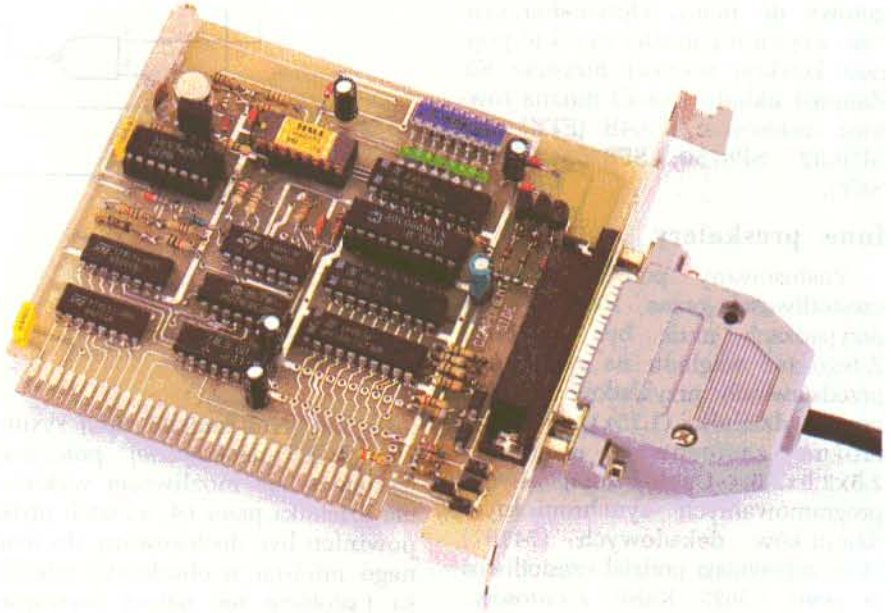


Przedstawiamy dawno już zapowiadany charakterograf „komputerowy“ do badania elementów półprzewodnikowych - tranzystorów bipolarnych i diod półprzewodnikowych różnego typu, m.in. Schottky'ego, Zenera i tunelowych.

Charakterograf został wykonany jako „krótka“ karta ze złączem współpracującym ze slotami każdego komputera kompatybilnego z PC.

Jako niezbędny dodatek do karty proponujemy oprogramowanie umożliwiające zdejmowanie najbardziej potrzebnych charakterystyk badanych elementów i przedstawianie ich w formie dwuwymiarowych wykresów z automatycznie zmienianym parametrem pomiaru (zdejmowane są rodziny charakterystyk).

# Charakterograf - karta do PC kit AVT-78



Wymagania sprzętowe stawiane przez kartę charakterografu i oprogramowanie są następujące:

- komputer z procesorem 8088 (XT) lub lepszym;
- stacja dysków elastycznych umożliwiająca odczyt dyskietki 5,25DD;
- jeden wolny slot standardu ISA 8 lub 16-bitowy;
- karta graficzna Hercules lub EGA, VGA, SVGA z monitorem monochromatycznym lub kolorowym;
- minimum 256kB wolnej pamięci RAM;
- wolny obszar adresowy od 30Ch-30Eh;
- DOS w wersji powyżej 3.30.

Jak widać, wymagania wobec komputera są niewielkie.

Możliwości pomiarowe charakterografu przedstawiają się następująco:

- zmierzenie i wykreślenie charakterystyki wejściowej tranzystora;
- zmierzenie i wykreślenie rodziny charakterystyk wyjściowych tranzystora, dla ośmiu punktów pracy

(różnych prądów bazy) -  $I_c = f(U_{CE})$ , przy  $I_b = \text{const}$ ;

- zmierzenie i wykreślenie zależności napięcia kolektor-emiter tranzystora dla zmieniającego się prądu bazy  $U_{CE} = f(I_b)$ , przy  $U_{CC} = \text{const}$  - charakterystyka ta jest przedstawiana w formie punktów, gdyż interpolacja okazała się mało precyzyjna. Ponadto, ze względu na konieczność zachowania możliwie dużej symetrii punktów pracy tranzystorów PNP i NPN, wartości rezystancji kolektorowych (emiterowych) są stosunkowo niewielkie, przez co nachylenie charakterystyk jest małe;

- zmierzenie i wykreślenie zależności prądu kolektora od prądu bazy  $I_c = f(I_b)$ , dzięki czemu możliwe jest wyznaczenie wzmocnienia beta badanego tranzystora dla różnych wartości  $U_{CE}$ ;

- zmierzenie i wykreślenie charakterystyki w zakresie przewodzenia diod półprzewodnikowych dowolnego typu,  $I_T = f(U_{AK})$ ;

- zmierzenie i wykreślenie cha-

rakterystyki w zakresie wsteczny (zaporowym) diod Zenera o napięciu progowym poniżej 9V,  $I_R = f(U_{KA})$ .

Warto tutaj wspomnieć, iż wszystkie otrzymane obrazy graficzne charakterystyk są wynikiem obróbki matematycznej otrzymanych punktów pomiarowych. Zastosowano algorytm interpolacji Newtona, gdzie za poszczególne węzły podstawione zostały wyniki kolejnych pomiarów.

## Sposób dokonywania pomiaru

Karta ma możliwość zmierzenia prądu kolektora badanego tranzystora z dokładnością do ok. 0,39mA, tzn. 100/256[mA]. Taka dokładność wynika z rozdzielczości przetwornika a/c. Maksymalny zakres prądowy (nieprzekraczalny) to 100mA. Jest to wartość wystarczająca do wykonania pomiarów większości popularnych elementów, łącznie z tranzystorami mocy. Należy jednakże pamiętać o tym, że pomiary dokonane dla tranzystorów będą obciążone pewną

niedokładnością, co wynika ze stosunkowo niewielkiej wartości prądu kolektora, przy której dokonywane są pomiary.

Istnieje także możliwość pomiaru rzeczywistego napięcia  $U_{CE}$  z dokładnością 35,7mV. Właściwość ta jest wykorzystywana do mierzenia zależności  $U_{CE}$  od prądu bazy, przy stałym napięciu zasilania (zadany przez przetwornik c/a). Warto tutaj wspomnieć, iż napięcie  $U_{CC}$  (zasilające) może być zadawane w zakresie od 0 do 9,4V z krokiem ok. 36,7mV.

„Parametrem“ wszystkich pomiarów jest prąd bazy zadawany na ośmiu poziomach ważonych binarnie w granicach od 0 do ok. 350µA (czyli mniej więcej co 50µA).

Pomiary należy wykonywać zgodnie z opisem podanym w instrukcji do programu CHAR.EXE.

### Opis układu

Schemat blokowy charakterografu jest przedstawiony na rys. 1. Układ składa się z dwóch przetworników c/a (cyfrowo-analogowych) - jednego o rozdzielczości 8 bitów - z niego jest zasilany obwód pomiarowy KOLEKTOR-EMITER, drugiego o rozdzielczości 3 bitów - zasila on obwód bazy badanego tranzystora.

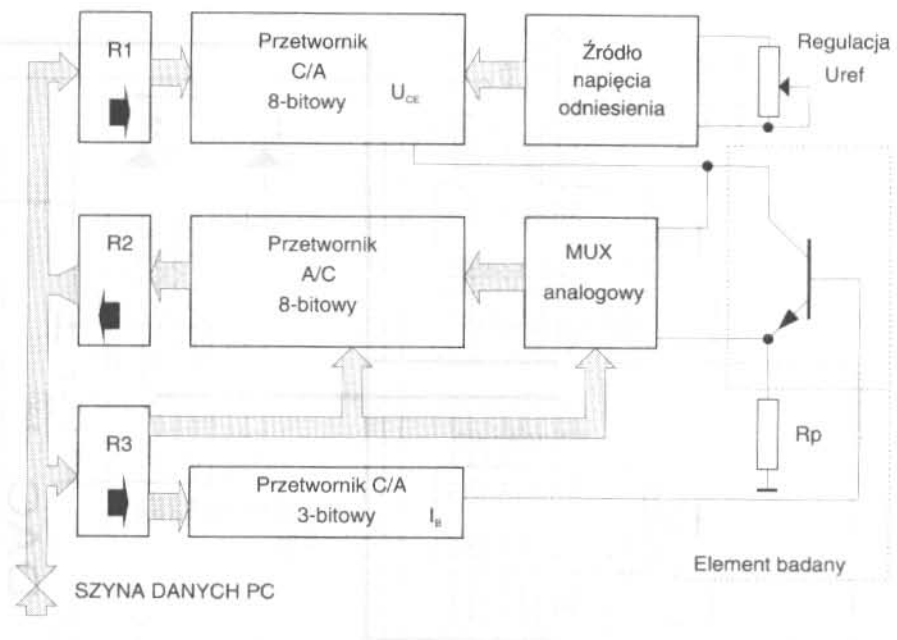
Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe jest otrzymanie ośmiu charakterystyk wyjściowych tranzystora badanego (dla różnych prądów bazy).

Następnym ważnym elementem charakterografu jest przetwornik a/c (analogowo-cyfrowy), którego zadaniem jest przetworzenie sygnału (analogowego) napięcia proporcjonalnego do prądu kolektora lub do napięcia kolektor-emiter na sygnał cyfrowy w kodzie dwójkowym (unipolarnym). Zastosowanie przetwornika pracującego z tego typu kodem bardzo upraszcza obsługę programową karty.

Selekcji przetwarzanego sygnału dokonuje się poprzez multiplexer analogowy o dwóch wejściach.

Ostatnim z wymienianych elementów jest źródło napięcia odniesienia (referencyjnego) regulowanego precyzyjnym potencjometrem. Służy ono do zasilania kluczy prądowych w przetworniku c/a. W układzie DAC-08 zastosowano koncepcję konwersji c/a metodą przełączania prądów z rezystorami R-2R.

Na schemacie blokowym nie



Rys. 1. Schemat blokowy charakterografu

zostały zaznaczone elementy niezbędne do poprawnej współpracy karty z szyną komputera, dokładny opis jest zamieszczony w dalszej części artykułu.

Na rys. 2 jest przedstawiony schemat elektryczny karty bez głowicy pomiarowej i przetwornika c/a prądu bazy, których schemat podano na rys. 3.

Układy US1, US2 i US3A (rys. 2) stanowią dekodery adresowe, gwarantujące poprawną współpracę karty charakterografu z pozostałymi elementami komputera. Do poprawnej pracy karty niezbędne okazało się zastosowanie trzech rejestrów:

- jednego dla odczytu słowa danych z przetwornika a/c, jest to rejestr 8-mio bitowy, adres 30Ch;

- jednego rejestru sterującego (wejściowego), także 8-mio bitowego, gdzie trzy bity sterują przetwornikiem c/a prądu bazy, 2 bity służą do sterowania przetwornikiem a/c (sygnały  $\sim WR$  i  $\sim RD$ ), jeden bit adresuje wejścia multiplexera analogowego US12. Pozostałe bity tego rejestru nie są wykorzystane, adres 30Dh;

- jednego rejestru wejściowego, do zadawania wartości napięcia  $U_{CE}$  ( $U_{CC}$ ), przy czym należy pamiętać o tym, że bity słowa danych są lustrzanym odbiciem słowa danych przetwornika c/a. Rejestr jest umieszczony pod adresem 30Eh.

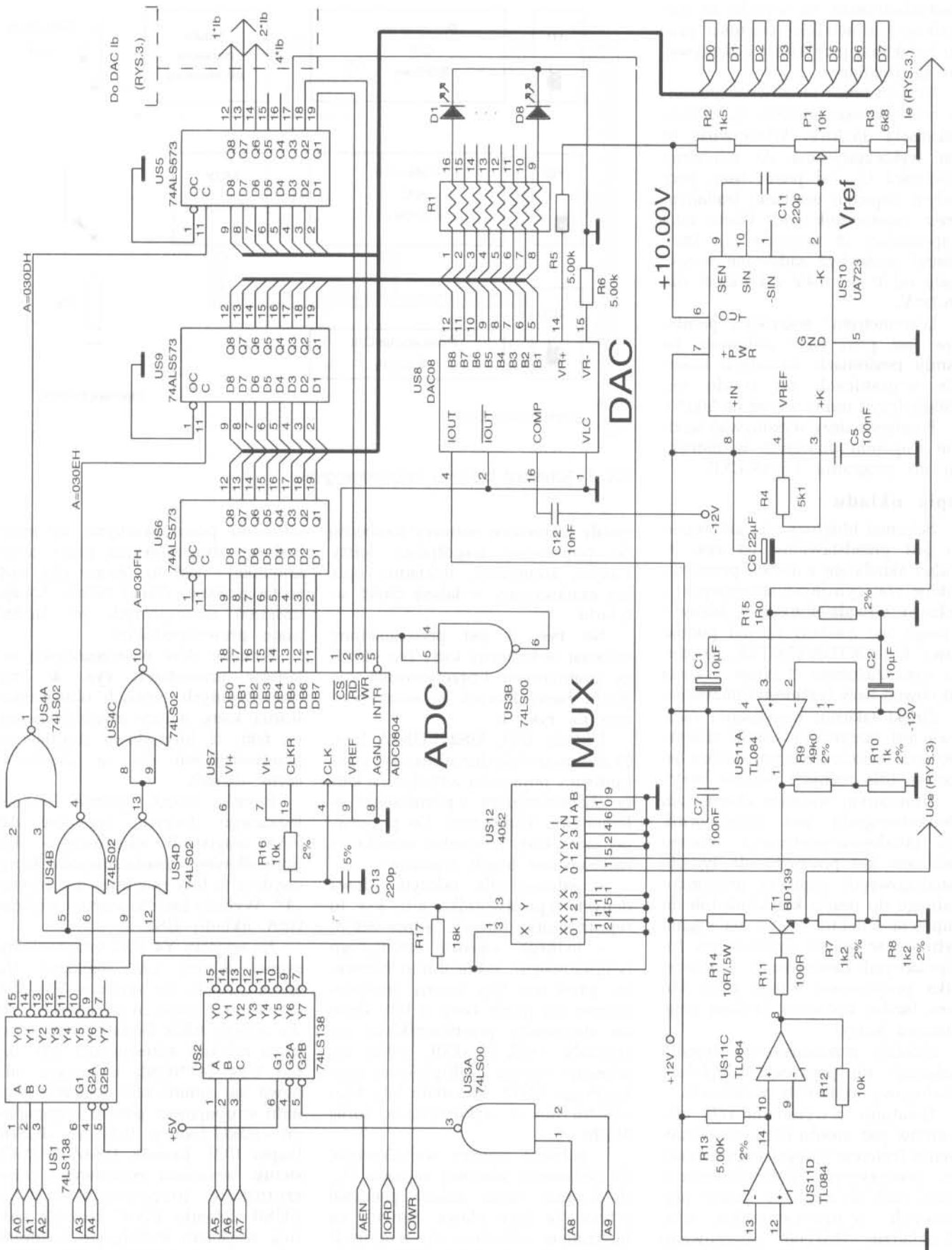
Jak widać, wszystkie rejestry karty pomiarowej są umieszczone pod

adresami pozostawionymi do swobodnego dysponowania przez użytkownika - jest to obszar dla kart prototypowych, dzięki czemu kolizja urządzeń wewnętrznych jest bardzo mało prawdopodobna.

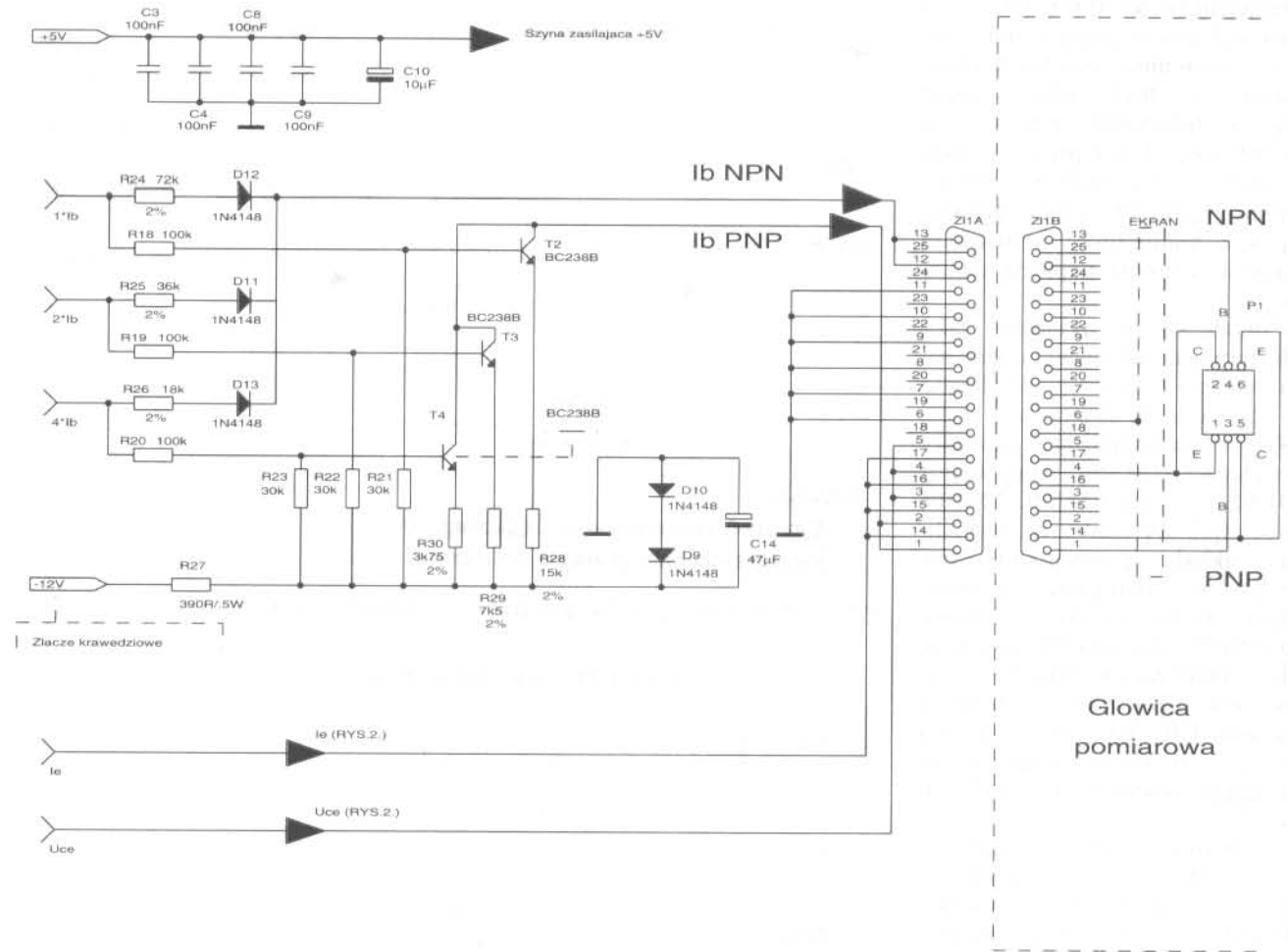
Formaty słów poszczególnych rejestrów przedstawia rys. 4. Przy samodzielnych próbach oprogramowania karty należy zwrócić uwagę na fakt, iż bity słowa sterującego przetwornikiem c/a są „lustrem“ szyny danych.

Bramka US3A spełnia funkcję logicznego iloczynu sygnałów A8 i A9 magistrali adresowej - dla prawidłowego zaadresowania karty obydwie te bity powinny być równe „1“. Wyjście bramki steruje wejście G2A układu US2.

Na wyjściu Y4 US2 otrzymujemy sygnał selekcji („0“ logiczne) dla adresu 30Ch, na wyjściu Y5 US2 dla adresu 30Dh, a na wyjściu Y6 dla adresu 30Eh. Dodatkowym stopniem selekcji adresowania jest układ US4 (4\*NOR), w którym odbywa się sumowanie logiczne sygnału sterującego adresu z sygnałami  $\sim IORD$  (odczyt I/O) lub  $\sim IOWR$  (zapis I/O). Bramki US4A i US4B sterują wejściami zegarowymi przerzutników (odpowiednio) US5 i US9. Bramki US4C i US4D sterują wejściem sterującym buforem trójstanowym w rejestrze US6, dzięki czemu odczyt zawartości tego rejestru odbywa się w chwilach wyznaczonych przez program - w pozos-



Rys. 2. Schemat elektryczny karty (cz. 1)



Rys. 3. Schemat elektryczny karty (cz. 2)

wałym czasie, a także po inicjalizacji komputera, wyjścia tego rejestru są odłączone od magistrali danych komputera (tzw. trzeci stan lub stan wysokiej impedancji).

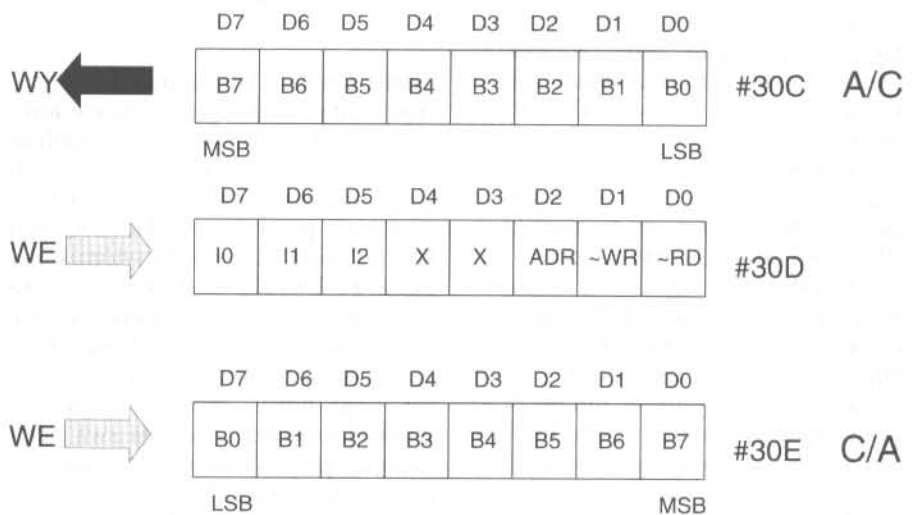
Jak widać, w dekodерze adresowym zastosowano dwustopniowy system dekodowania - ponieważ układy US1 i US2 są połączone kaskadowo, co może mieć wpływ na szybkość dostępu do karty. Okazało się jednak, że nawet w stosunkowo szybkich komputerach 386DX/40MHz/128kBC z procesorem AMD i BIOS'em AMI nie wystąpiły trudności w czasie testów. Dzięki dość rozbudowanemu Setup'owi możliwe było „ręczne” ustalenie prędkości pracy z szyną ISA i testy odbyły się przy ok. 10MHz, co jest dość przekonującym testem sprawnościowym.

Na tym w zasadzie kończy się opis części karty odpowiedzialnej za poprawną współpracę z PC.

Wyjścia danych rejestru wejściowego (zapisywalnego) US9 sterują wejściami przetwornika c/a US8.

Jest to układ bardzo szybkiego (to akurat nie ma tutaj specjalnego znaczenia) przetwornika, z wejściami NKB i komplementarnym wyjściem prądowym. Ma wbudowany wzmacniacz wejściowy, który pracuje jako przetwornik wejściowego napięcia

referencyjnego na prąd zasilający wewnętrzne klucze prądowe (zasada pracy takiego przetwornika jest dość dokładnie omówiona w książkach: M. Nadachowski, Z. Kulka „Analogowe układy scalone”, WKiŁ 1985 oraz U. Tietze, C. Schenk „Układy



Rys. 4. Formaty słów poszczególnych rejestrów

półprzewodnikowe" WKiŁ 1987), jest bardzo stabilny w funkcji temperatury, wykazuje niewielkie błędy przetwarzania (bez trudu można kupić układy o liniowości lepszej niż 0,3% pełnego zakresu przetwarzania), ma bardzo małą wartość energii impulsów „glitch“, a jego główną wadą jest konieczność stosowania zewnętrznego źródła napięcia odniesienia.

W omawianym układzie jako źródło napięcia odniesienia zastosowano bardzo popularny stabilizator serii 723. Analiza dostępnych możliwości (wysokostabilny i zalecany do układu DAC-08 stabilizator REF01/02, czy też LM129, LM199, AD580, itp.) wykazała, iż specjalizowane układy są stosunkowo drogie i trudno dostępne, a w omawianym zastosowaniu stabilność temperaturowa układu 723 jest naprawdę wystarczająca. Napięcie wyjściowe jest regulowane za pomocą potencjometru P1 do wartości 10,00V lub 10,24V (w zależności od oczekiwanej wartości „kwantu“ napięcia  $U_{CE}$ :

dla  $U_{ref}=10,00V$   $\Delta U_{CE}=36,7mV$ ,  
dla  $U_{ref}=10,24V$   $\Delta U_{CE}=40mV$ ).

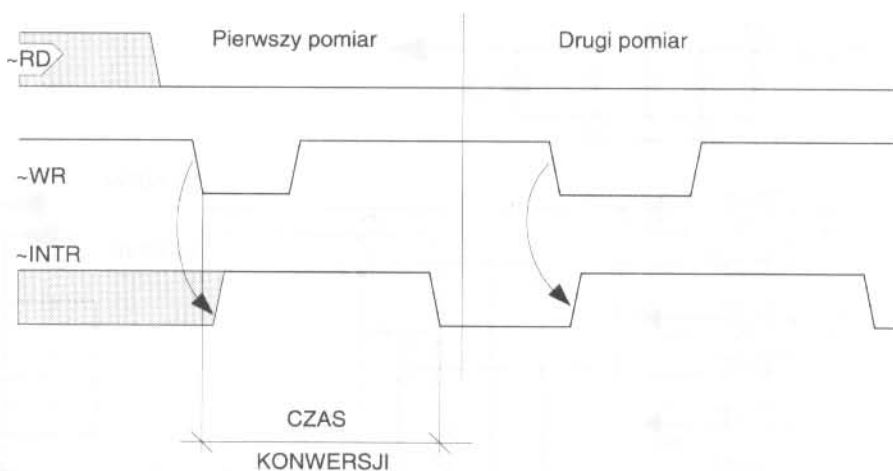
Rezystory R2, R3, R4 muszą być bardzo stabilne w funkcji temperatury - od tego zależy stabilność napięcia referencyjnego. To samo zastrzeżenie dotyczy elementów R5, R6, R13, a dodatkowo należy starać się dobrać rezystory o bardzo wąskiej tolerancji (najwyżej 2%) i, co chyba najważniejsze, o jak najmniejszych różnicach w wartościach rezystancji. Najlepiej jeśli rezystancje będą spełniały warunek:

$$R5/R6/R13=1$$

Kondensator C12 kompensuje wzmacniacz wejściowy tak, aby zapobiec wzbudzeniom. Jako „wyposażenie dodatkowe“ zainstalowane zostały miniaturowe diody LED, podłączone poprzez R-Pack R1 do masy. Mają one za zadanie ułatwienie uruchamiania, testowania i analizy pracy systemu, lecz nie są niezbędne dla prawidłowej pracy karty.

Rezystor R1 składa się z ośmiu rezystorów o wartości 1,2kΩ umieszczonych w obudowie ceramicznej DIL 16. Można zastosować osiem pojedynczych rezystorów lub też dość popularne rezystory w obudowach SIL 9. Płytkę jest przystosowana do montażu każdej z tych wersji.

Prąd z wyjścia przetwornika c/a jest przetwarzany na napięcie w uk-

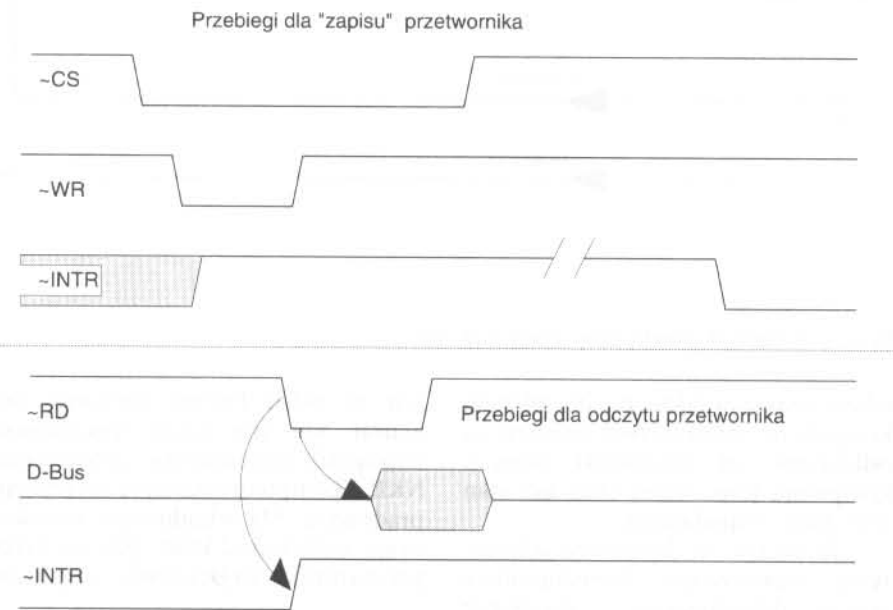


**UWAGA!**

Sygnal -CS ma stały poziom logicznego "0".

Nie jest zachowana dokładna skala czasu.

Rys. 5. Przebiegi sygnałów sterujących przetwornika a-c



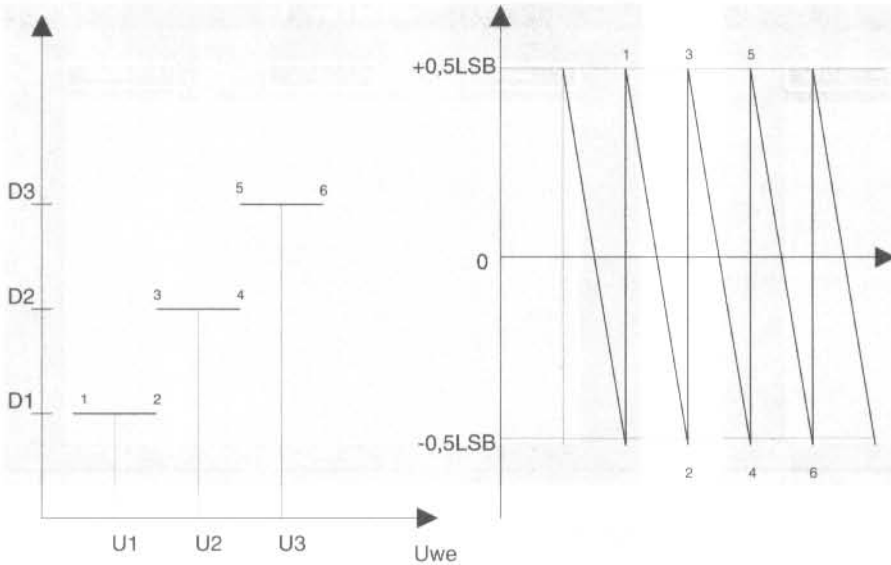
Rys. 6. Przebiegi dla "zapisu" i "odczytu" przetwornika a-c

ładzie US11D. Wzmacniacz ten pracuje w standardowym układzie konwertera I/U, a rezystor R13 spełnia rolę wzorca konwersji - jak zostało wcześniej wspomniane musi być to rezystor precyzyjny! Do wyjścia US11D został dołączony wtórnik napięciowy US11C, dzięki czemu unika się wpływu (nawet niewielkiego) prądu bazy tranzystora T1 na jakość konwersji I/U. Rezystor R11 ogranicza prąd bazy - pomimo jego niewielkiej wartości wykazuje swą przydatność przy skokowej zmianie napięcia polaryzującego bazę.

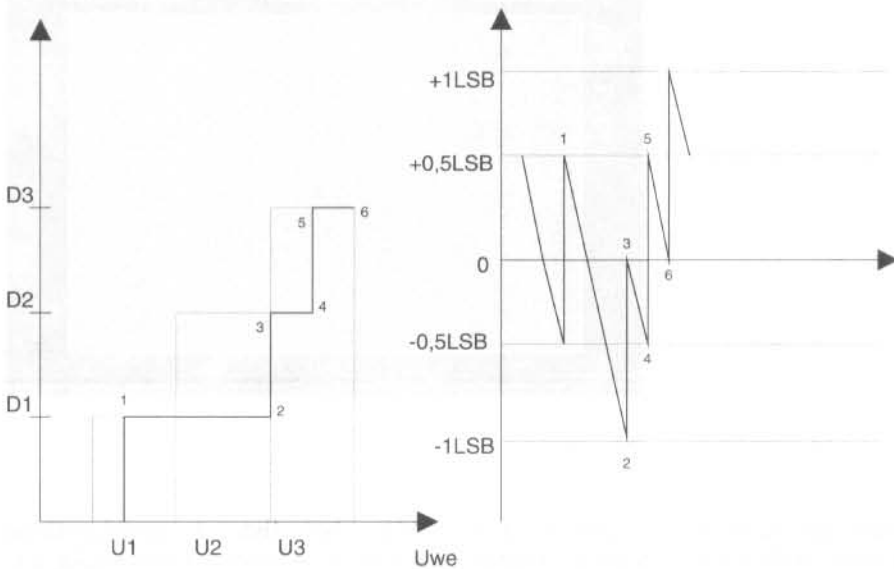
Tranzystor T1 (BD139 lub podobny) spełnia rolę źródła napięcio-

wego zasilającego obwód kolektor-emiter badanego elementu. W kolektorze znajduje się rezystor ograniczający pobór prądu, co może mieć znaczenie przy złym podłączeniu badanego elementu lub w czasie badania elementu uszkodzonego. Napięcie z emitera jest podawane na wyjście - do głowicy pomiarowej. Wzmacniacz operacyjny US11A jest wzmacniaczem pomiarowym prądu kolektora. Prąd kolektora przepływa przez rezystor R15 o wartości 1Ω. Spadek napięcia na tym rezystorze jest wprost proporcjonalny do prądu kolektora, co daje prostą zależność:

$$U_{wyUS11A}=k_i \cdot I_c$$



Rys. 7. Charakterystyka przetwornika z błędem przetwarzania 0LSB

Rys. 8. Charakterystyka przetwornika z błędem przetwarzania  $\pm 0,5LSB$ 

wornik a/c US7 jest układem przetwarzającym stosunkowo popularnym i często spotykanym w systemach mikroprocesorowych. Pracuje on wg algorytmu kolejnych przybliżeń (sukcesywnej aproksymacji), dzięki czemu jest dość dokładny i stosunkowo szybki. Maksymalny czas konwersji wynosi  $100\mu s$ , co w zupełności wystarcza do przeprowadzenia pomiarów.

Na wejście VI+ jest podawana próbka napięcia podlegająca przetworzeniu, natomiast wejście VI- jest uziemione. Taki sposób podania sygnału na wejście przetwornika minimalizuje błędy pomiarowe. Rezystor R16 wraz z kondensatorem C13 są elementami wewnętrznego oscylatora zegarowego, wyznaczającego częstotliwość pracy wewnętrznych elementów US7.

Układ ADC0804 ma 8-mio bitowe wyjście trójstanowe (DB7-DB0) - dzięki czemu można byłoby bezpośrednio sprzęgnąć je z szyną systemową, lecz ta właściwość nie jest wykorzystywana w opisywanym systemie, gdyż (jest to tylko jedno z zastrzeżeń!) konieczne byłoby wówczas wykorzystywanie systemu przerwań IRQ szyny komputera, co jest pewnym utrudnieniem zarówno od strony sprzętu, jaki i od strony programowej. Sygnał  $\sim INTR$  poprzez bramkę odwracającą US3B w momencie zakończenia przetwarzania powoduje zapisanie rejestru US6 wartością podaną na wyjścia danych. Program obsługujący kartę regularnie, co ok.  $300\mu s$  odczytuje port 30Ch, dzięki czemu nie jest konieczne obsługiwanie żadnego przerwania. Zapas czasu pomiędzy końcem przetwarzania, a odczytem danych przez mikroprocesor jest dany trochę „na wszelki wypadek”. Możliwe jest jego skrócenie, ale praktycznie niewielki ma to wpływ na czas trwania pomiaru.

Chcąc uzyskać na wyjściu danych przetwornika ciągły odczyt danych należy na wejścia:  $\sim RD$  oraz CS podać stałe „0” logiczne. W takiej sytuacji inicjacji nowej konwersji dokonuje się poprzez podanie „0” na wejście  $\sim WR$ .

Na rys. 5 przedstawione są przebiegi dla omówionego powyżej sposobu sterowania. Jako czas konwersji należy tutaj przyjąć czas pomiędzy kolejnymi inicjacjami przetwornika - nie powinien być on krótszy niż  $100\mu s$ .

gdzie  
 $k_u$  - wzmocnienie wzmacniacza US11A, wynosi ono  $k_u = 1 + (R9/R10)$ ; w modelu  $k_u = 50$ ;

$I_c$  - prąd kolektora badanego elementu.

Sygnał z wyjścia US11A jest podawany na wejście Y0 multiplexera analogowego US12. Jest to dość popularny układ CMOS 4052, którego jedna połówka jest wykorzystywana - pozostałe wejścia są dołączone do masy.

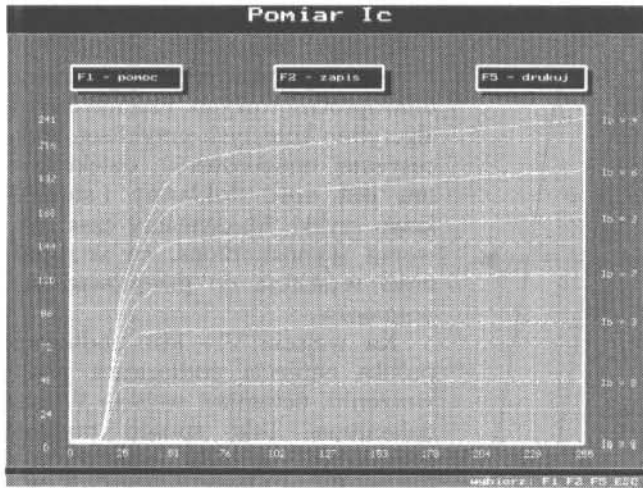
Na wejście Y1 jest podawane napięcie z dzielnika R7/R8, który zapewnia dopasowanie górnego poziomu napięcia  $U_{CE}$  do możliwości przetwornika a/c (przetwarza on na-

pięcia z zakresu 0..5V).

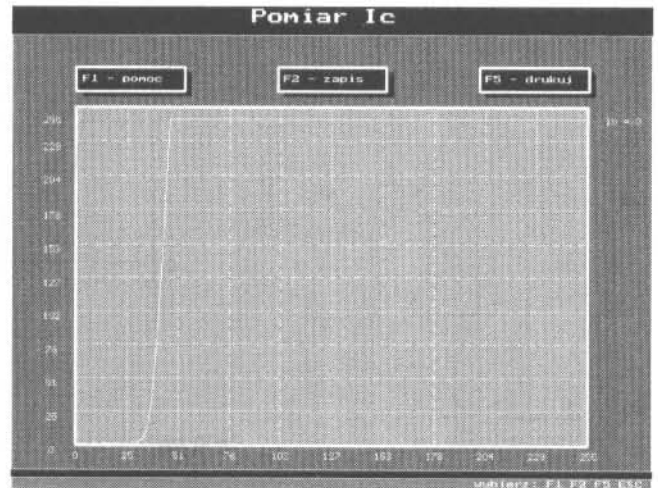
Układ 4052 zastosowano ze względu na cenę. Znacznie lepszym rozwiązaniem byłoby zastosowanie specjalnych kluczy analogowych o obniżonej rezystancji kanału - poniżej  $10\Omega$ . Standardowa rezystancja ok.  $600\Omega$  dla zwykłych kluczy CMOS, wprowadza pewien błąd do pomiaru, co zostało uwzględnione w programie obsługującym kartę.

Wyjście multiplexera analogowego jest obciążone rezystorem R17, który zapewnia podanie potencjału masy na wejście VI+ przetwornika a/c, w czasie, gdy nie ma sygnału na wejściach multiplexera.

Zastosowany w układzie przet-



Rys. 9.



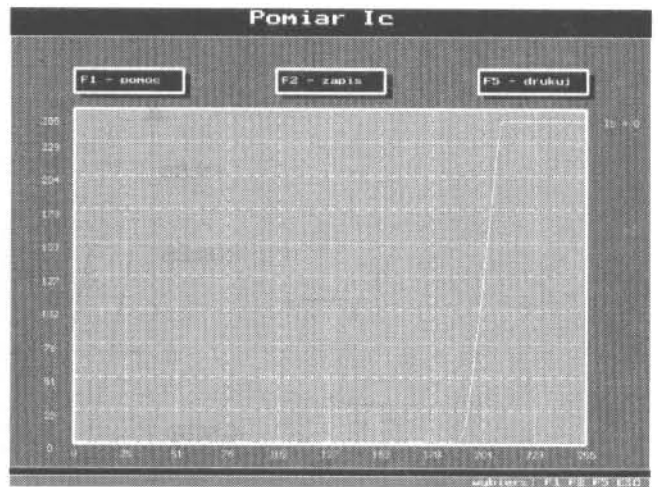
Rys. 10.

Dla osób nieco głębiej zainteresowanych funkcjami realizowanymi przez wejścia CS, ~RD i ~WR oraz wyjście ~INTR zamieszczono na rys. 6 charakterystyczne przebiegi dla „zapisu“ i „odczytu“ przetwornika. Nazwy funkcji spełnianych przez wejścia nie do końca pokrywają się z rzeczywistością - np. „zapis“ nie powoduje rzeczywistego zapisu danych do układu tylko inicjuje start przetwarzania - dlatego też wzięte zostały w cudzysłów.

Należy tutaj zwrócić uwagę na fakt istnienia błędów w przetwarzaniu a/c, które w niewielki, co prawda, sposób wpływają na wyniki pomiarów. Na rys. 7 przedstawiono charakterystykę przejściową (lewa część rysunku) oraz błąd powstający w przypadku idealnego przetwornika a/c (charakterystyka błędu jest symetryczna względem osi czasu X). Na rys. 8 pokazano podobne charakterystyki dla przypadku błędu  $\pm 0,5LSB$ .

### Oprogramowanie

Nieodłącznym elementem każdego rozwiązania sprzętowego jest program sterujący. Jako integralna część kitu jest oferowany program CHAR.EXE, umożliwiający dokonanie żądanych pomiarów, zapisanie wyników pomiarów na dysku, zobrazowanie graficzne charakterystyk, a także wydrukowanie żądanych przebiegów na drukarce igłowej. Program został całkowicie napisany w języku Borland C++. Wraz z dyskietką jest dostarczana dokładna instrukcja obsługi programu, dzięki czemu posługiwanie nim w krótkim czasie staje się bardzo łatwe - zas-



Rys. 11.

tosowano koncepcję „klawiszy“ z opisem realizowanej funkcji. Dodatkowo każde „podmenu“ posiada pomoc tekstową, dostępną po wciśnięciu klawisza F1. Na rys. 9, rys. 10 i rys. 11 zamieszczono „zrzuty“ ekranu podczas pracy programu CHAR.EXE, na których widać charakterystyki (odpowiednio): wyjściową tranzystora, wejściową tranzystora (lub diody w stanie przewodzenia) oraz diody Zenera o napięciu Zenera 6,8V w przypadku pracy w kierunku zaporowym.

Ponieważ mogą się pojawić osoby chcące spróbować swoich sił w samodzielnym oprogramowaniu karty, na załączonych listingach przedstawione są dwie, dość istotne procedury - pierwsza na list. 1 - procedura „lustro“, odwracająca słowo danych, tak aby najstarszy bit szyny danych D7 był najstarszym bitem wejściowym przetwornika

MSB. Na list. 2 przedstawiono procedurę odczytu przetwornika a/c, sterowania jego pracą (sekwencja STARTU przetwarzania, oczekiwania na wynik DELAY) oraz zapisu do tablicy utworzonej w pamięci kolejnych danych.

### Montaż układu

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce z metalizacją otworów. Płytkę ma obrys standardowej karty „1/3“, w dolnej części znajduje się standardowe złącze, pozwalające na montaż karty w dowolnym (ośmio- lub szesnastobitowym) slotcie komputera. Widok płytki od strony druku i od strony elementów przedstawia rysunek na wkładce. Na rys. 12 przedstawiono rozmieszczenie elementów.

Montaż należy przeprowadzić bardzo starannie, gdyż nieprecyzyjny montaż może doprowadzić do pow-

```

/*
AVT-78                                listing 1

przykładowa funkcja obliczająca bitowe lustro wartości wejściowej
tzn.: zamieniane miejscami są: bit7 i bit0
      bit6 i bit1
      .....
*/

#include <stdio.h>
/* zawiera deklaracje funkcji printf */

unsigned char LUSTRO (unsigned char a);

/* definicje :
   B0 - oznacza bit0=1, pozostałe=0;
   B1 - oznacza bit1=1, pozostałe=0;
   .....
   B7 - oznacza bit7=1, pozostałe=0;
*/

#define B0 0x01
#define B1 0x02
#define B2 0x04
#define B3 0x08
#define B4 0x10
#define B5 0x20
#define B6 0x40
#define B7 0x80

int main(void)
/*
przykładowe wykorzystanie funkcji LUSTRO

najpierw trzeba podać wartość wejściową dla funkcji, następnie
zostanie wyświetlona obliczona wartość dziesiętnie i szesnastkowo
*/
{
unsigned char a;

scanf("%u",&a); /* wczytanie danej wejściowej funkcji LUSTRO */

printf("\nwartosc wejsciowa: %u (%Xh)\nLUSTRO: %u (%Xh)\n", \
a, a, LUSTRO(a), LUSTRO(a) );

return 0;
}

unsigned char LUSTRO (unsigned char a)
/*
#-----#
| Nazwa funkcji : LUSTRO |
| war wejsciowa : 8-bitowa liczba bez znaku |
| war wyjsciowa : odbicie lustrzane wartosci wejsciowej |
#-----#
*/
{
unsigned char z;

z = 0;

if ((a & B7) != 0) /* tzn bit 7 = 1
z = z | B0;      // set bit 0

if ((a & B6) != 0) /* tzn bit 6 = 1
z = z | B1;      // set bit 1

if ((a & B5) != 0) /* tzn bit 5 = 1
z = z | B2;      // set bit 2

if ((a & B4) != 0) /* tzn bit 4 = 1
z = z | B3;      // set bit 3

if ((a & B3) != 0) /* tzn bit 3 = 1
z = z | B4;      // set bit 4

if ((a & B2) != 0) /* tzn bit 2 = 1
z = z | B5;      // set bit 5

if ((a & B1) != 0) /* tzn bit 1 = 1
z = z | B6;      // set bit 6

if ((a & B0) != 0) /* tzn bit 0 = 1
z = z | B7;      // set bit 7

return z;
}

```

List. 1.

```

/*
AVT-78                                listing 2

fragment programu obsługującego kartę
"Charakterografu do Badania Elementów Polprzewodnikowych"

Wartości odczytane są umieszczone w tablicy t[].

W miejsce kropek w funkcji main należy dopisać fragment wykonujący
jakieś działania na odczytanych z karty wartościach (np.:
zapis do pliku, wykonanie wykresów itp.)
*/

#include <stdio.h>
#include <dos.h>

#define B0 0x01
#define B1 0x02
#define B2 0x04
#define B3 0x08
#define B4 0x10
#define B5 0x20
#define B6 0x40
#define B7 0x80

unsigned char mirror (unsigned char a);

int main(void)
{
int r_we = 0x030e; /* Uce
int r_wy = 0x030c; /* odczyt AC
int r_st = 0x030d; /* 1b i inne
int b_we;
unsigned char b_wy,b_st;
int i;
int t[256]; /* tablica z pomiarami

printf("\nPoczątek pomiaru\n");

b_st = 0x1a; /* oznacza pomiar Ic */

for (b_we=0; b_we<256; b_we++)
/* zmierzenie charakterystyki */
{
i = mirror(b_we);
outportb(r_we,i);
outportb(r_st, (b_st & (-B1) )); /* rozpoczęcie przetwarzania */
outportb(r_st,b_st); /* koniec przetwarzania */
b_wy = inportb(r_wy); /* odczyt A/C */
t[i] = b_wy; /* odczytana wartość do tablicy */
}

/* ----- */

return 0;
}

unsigned char mirror (unsigned char a)
{
unsigned char z;

z = 0;

if ((a & B7) != 0) /* tzn bit 7 = 1 */
z = z | B0;      /* set bit 0 */

if ((a & B6) != 0) /* tzn bit 6 = 1 */
z = z | B1;      /* set bit 1 */

if ((a & B5) != 0) /* tzn bit 5 = 1 */
z = z | B2;      /* set bit 2 */

if ((a & B4) != 0) /* tzn bit 4 = 1 */
z = z | B3;      /* set bit 3 */

if ((a & B3) != 0) /* tzn bit 3 = 1 */
z = z | B4;      /* set bit 4 */

if ((a & B2) != 0) /* tzn bit 2 = 1 */
z = z | B5;      /* set bit 5 */

if ((a & B1) != 0) /* tzn bit 1 = 1 */
z = z | B6;      /* set bit 6 */

if ((a & B0) != 0) /* tzn bit 0 = 1 */
z = z | B7;      /* set bit 7 */

return z;
}

```

List. 2.



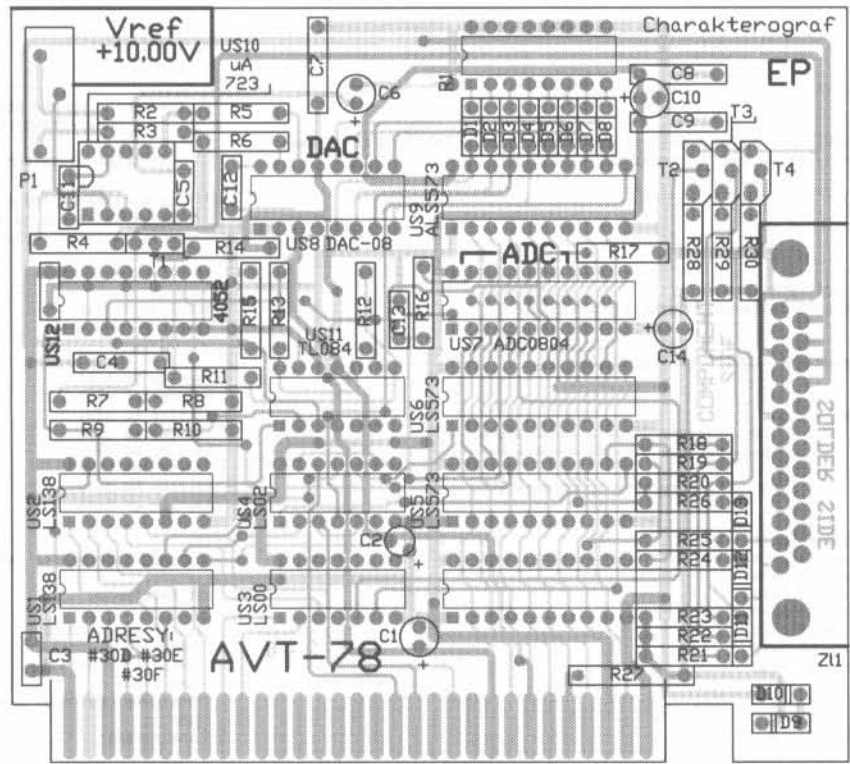
stania zwarć i w konsekwencji komputer może ulec uszkodzeniu!

W pierwszej kolejności należy zamontować elementy bierne: kondensatory, rezystory, potencjometr i diody. Lutuje się je bezpośrednio do punktów lutowniczych, bez pośrednictwa podstawek itp. W dalszej kolejności należy zamontować złącze Z11 wraz ze „śledziem“ prowadzącym. Na obrysie złącza wykonane są dwa duże otwory ( $\phi=2,4\text{mm}$ ), w które należy włożyć sprężyste uchwyty mocujące gniazdo. Po ich poprawnym włożeniu należy je dokładnie przylutować - cyna powinna przepłynąć na drugą stronę płytki. Od jakości tego lutowania zależy trwałość mocowania płytki w komputerze. Dalej montujemy diody LED (pamiętając że nie są one niezbędne do poprawnej pracy urządzenia) oraz tranzystory i podstawki pod układy scalone. Zalecane jest zastosowanie podstawek pod wszystkie układy z wyjątkiem stabilizatora 723 (US10). Nie jest konieczne stosowanie podstawek „precyzyjnych“ wyposażonych w sprężyste kontakty o dużej trwałości. W poprawnie zmontowanym i uruchomionym układzie układy scalone nie ulegają awariom, a standardowe (więc tanie) podstawki z ogromnym zapasem „przeżyją“ nawet kilkakrotną wymianę układów w czasie uruchamiania.

W czasie montażu cały czas należy zwracać uwagę na jakość lutowania - nie mogą powstawać krople cyny „wiszące“ u nóżek montowanych elementów (cyna powinna się równo rozpląnąć po punkcie lutowniczym). Ważne jest także kontrolowanie, czy nie powstały zwarcia pomiędzy lutowanymi punktami.

### Uruchomienie

Uruchomienie jest tylko pozornie trudne, chociaż wymaga pewnej wprawy i wiedzy. Jeżeli poświęcone zostanie odpowiednio dużo czasu na poprawne zmontowanie układu, to poniższe wskazówki powinny być wystarczające. Dodatkowym ułatwieniem jest program PTEST.EXE oferowany na dyskietce dostarczanej wraz z kitem. Po jego uruchomieniu wyświetla się informacja o stanie rejestru wejściowego o danym adresie - symbolicznie narysowane wyprowadzenia rejestru wraz ze stanami sygnałów logicznych. Możliwe



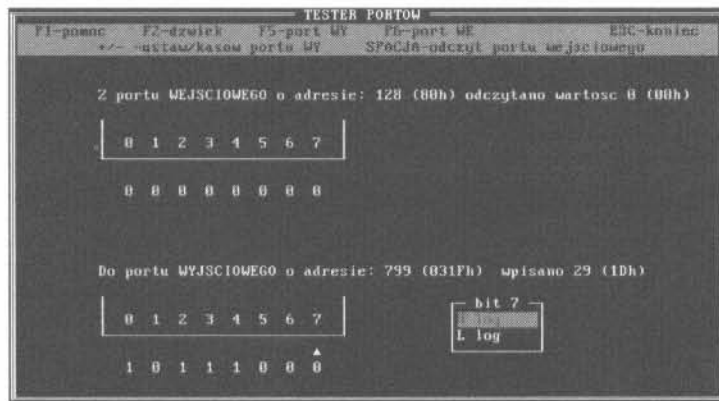
Rys. 12. Romieszczenie elementów na płytce drukowanej

też jest odczytanie portu o zadanym adresie. Wygląd ekranu programu PTEST jest przedstawiony na rys. 13.

Uruchomienie bardzo ułatwią diody LED dołączone do wyjść układu US5 (warto także zainstalować diody D1-D8, na płytce przewidziano na nie miejsce). Diody te będą sygnalizowały stany logiczne na wyjściach rejestrów. Zamiast diod można wykorzystać próbnik stanów logicznych TTL lub nawet zwykły miernik uniwersalny.

Jako pierwszą - z czynności uruchomieniowych - należy wykonać regulację napięcia referencyjnego na wyjściu stabilizatora US10. Pomiedzy masę układu, a n. 6 US10 należy włączyć woltomierz cyfrowy, ustawiony na zakres pomiarowy do 20V i za pomocą potencjometru P1 ustawić możliwie dokładnie wartość 10,00V lub 10,24V (różnice pomiędzy wyborem jednej z tych wartości wyjaśniono wcześniej).

Następnie za pomocą programu, umożliwiającego operację na bitach



Rys. 13.

portów o zadanych adresach oraz odczytu zawartości portów, należy przeprowadzić opisaną poniżej procedurę kontrolną. Opis oparto na założeniu, iż konstruktor będzie się posługiwał programem PTEST.EXE.

Po uruchomieniu programu PTEST.EXE należy ustawić adres portu wejściowego 30Eh i kolejno sprawdzać czy diody (D1-D8) zapalają się i gasną. Zmiany stanów na wyjściach dokonuje się za pomocą klawiszy kursora (wybór bitu i polaryzacji) i Enter. Należy sprawdzić nie tylko fakt pojawiania się „1” lub „0”, ale także czy nie występują zależności pomiędzy bitami. Ideałem byłoby sprawdzenie wszystkich 256 kombinacji sygnałów wejściowych. Podobnie należy postąpić z portem 30Dh.

Nieco odmiennego sposobu postępowania wymaga port wyjściowy przetwornika a/c o adresie 30Ch. Przed rozpoczęciem testowania należy w podstawkę pomiarową (pomiędzy kontakty kolektor-emiter) włożyć rezystor ok. 270...820Ω/0,5W, a do portu 30Dh wpisać XXXXX110B. Dzięki temu na wejście przetwornika a/c dostarczane będzie napięcie  $U_{cc}$ . Rezystor zapewni obciążenie źródła napięciowego.

Następnie wpisujemy jakąś wartość do rejestru 30Ch (ustawianie wartości  $U_{cc}$ ), inicjujemy przetwarzanie przetwornika a/c, poprzez wpisanie pod adres 30Dh wartości XXXXX100B i po odczekaniu krótkiej chwili (dla przetwornika czasem zupełnie wystarczającym jest 100μs)

odczytujemy zawartość portu 30Ch.

Wartości wpisywane do poszczególnych portów są zapisane binarnie, a znak X oznacza dowolny stan „0” lub „1”.

Podobną analizę można przeprowadzić dla pomiaru prądu (prądu kolektora). Jedyną różnicą jest to, iż pod adres 30Dh wpisujemy wartość XXXXX010B/XXXXX000B. Zmiana wartości bitu D2 powoduje uaktywnienie wejścia multiplexera, do którego dołączono wyjście wzmacniacza pomiarowego prądu.

Jest to metoda bardzo żmudna, ale wystarczy skontrolować kilka punktów (np. ustawianie  $U_{cc}$  co 64), aby móc stwierdzić czy układ pracuje poprawnie.

### Uwagi końcowe

W stosunku do zalecanej listy elementów można dopuścić się pewnych odstępstw. Otóż zamiast oryginalnego przetwornika DAC-08, produkowanego przez PMI, można zastosować jego funkcjonalny odpowiednik produkcji czeskiej (czy też słowackiej?) MDAC-08. Nie jest on wyraźnie gorszy, tzn. w praktyce autora wyniki pomiarów dla przetwornika DAC-08EN i MDAC-08 niczym się nie różniły. Jako przetwornik a/c można zastosować dowolny układ z serii ADC0802/3/4. Ten ostatni charakteryzuje się (w katalogu) największym błędem, jednakże odchyłka pomiaru rzędu ±1LSB nie jest istotna dla jakości pomiaru. Znacznie większe błędy wprowadzają zakłócenia sieciowe „zasilające” bazę badanego tranzystora. Pewną popra-

wę stabilności pomiaru dało zastosowanie kabla ekranowanego pomiędzy kartą a głowicą pomiarową. Połączenie z głowicą pomiarową od strony komputera zapewnia złącze DB-25F (żeńskie).

Głowica jest wykonana ze standardowej obudowy KM-25 z wmontowaną z jednej strony podstawką 6-cio kontaktową (może być dowolnego typu, w modelu pochodzi od włącznika EaO-31-451-036 produkcji Alcatel'a). Wewnątrz obudowy wklejona jest folia aluminiowa, stanowiąca ekran odłóżający. Należy ją połączyć z masą doprowadzoną przez ekran kabla łączącego. W modelu zastosowany został bardzo dobrej jakości 4-żyłowy kabel ekranowany SgAST-53 (AVD Brand) produkcji japońskiej.

Kabel zakończony jest złączem DB-25 M (męskie) z plastikową obudową.

Rezystory precyzyjne zostały zaznaczone na schemacie (tolerancja 2%), pozostałe mogą być dowolnego typu o mocy powyżej 1/8W.

Kondensatory zastosowane w układzie powinny spełniać warunki poprawnej pracy przy przebiegach impulsowych (zwłaszcza blokujące), zamiast elektrolitów aluminiowych lepiej jest zastosować kondensatory tantalowe.

Układy scalone powinny być dobrane z serii o małym prądzie wejściowym, można wybierać spośród 74LS, 74HC, 74HCT, 74ALS, itp.

Piotr Zbysiński, AVT

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

R1: 8x2,2kΩ lub R-Pack  
R2: 1,5kΩ  
R3: 6,8kΩ  
R4: 5,1kΩ  
R5, R6: 5,00kΩ, 2%  
R7, R8: 1,2kΩ  
R9: 49,0kΩ, 2%  
R10: 1kΩ  
R11: 100Ω  
R12, R16: 10kΩ  
R13: 5,00kΩ, 2%  
R14: 10Ω/0,5W  
R15: 1,0Ω, 2%  
R17: 18kΩ  
R18, R19, R20: 100kΩ

R21, R22, R23: 30kΩ

R24: 72kΩ, 2%

R25: 36kΩ

R26: 18kΩ

R27: 390Ω/0,5W

R28: 15kΩ, 2%

R29: 7,5kΩ, 2%

R30: 3,75kΩ, 2%

P1: potencjometr precyzyjny 10kΩ

#### Kondensatory

C1, C2, C10: 10μF/10V

C3, C4, C5, C7, C8, C9: 100nF

C6: 22μF/10V

C11, C13: 220pF

C12: 10nF

C14: 47μF/10V

#### Układy scalone

US1, US2: 74LS138

US3: 74LS00

US4: 74LS02

US5, US6, US9: 74ALS573

US7: ADC0804

US8: DAC08 lub MDAC08

US10: UA723

US11: TL084

US12: 4052

#### Półprzewodniki

D1-D8: LED, CQY4XX

D9-D13: 1N4148

T1: BD139

T2, T3, T4: BC238B

#### Różne

Z11A: DB25-F/kątowe do PCB

Z11B: DB25-M/z obudową

PD1: podstawka pod tranzystor 2x3