, R10*: 4,7k Ω 5%

R9*: 2,5k Ω 5%

R11*: 3,9k Ω 5%

Rezystory nastawcze wieloobrotowe

RV1: 2k Ω

RV2, RV3: 1k Ω

Kondensatory

C*: 10 do 15pF

C1, C4: 10 μ F/25V, tantalowe

C2, C3, C5, C6, C7, C8, C11, C12,

C15 do C20: 100nF

C9, C10: 47 μ F/25V, tantalowe

C13, C14: 22 μ F/15V, tantalowe

C21: 1 μ F

Układy scalone

IC1: 74HCT245

IC2: 74HCT138

IC3: 74HCT688

IC4: 74HCT08

IC5: AD7524

IC6, IC7: LF351

IC8: LM317 w obudowie TO220 lub TO39

IC9*: LF351

IC10*: 78L09 w obudowie TO92

IC11*: 79L09 w obudowie TO92

DZ*: LM336 Z 2,5V

Różne

gniazdo żeńskie RCA do obwodów drukowanych

SW1: przelącznik, 8-pozycyjny, w obudowie DIP 16-końcówkowej

Elementy oznaczone * są do wyboru (zob. tekst).