

# Tester tranzystorów współpracujący z komputerem PC

*Tester tranzystorów komunikuje się z komputerem PC przez port równoległy. Zapewnia możliwość wyprowadzenia na ekran komputera wyniku pomiaru współczynnika wzmocnienia prądowego tranzystora. Jest to udoskonalona wersja projektu przedstawionego w jednym z numerów EPE z 1996 roku.*

Jest to zarazem pierwszy z serii projektów tanich przyrządów pomiarowych współpracujących z komputerem PC, a wywodzących się z publikowanego na łamach EPE cyklu artykułów o interfejsach. Tester tranzystorów, podobnie jak wszystkie następne przyrządy, jest łatwy w wykonaniu, jego koszty są niskie, a przy tym oferuje bardzo interesujące możliwości pomiarowe.

Istotną zaletę proponowanych urządzeń pomiarowych współpracujących z komputerem stanowi to, że odczyt wyniku pomiaru w postaci cyfrowej nie wymaga żadnych dodatkowych inwestycji. Czytamy po prostu z ekranu komputera PC. Oprogramowanie i komputer w znacznym stopniu zapewniają sterowanie działaniem urządzenia.

Tester może być użyty do badania zarówno tranzystorów *pnp* jak i *nnp*. Nie jest wyposażony w przełącznik, posiada natomiast oddzielne gniazda dla tranzystorów każdego typu. Po włożeniu tranzystora w gniazdo właściwe dla danego typu, na ekranie monitora komputera wyświetlana jest wartość współczynnika wzmocnienia prądowego.

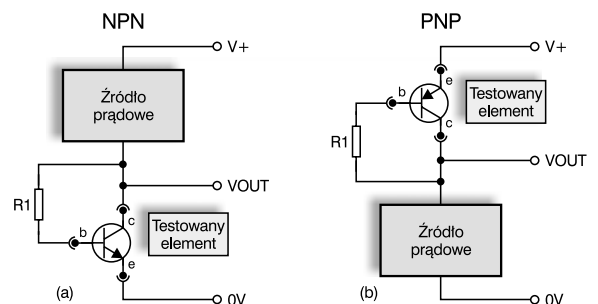
Jeśli użyty komputer posiada dwukierunkowy port równoległy, na ekran jest wyprowadzana także informacja o typie badanego tranzystora. Bez względu na typ tranzystora, zakres wartości mierzonych współczynników wzmocnienia prądowego wynosi od 25 do ponad 1000, jest więc wystarczający w przypadku większości dostępnych tranzystorów bipolarnych. Uwaga: proponowane urządzenie nie nadaje się do pomiaru tranzystorów unipolarnych!

## Co ustalać?

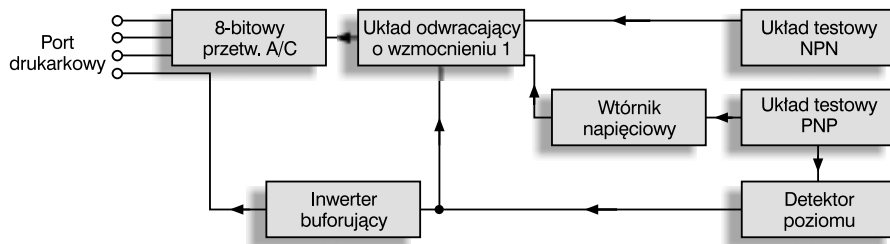
Większość testerów tranzystorów działa tak, że podaje się stały prąd bazy badanego tranzystora i mierzy natężenie prądu kolektora. Małemu natężeniu prądu bazy odpowiada duże natężenie prądu kolektora, a współczynnik wzmocnienia jest po prostu stosunkiem tych natężeń.

Urządzenia takie posiadają pewną niedoskonałość, polegającą na tym, że współczynnik wzmocnienia nie jest mierzony przy wybranym (stałym) prądzie kolektora. W przypadku tranzystora o dużym wzmocnieniu prądowym natężenie prądu kolektora jest znacznie większe niż w przypadku tranzystora o małym wzmocnieniu. Fakt ten nie musi mieć szczególnego znaczenia, należy jednak pamiętać o tym, że współczynnik wzmocnienia prądowego tranzystora silnie zależy od prądu kolektora - zazwyczaj rośnie ze wzrostem jego natężenia.

Tranzystory o dużym współczynniku wzmocnienia prądowego są więc badane przy dużych natężeniach prądu kolektora, co prowadzi do uzyskiwania wyników zbyt optymistycznych. Tranzystory o małym współczynniku wzmocnienia prądowego badane są przy małych natężeniach prądu kolektora, co może przynosić wyniki zaniżone. Wobec tego, do



Rys. 1. Podstawowe układy do pomiaru współczynnika wzmocnienia prądowego tranzystorów *pnp* i *nnp*.



Rys. 2. Schemat blokowy urządzenia do pomiaru współczynnika wzmocnienia prądowego tranzystorów.

uzyskiwanych w taki sposób wyników należy odnosić się z rezerwą, zwłaszcza w przypadku tranzystorów o małym współczynniku wzmocnienia prądowego. Byłoby niewątpliwie znacznie lepiej, jeśli testy byłyby przeprowadzane przy stałym natężeniu prądu kolektora i różnych natężeniach prądu bazy. Pozwoliłoby to uniknąć uwypuklenia różnic wzmocnień tranzystorów o małym i dużym wzmocnieniu.

Przedstawiany tester tranzystorów zapewnia wiarygodne wyniki pomiarów, gdyż działa z prądem kolektora o stałym natężeniu, równym 10 mA. Warunki działania układu są dobierane w sposób automatyczny tak, że natężenie prądu kolektora wynosi 10 mA i nie wymaga to żadnej ingerencji użytkownika.

Jednym z utrudnień towarzyszących takiemu rozwiązaniu jest nieliniowa zależność między prądem bazy i współczynnikiem wzmocnienia prądowego. Im większe wzmocnienie, tym mniejsze natężenie prądu bazy. Ponieważ jednak system nasz współpracuje z komputerem, wykonanie odpowiedniego przeliczenia nie przedstawia kłopotu.

### Zasada działania

Podstawowe układy pomiarowe dla tranzystorów *pn*p i *np*n są pokazane na rys. 1. Jeśli przyjrze się układowi dla tranzystorów *np*n, obciążenie kolektora stanowi źródło prądowe o stałej wydajności, wymuszające prąd kolektora, przy którym przeprowadzany jest pomiar.

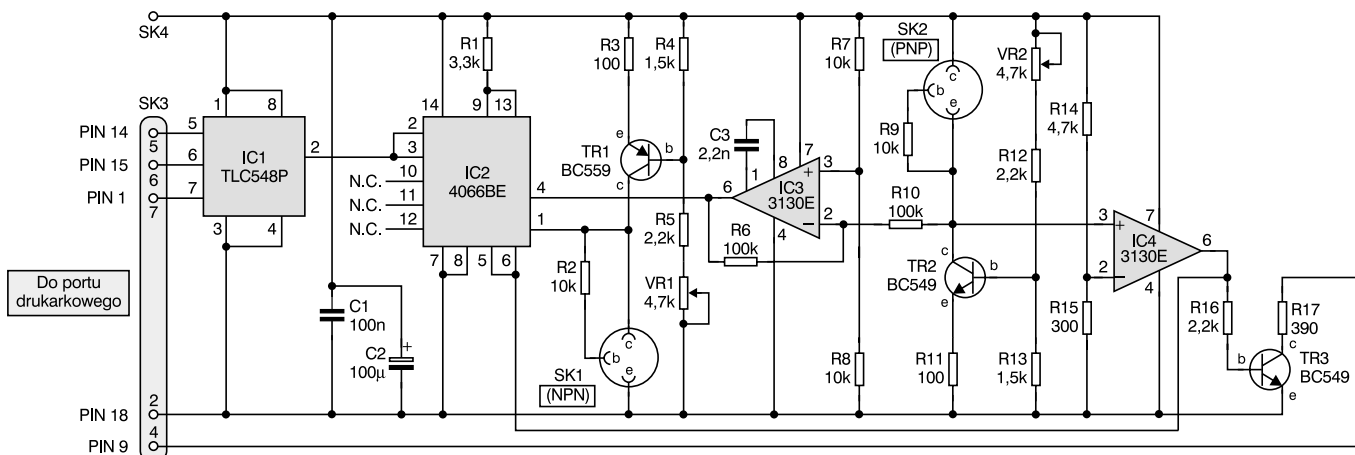
Ponieważ współczynnik wzmocnienia prądowego tranzystorów zależy od tego, do jakich zakresów mocy są one przeznaczone, należy odpowiednio dobrać natężenie prądu kolektora, przy którym przeprowadzany będzie pomiar. Wartość 10mA wydaje się być rozsądnym kompromisem - jest ona na tyle mała, że tranzystorom małej mocy nie grozi uszkodzenie, a zarazem na tyle duża, by uzyskać poprawne wyniki pomiaru w przypadku tranzystorów średniej i dużej mocy.

Prąd bazy dociera do badanego tranzystora przez rezystor R1. Jest bardzo ważne, by prąd ten był pobierany ze źródła prądowego, nie zaś bezpośrednio ze źródła zasilania. W układzie działa bowiem pętla ujemnego sprzężenia zwrotnego, utrzymująca natężenie

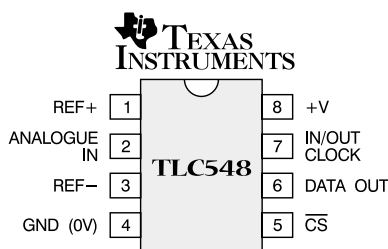
prądu kolektora na poziomie 10mA.

Prąd bazy o większym natężeniu spowoduje spadek napięcia kolektora, co z kolei obniży wartość natężenia prądu bazy. Odwrotnie, mniejsze natężenie prądu bazy spowoduje wzrost napięcia na kolektorze, to zaś będzie powodować wzrost natężenia prądu bazy. Dzięki temu natężenie prądu przepływającego przez rezystor R1 odzwierciedla współczynnik wzmocnienia prądowego tranzystora. Oczywiście spadek napięcia na tym oporniku jest proporcjonalny do natężenia przepływającego przez niego prądu. Mierząc to napięcie można więc zmierzyć natężenie przepływającego prądu. Napięcie na kolektorze nie jest równe spadkowi napięcia na rezystorze R1, ponieważ między bazą a emiterem występuje napięcie około 0,7V. Można jednak zmierzyć napięcie kolektorowe, a następnie - w programie - odjąć od niego 0,7V.

Układ pomiarowy dla tranzystorów *pn*p jest podobny, a różnice wynikają z tego, że elementy *pn*p wymagają napięcia zasilania o przeciwnej polaryzacji niż *np*n. Wynika z tego drobna komplikacja - napięcie wyjściowe nie jest już odniesione do masy, a do napięcia zasilania (dodatniego). Na szczęście problem ten można łatwo rozwiązać, i to na dwa sposoby. Użycie wzmacniacza odwracającego o jednostkowym wzmocnieniu zapewni odwrócenie tego napięcia, ale taki sam skutek można osiągnąć odpowiednio modyfikując program. W prezentowa-



Rys. 3. Schemat ideowy testera współczynnika wzmocnienia prądowego tranzystorów.



Rys. 4. Oznaczenia wyprowadzeń przetwornika analogowo-cyfrowego TLC548.

nym urządzeniu wybrano rozwiązanie układowe.

### Działanie urządzenia

Schemat blokowy przedstawiony na rys. 2 obrazuje organizację urządzenia. Obwody do pomiaru wzmocnienia tranzystorów *nnp* i *pnp* są oddzielone od siebie i do obu doprowadzone jest zasilanie. Z powodów wspomnianych wyżej, do części mierzącej tranzystory *pnp* dodano wzmacniacz odwracający o wzmocnieniu 1.

Napięcia wyjściowe z obu układów pomiarowych są podawane na wejście przetwornika A/C przez przełącznik elektroniczny. W przypadku braku tranzystorów lub tylko tranzystora *pnp*, przetwornik A/C jest połączony z układem do pomiaru wzmocnienia tranzystorów *nnp*.

Jeśli badany jest tranzystor *pnp*, ustawienie przełącznika elektronicznego zmieniane jest w oparciu o prostą detekcję napięcia. Jeśli w gnieździe dla tranzystorów *pnp* nie ma tranzystora, napięcie na wyjściu układu pomiarowego jest równe zeru. Wzrasta ono wyraźnie, jeśli w urządzenie wstawiony zostanie sprawny tranzystor *pnp*. Układ detekcji poziomu zmienia wtedy swój stan wyjściowy, co w dalszej konsekwencji powoduje doprowadzenie do przetwornika A/C napięcia wyjściowego części układu służącej do pomiaru tranzystorów *pnp*.

Jedno z wejść portu równoległego komputera można wykorzystać do monitorowania stanu wyjścia wspomnianego układu detekcji poziomu napięcia (po inwersji). Prosty podprogram testuje stan tej linii portu i wyprowadza na ekran informację, że badany jest tranzystor typu *pnp*.

### Konwersja A/C

Schemat ideowy testera wzmocnienia tranzystorów widnieje na rys. 3. Układ IC1 jest przetwornikiem A/C, który nie wymaga użycia dodatkowych zewnętrznych elementów. Oznaczenia wyprowadzeń tego układu podane są na rys. 4. Jest to przetwornik 8-bitowy (oznaczenie TLC548), jednak połączony jest z portem tylko przez trzy linie wyjściowe i linię masy. Dane są przesyłane szeregowo, a ma to miejsce wtedy, kiedy na linii CS\panuje stan niski.

Przetwornik działa według metody kolejnych przybliżeń. Wynik konwersji jest uzyskiwany po 32 taktach zegara, co nie przekracza 17ms.

W koniecznych przypadkach, w celu uniknięcia przedwczesnego odczytu konwertera, należy stosować programowe pętle opóźniające. Nie będą one konieczne, jeśli oprogramowanie zostanie napisane w języku interpretowanym, jak np. GW-Basic. Przetwornik nie został wyposażony w wyjście sygnalizujące koniec konwersji.

Po podaniu na wyprowadzenie CS\ stanu niskiego można rozpocząć odczyt danych z wyprowadzenia 6, poczynając od najbardziej znaczącego bitu. Następnie na wyprowadzenie 7 jest podawany impuls zegarowy, po czym na wyjściu 6 jest dostępny do odczytu następny bit. Cykl ten jest powtarzany do odczytania wszystkich 8 bitów wyniku konwersji, po czym na wyprowadzenie CS\ podawany jest stan wysoki.

Jak wynika z powyższych rozważań, sygnał zegarowy nie jest prostym ciągiem impulsów, a generowaną programowo specjalną sekwencją impulsów.

Zakres napięć przetwarzanych przez konwerter określa napięcie doprowadzone do wyprowadzenia 1, które w przedstawianym przypadku jest napięciem zasilania i wynosi 5V.

### Część główna układu

Jako przełącznik elektroniczny IC1 wykorzystano poczwórny klucz analogowy CMOS 4066 (rys. 5). Przełączenie napięć wyjściowych układów pomiaro-

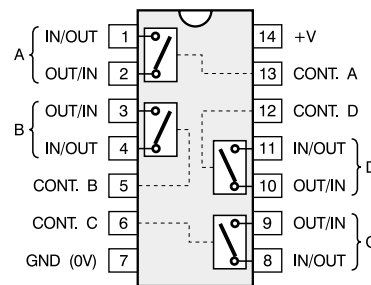
wych następuje dzięki odpowiedniemuysterowaniu dwóch kluczy.

Trzeci klucz wraz z rezystorem R1 działa jako inwerter zapewniający odpowiednie sterowanie jednego z wcześniej wymienionych kluczy. Ostatni klucz układu 4066 pozostaje nie wykorzystany, a jego wyprowadzenia pozostawiono bez połączeń.

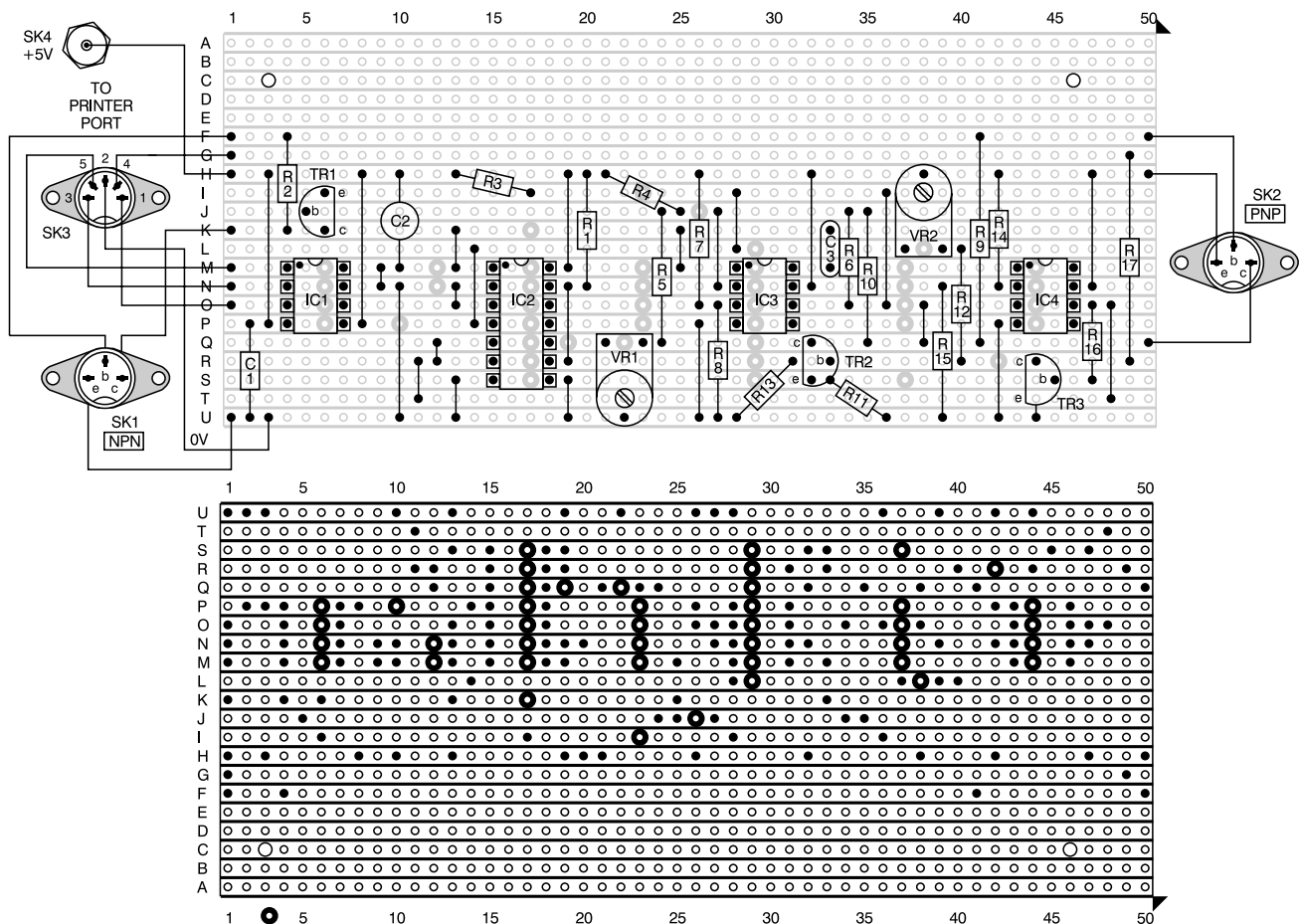
Tranzystor TR1 wchodzi w skład źródła prądowego układu pomiarowego tranzystorów *nnp*. Potencjometr VR1 służy do dokładnego ustawienia natężenia prądu, które powinno wynosić 10mA. Rezystor R2 łączy wyjście źródła z bazą badanego tranzystora, a dla zapewnienia dogodnego skalowania jego rezystancja wynosi 10kΩ. Pomnożenie przez dwa wyniku konwersji daje w przybliżeniu wartość natężenia prądu przepływającego przez rezystor R2, wyrażoną w mikroamperach.

Źródło prądu stałego zastosowane w części do pomiaru tranzystorów *pnp* jest odpowiednikiem poprzednio omówionego źródła. Potencjometr VR2 służy do dokładnego ustawienia natężenia prądu kolektora tranzystora TR2 (10mA).

Układ odwracający zbudowano w oparciu o wzmacniacz operacyjny CA3130E. Ponieważ element ten nie posiada wewnętrznej kompensacji częstotliwościowej, zastosowano kondensator C3. Wzmacniacz CA3130E może pracować w układach z asymetrycznym zasilaniem oraz z niskimi napięciami zasilania, wynoszącymi nawet tylko 5V. Większość innych typów wzmacniaczy operacyjnych, użytych jako IC3 lub IC4, nie zapewni w takich warunkach poprawnego działania układu.



Rys. 5. Oznaczenia wyprowadzeń i struktura klucza analogowego 4066.



Rys. 6. Schemat rozmieszczenia elementów, sposób wykonania przecięć ścieżek oraz okablowanie płytki.

**Porównywanie**

Układ IC4, mimo że jest wzmacniaczem operacyjnym, w przedstawianym układzie pracuje jako komparator. Napięcie odniesienia, które wynosi nieco poniżej 0,5V, jest doprowadzone do odwracającego wejścia wzmacniacza (wyprowadzenie 2) przez dzielnik rezystancyjny R14 i R15. Wejście nieodwracające IC4 (wyprowadzenie 3) jest połączone z wyjściem źródła prądowego.

Jeśli w gniazdo pomiarowe nie został wstawiony tranzystor *pnp*, napięcie w tym punkcie wynosi 0V. Stan na wyjściu wzmacniacza IC4 jest wtedy niski, co powoduje odłączenie wyjścia części mierzącej tranzystory *pnp* od wejścia układu IC1.

Jeśli mierzony jest tranzystor *pnp*, nawet jeśli jest to element o małym współczynniku wzmocnienia prądowego, napięcie na wejściu nieodwracającym wzmacniacza IC4 jest wyższe niż na odwracającym, a więc stan na wyjściu tego układu jest wysoki, co powoduje połączenie z we-

jęciem przetwornika A/C wyjścia części służącej do pomiaru tranzystorów *pnp*. Jeśli do gniazd włożone zostaną jednocześnie tranzystory *npn* i *pnp*, do wejścia przetwornika doprowadzony zostanie sygnał z wyjścia części mierzącej tranzystory *pnp*, a na ekranie pojawi się wartość wzmocnienia tranzystora *pnp*. Jeśli port równoległy użytego komputera jest dwukierunkowy, na ekran zostanie wyprowadzona także informacja o typie badanego elementu (*pnp*).

TR3 pracuje w konfiguracji z otwartym kolektorem, wysterowując najbardziej znaczącą linię danych portu równoległego. Jeśli dane są przesyłane do komputera, do linii podłączone zostają wewnętrzne rezystory podciągające. Tranzystor TR3 zostaje włączony, gdy na wyjściu układu IC4 pojawia się stan wysoki, a więc na linii portu pojawia się stan niski. Rezystor R17 ogranicza natężenie prądu i zabezpiecza układy portu w sytuacji, gdy dane są wysyłane z portu do układu.

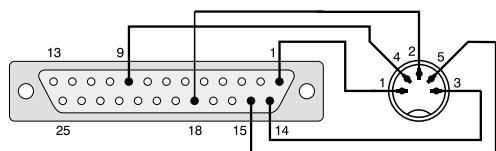
Układ wymaga stabilizowanego napięcia zasilania 5V. Pobór prądu przez układ w stanie spoczynkowym wynosi tylko 4mA, ale wzrasta do 14mA w trakcie pomiaru.

Mimo że można byłoby zasilac układ z zasilacza sieciowego, wygodniej i taniej jest wykorzystać napięcie +5V komputera. Niestety, nie jest dostępne w porcie równoległym, można jednak wykorzystać w tym celu gniazdo klawiatury lub port gier. Oba rozwiązania zostaną omówione bardziej szczegółowo dalej.

**Wykonanie**

Układ jest montowany na płytce uniwersalnej o wymiarach 21 pasków po 50 otworów. Rys. 6 przedstawia sposób rozmieszczenia elementów oraz wykonania przecięć pasków.

Montaż należy prowadzić w sposób konwencjonalny, poczynając od elementów o najmniejszych rozmiarach, a na największych kończąc. Należy pamiętać o licznych zworkach. Układ IC1



Rys. 7. Sposób wykonania kabla łączącego tester tranzystorów i port równoległy komputera.

jest ustawiony odwrotnie niż trzy pozostałe układy scalone (odwrotny montaż może spowodować jego zniszczenie). Wszystkie układy są wykonane w technologii CMOS i należy je zamontować na podstawkach, przestrzegając zwykłych zasad ostrożności.

### Sprzęt

Jako obudowy można użyć dowolnego średniej wielkości pudełka. Gniazda SK1 i SK2 - najlepiej miniaturowe trzykontaktowe gniazda DIN - należy zamontować na przedniej ścianie obudowy.

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

- R1: 3,3kΩ
- R2, R7, R8, R9: 10kΩ
- R3, R11: 100Ω
- R4, R13: 1,5kΩ
- R5, R12, R16: 2,2kΩ
- R6, R10: 100kΩ
- R14: 4,7kΩ
- R15, R17: 390Ω
- VR1, VR2: 4,7kΩ, miniaturowe, węglowe, poziome

#### Kondensatory

- C1: 1nF, ceramiczny
- C2: 100μF/10V, wyprowadzenia jednostronne
- C3: 2,2nF, poliestrowy (raster 5mm)

#### Półprzewodniki

- TR1: BC559
- TR2, TR3: BC549
- IC1: TLC548IP
- IC2: 4066BE
- IC3, IC4: CA3130E

#### Różne

- SK1, SK2: miniaturowe 3-kontaktowe gniazda DIN
- SK3: 5-kontaktowe gniazdo DIN 180
- Obudowa metalowa lub z tworzywa sztucznego, płytka uniwersalna 21 pasków x 50 otworów, podstawki 8-nóżkowe 3 szt., podstawka 14-nóżkowa, gniazdo 4mm, przewody (patrz tekst), plecionka, cyna, kołki lutownicze.

List. 1.

```

10 REM transistor tester program
    (TLC5481 A/D converter)
20 PORT1=&H278
30 PORT2=&H279
40 PORT3=&H27A
50 CLS
60 LOCATE 8,25
70 PRINT "DC CURRENT GAIN"
80 OUT PORT3,32
90 TYP=INP(PORT1)
100 IF TYP>127 THEN GOSUB 610
110 IF TYP<128 THEN GOSUB 640
120 OUT PORT3,1
130 OUT PORT3,3
140 OUT PORT3,2
150 X=INP(PORT2) AND 8
160 X=X*16
170 OUT PORT3,3
180 OUT PORT3,2
190 Y=INP(PORT2) AND 8
200 Y=Y*8
210 X=X+Y
220 OUT PORT3,3
230 OUT PORT3,2
240 Y=INP(PORT2) AND 8
250 Y=Y*4
260 X=X+Y
270 OUT PORT3,3
280 OUT PORT3,2
290 Y=INP(PORT2) AND 8
300 Y=Y*2
310 X=X+Y
320 OUT PORT3,3
330 OUT PORT3,2
    
```

```

340 Y=INP(PORT2) AND 8
350 X=X+Y
360 OUT PORT3,3
370 OUT PORT3,2
380 Y=INP(PORT2) AND 8
390 Y=Y/2
400 X=X+Y
410 OUT PORT3,3
420 OUT PORT3,2
430 Y=INP(PORT2) AND 8
440 Y=Y/4
450 X=X+Y
460 OUT PORT3,3
470 OUT PORT3,2
480 Y=INP(PORT2) AND 8
490 Y=Y/8
500 X=X+Y
510 OUT PORT3,3
520 X=X*2
530 OUT PORT3,1
540 X=X-69
550 X=10000\X
560 LOCATE 10,30
570 IF X<25 THEN PRINT " "
580 IF X<25 GOTO 80
590 PRINT X
600 GOTO 80
610 LOCATE 5,26
620 PRINT "NPN TRANSISTOR"
630 RETURN
640 LOCATE 5,26
650 PRINT "PNP TRANSISTOR"
660 RETURN
    
```

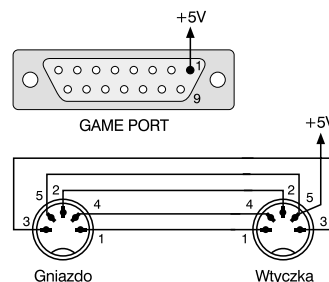
Większość niewielkich rozmiarów tranzystorów można będzie bez trudu w takie gniazda wstawiać, natomiast w przypadku tranzystorów dużej mocy, SMD lub innych, w „dziwnie“ pod względem mechanicznym rozwiązanych obudowach trzeba będzie stosować przewody.

Połączenie z komputerem można wykonać łącząc kabel bezpośrednio z płytką, ale estetyczniej będzie wyposażyć obudowę w gniazdo i wykonać odpowiedni kabel. Można tu wykorzystać np. 5-kontaktowe gniazdo DIN (180°) - do łączenia z portem równoległym - oraz 4mm gniazdo do doprowadzenia napięcia zasilania. Schemat połączeń przedstawiony na rys. 6 zakłada takie właśnie rozwiązanie.

Sposób połączenia testera z portem równoległym przedstawia rys. 7. Długość kabla nie powinna przekraczać 2 m. Można go wykonać używając czterozłotowego kabla ekranowanego lub kabla taśmowego (łatwiejsze w realizacji). Kabel należy zakończyć od strony komputera 25-kontaktowym męskim wtykiem D, z drugiej zaś strony 5-kontaktowym wtykiem DIN (180°).

Jeśli komputer posiada niewykorzystywany port gier, do doprowadzenia zasilania do testera najprościej jest wykorzystać ten właśnie port. Podłączenie wymaga użycia 25-kontaktowego męskiego wtyku D, a napięcie +5V wyprowadzone jest na kontakt 1 (rys. 8).

Rozwiązanie alternatywne polega na wykorzystaniu napięcia +5V obecnego w gnieździe klawiatury. W handlu dostępne są nawet takie kable, ale jego wykonanie we własnym zakresie nie powinno nastęrczać trudności. Wystarczy w tym celu wykonać krótki dodatkowy przewód, przedstawiony w dolnej części rys. 8, i wyprowadzić napięcie



Rys. 8. Sposób wyprowadzenia napięcia +5V z portu gier lub gniazda klawiatury komputera PC.

+5V z wtyku. Kabel należy zakończyć z jednej strony 5-kontaktowym gniazdem DIN, z drugiej zaś - takim samym wtykiem.

### Oprogramowanie

Przeważająca część programu, którego wydruk znajduje się obok (list. 1), dotyczy odczytu wyniku konwersji, co ze względu na szeregową transmisję ośmiu bitów danych jest procesem stosunkowo złożonym. Adresy przypisane na początku programu zmiennym *Port1*, *Port2* i *Port3* dotyczą portu równoległego o adresie bazowym &H278 i należy je zmienić w przypadku portów o adresach &H378 lub &H3BC.

Wiersze programu od numerach 50 do 70 zapewniają wychyszczenie ekranu i wyprowadzenie komunikatu „*Współczynnik wzmocnienia prądowego*“ („*DC CURRENT GAIN*“). Następnie linie portu zostają skonfigurowane jako linie wejściowe i odczytywany jest stan portu. Dwie

następne linie stanowią test, czy odczytana wartość jest większa czy mniejsza od 127 (wartość D7 odpowiednio 1 lub 0), a każdy z wyników porównania powoduje wywołanie innego podprogramu. Podprogramy te wyprowadzają w górnej części ekranu komunikat „*TRANZYSTOR PNP*“ lub „*TRANZYSTOR NPN*“.

Następnie jest wykonywany długi podprogram odczytujący szeregowo kolejne bity wyniku konwersji i transformujący je do postaci pojedynczego bajtu. Po zakończeniu tej operacji wynik zostaje pomnożony przez dwa (linia 520), po czym zostaje od niego odjęta wartość 69, co odpowiada pomniejszeniu mierzonego napięcia o spadek 0,7V, występujący między bazą i emitertem (linia 540). W wyniku otrzymuje się wartość natężenia prądu bazy, wyrażoną w mikroamperach. Podzielenie wartości natężenia prądu kolektora (10000µA) przez wynik poprzedniej operacji daje wartość współczynnika wzmocnienia prądowego badanego tranzystora (linia 550). Zastosowano tu dzielenie całkowite, co pozwala uniknąć przecinka dziesiętnego i niewiele wnoszących cyfr znajdujących się po przecinku.

Teoretycznie układ umożliwia pomiar małych współczynników wzmocnienia, sięgających nawet 20, jednak zastosowane rozwiązania układowe sprawiają, że wyniki są wiarygodne tylko dla współczynników wzmocnienia prądowego powyżej 25. Linie 560-580 blokują wyprowadzanie wyniku jeśli jest on mniejszy od 25. Wyniki nie mniejsze niż 25 są wyprowadzane na ekran (linia 590). Następnie program powraca do linii 80, po czym odczytywane są kolejne wyniki pomiaru. Program nie został wyposażony w opcję wyjścia, i zakończenie jego pracy należy wymuszać naciskając klawisze CTRL-Break.

### Uruchomienie i eksploatacja

Urządzenie nie zapewni prawidłowych wyników pomiarów jeśli potencjometry VR1 i VR2 nie zostaną poprawnie ustawione. Po wstawieniu w gniazda odpowiedniego tranzystora należy zmierzyć

multimetrem spadek napięcia na rezystorze R3. Regulując potencjometrem VR1 uzyskać odczyt 1V. Następnie podłączyć multimetr do końcówek rezystora R11 i regulując potencjometrem VR2 uzyskać wskazanie 1V. Układ jest teraz gotowy do eksploatacji.

Jeśli urządzenie jest włączone, ale w żadne w gniazdo nie został włączony tranzystor, na ekranie nie pojawi się wynik pomiaru współczynnika wzmocnienia. Typ elementu powinien być określony jako *npn*. Wstawienie kolejno kilku różnych tranzystorów *npn* powinno przynieść rozsądne wyniki pomiarów. Wstawienie tranzystora typu *pnp* powinno przynieść zmianę komunikatu określającego typ tranzystora oraz nową wartość wyniku pomiaru.

Jeśli wyniki pomiaru współczynników wzmocnienia wydają się prawidłowe, ale nie następuje zmiana komunikatu o typie tranzystora, oznacza to, że port komputera nie jest dwukierunkowy. W takiej sytuacji można pozostawić w układzie elementy R16, R17 i TR3, chociaż bezpieczniejsze może być ich wylutowanie.

### Tranzystory dużej mocy

Choć pomiar jest przeprowadzany przy stosunkowo dużej wartości natężenia prądu kolektora (10mA), to jednak w przypadku tranzystorów dużej mocy jest to wartość dosyć mała. W takich sytuacjach należy liczyć się z możliwością, że wynik pomiaru będzie nieco mniejszy niż wartość współczynnika wzmocnienia prądowego w praktycznym układzie.

8-bitowy przetwornik A/C zapewnia całkiem dobrą rozdzielczość, ponieważ jednak mierzone jest natężenie prądu bazy, a nie kolektora, rozdzielczość jest lepsza w dolnej części zakresu i gorsza w wyższej. Wydaje się jednak, że jest ona mimo wszystko wystarczająca - dla współczynnika wzmocnienia około 200 wynosi 4, a dla współczynnika około 500 - 25.

**Robert Penfold, EPE**

*Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją miesięcznika "Everyday Practical Electronics".*