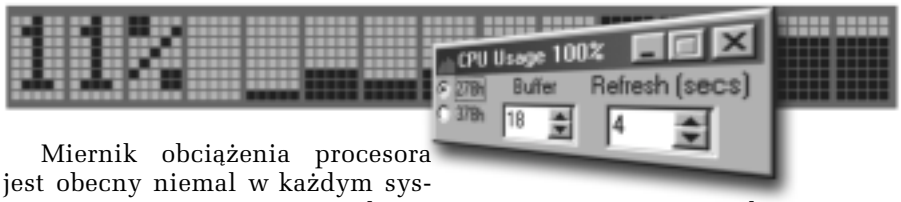
CPU-meter

AVT-572

Pracując na komputerze, zastanawiamy się czasami „dlaczego on tak wolno chodzi“? Procesor jest jakby nie było nie najgorszy, a wszystko tak przeraźliwie się ślimaczy. Zapominamy przy tym, że mamy otwarte wiele aplikacji, z których każda przez cały czas obciąża CPU. Możemy w celu kontroli włączyć systemowy miernik zasobów, ale on przecież też obciąży nasz procesor. Poza tym okno wyników programu przesłoni nam cenny obszar roboczy monitora. A może by tak jakoś inaczej uzyskać informację o obciążeniu CPU? ***Rekomendacje:*** *dla osób chcących rozbudować swój komputer o prosty, lecz efektowny wskaźnik obciążenia, będący również bazą do dalszych eksperymentów.*



Miernik obciążenia procesora jest obecny niemal w każdym systemie operacyjnym, często bywa wręcz zintegrowany z powłoką, jak w przypadku Sun Solaris. Popularne Windowsy również standardowo wyposażone są w Monitor Systemu i Miernik Zasobów. W niniejszym artykule proponujemy pewną alternatywę dla typowego, programowego wyświetlania czasu zajętości procesora, przez przeniesienie aktualnego wskazania wraz z wykresem na zewnątrz komputera. Idealnym rozwiązaniem wydaje się zastosowanie do sterowania wyświetlaczem alfanumerycznym LCD powoli odchodzącego w niepamięć interfejsu Centronics. Ma to tym większy sens, że port równoległy bardzo często bywa niewykorzystany - jego rolę przejmuje powoli USB. Całość projektu została przygotowana dla wyświetlaczy LCD kompatybilnych ze standardem HD44780. Wyświetlacze tego typu są aktualnie bardzo popularne i z ich zdobyciem nie ma żadnych problemów. Kluczem obwodu elektrycznego jest więc interfejs portu równoległego z wyświetlaczem. Sposób jego realizacji pokazano na **rys. 1**. Jak widać, schemat nie jest szczególnie skomplikowany, komentarz do niego nie musi być zbyt obszerny.

Budowa

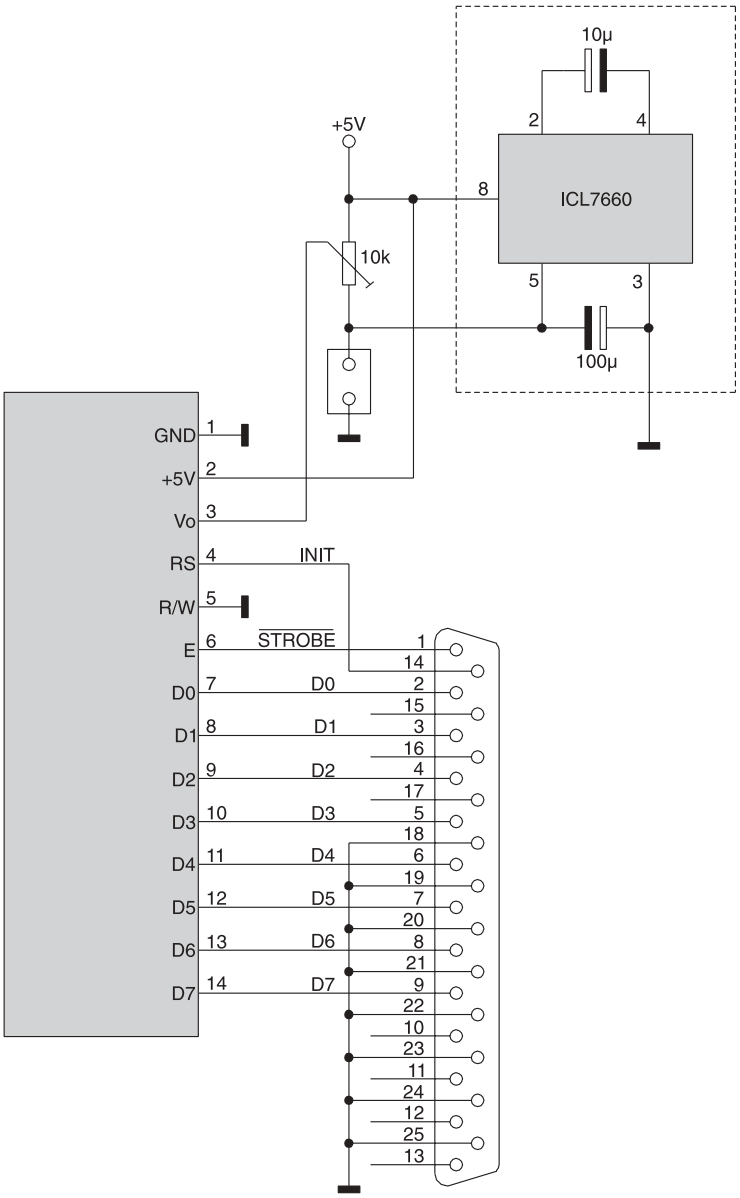
Magistrala danych D0-D7 jest sterowana bezpośrednio przez wyjścia danych portu Centronics. Bit sterujący zapisem i odczytem z wyświetlacza (R/W) został sprzętowo ustawiony na zapis. Powodem tego jest brak możliwości prostego odczytu danych z wyświetlacza, ponieważ z magistrali danych portu równoległego w standardowym trybie SPP nie można czytać. Dlatego implementacja odczytu danych z LCD (w tym również dosyć przydatnej flagi zajętości) bardzo by się skomplikowała, została więc odłożona na przyszłość. Pozostałe bity sterujące pracą wyświetlacza: RS - przełączanie rodzaju informacji na szynie danych (dane/komenda) oraz E - taktowanie, są obsługiwane przez odpowiednie sygnały portu równoległego (INIT oraz STROBE). Standardowy wyświetlacz alfanumeryczny LCD wymaga jeszcze podania dodatkowego napięcia sterującego kontrastem na wejście oznaczone Vo. W niektórych modelach wystarcza napięcie bliskie 0 V, zdarzają się też takie, w których niezbędne jest wręcz napięcie ujemne. W tym celu do obwodu elektrycznego dodany został opcjonalny moduł zasilania -5 V zbudowany w oparciu o przetwornicę ICL7660. Potencjometr 10 kΩ umożliwia płynną regulację napięcia kontrastu pomiędzy -5 V a +5 V. W przypadku pominięcia przetwornicy należy drugi zacisk potencjometru zewrzeć zworką do masy. W tym wypadku oczywiście nie jest możliwa generacja napięć ujemnych.

Po omówieniu prostego w realizacji obwodu elektrycznego pora zająć się „inteligencją“ urządzenia, która oczywiście została zaszyta w oprogramowaniu. Oprogramowanie to można podzielić na dwie części: procedury sterujące wyświetlaczem oraz moduł pomiaru obciążenia procesora.

Program obsługi wyświetlacza

Podstawą obsługi wyświetlacza jest umiejętność programowania poszczególnych sygnałów sterujących. W tym przypadku można to osiągnąć przez pisanie do przestrzeni adresowej portu LPT. Przestrzeń ta rozciąga się przez kilka kolejnych bajtów od adresu bazowego, typowo 278h lub 378h i jest krótko przedstawiona w **tab. 1**.

Podstawową procedurą obsługi portu jest wysłanie danej na port I/O (**list. 1**). Procedura została napisana w Pascalu firmy Borland (np. Turbo Pascal lub Delphi),



Rys. 1. Schemat elektryczny interfejsu do LCD

przy czym wykorzystano możliwość umieszczania wstawek asemblerowych. Parametrami tej procedury są: dana, która ma być wysłana do portu oraz adres I/O, na który dana ta ma zostać wysłana. Dzięki tej procedurze można wysyłać dane lub rozkazy do wyświetlacza. Wysłanie danej od rozkazu różni się *de facto* tylko stanem sygnału sterującego RS, w związku z czym warto zintegrować obie te funkcje w jedną procedurę pokazaną na **list. 2**. Zmienna globalna LPT oznacza adres bazowy wybranego portu.

Jak już stwierdzono wcześniej, działanie portu równoległego w trybie podstawowym nie pozwala na odczyt danej przez magistralę D0...D7. Nie można w związku z tym odczytać statusu sterownika wyświetlacza, a konkretnie czy jest gotowy do przyjęcia kolejnej danej (bit BF). Problem ten rozwiązano w nieco prymitywny, aczkolwiek skuteczny i często stosowany sposób, mianowicie przez zastosowanie opóźnienia o ustalanym programowo czasie. Długość tego opóźnienia można zoptymalizować w ostatniej fazie testów dla konkretnego komputera. Opóźnienie to nie jest jednak obciążeniem dla systemu (nie wliczając inicjalizacji), bowiem jest zrealizowane w Delphi za pomocą timerów, które uaktywniają się tylko w określonych interwałach czasowych.

Za pomocą przytoczonych procedur można łatwo realizować podstawowe funkcje wyświetlacza LCD, takie jak:
- konfiguracja podczas inicjalizacji,
- czyszczenie ekranu,
- powrót kursora,
- przesunięcie,
- definiowanie znaków w CGRAM (niezbędne do realizacji wykresu słupkowego).

Przykłady procedur realizujących powyższe operacje przedstawiono na **list. 3**.

List. 1. Procedura wysyłania znaków do portu LPT

```
procedure prt(portn: word; val: byte);
begin
  asm
    mov al,val
    mov dx,portn
    out dx,al.
  end;
end;
```

Tab. 1. Przestrzeń adresowa portu

Offset	Nazwa	Odczyt/ Zapis	Numer bitu	Opis
Baza+0	Dane	Zapis	7	D7
			6	D6
			5	D5
			4	D4
			3	D3
			2	D2
			1	D1
			0	D0
Baza+1	Status	Odczyt	7	Busy
			6	/Acknowledge
			5	Paper End
			4	Select
			3	/Error
			2	/IRQ
			1	Zarezerwow.
			0	Zarezerwow.
Baza+2	Stero-	Odczyt/	7	Zarezerwow.
	wanie	Zapis	6	Zarezerwow.
			5	Direction
			4	Enable IRQ
			3	/Select In
			2	Initialize
			1	/Autofeed
			0	/Strobe

List. 2. Zmodyfikowana procedura pozwalająca na wysyłanie danych lub instrukcji sterujących do wyświetlacza

```
procedure write_LPT(a: byte; sterowanie:
boolean);
begin
  if sterowanie=TRUE then
  begin
    prt(LPT+$02,$01);  { RS=0, E=0 }
    prt(LPT+$00,a);    { rozkaz }
    prt(LPT+$02,$00);  { RS=0, E=1 }
    prt(LPT+$02,$01);  { RS=0, E=0 }
  end else
  begin
    prt(LPT+$02,$05);  { RS=1, E=0 }
    prt(LPT+$00,a);    { dana }
    prt(LPT+$02,$04);  { RS=1, E=1 }
    prt(LPT+$02,$05);  { RS=1, E=0 }
  end;
end;
```

List. 3. Procedury obsługi wyświetlacza alfanumerycznego LCD

```
procedure
lcd_define(d0,d1,d2,d3,d4,d5,d6,d7:byte);
{ definicja znaku do CGRAM }
begin
  sleep(10);
  write_LPT(d0,FALSE);
  sleep(10);
  write_LPT(d1,FALSE);
  sleep(10);
  write_LPT(d2,FALSE);
  sleep(10);
  write_LPT(d3,FALSE);
  sleep(10);
  write_LPT(d4,FALSE);
  sleep(10);
  write_LPT(d5,FALSE);
  sleep(10);
  write_LPT(d6,FALSE);
  sleep(10);
  write_LPT(d7,FALSE);
  sleep(10);
end;

procedure lcd_init;
{ inicjalizacja wyswietlacza LCD }
begin
  sleep(10);
  write_LPT(32+16+8,TRUE);
  sleep(10);
  write_LPT(16+4,TRUE);
  sleep(10);
  write_LPT(8+4,TRUE);
  sleep(10);
  write_LPT(4+2,TRUE);
  sleep(10);
  write_LPT(1,TRUE);
  sleep(1000);
  write_LPT(64,TRUE);
  sleep(10);
  lcd_define(0,0,0,0,0,0,0,31);
  lcd_define(0,0,0,0,0,0,31,31);
  lcd_define(0,0,0,0,0,31,31,31);
  lcd_define(0,0,0,0,31,31,31,31);
  lcd_define(0,0,0,31,31,31,31,31);
  lcd_define(0,0,31,31,31,31,31,31);
  lcd_define(0,31,31,31,31,31,31,31);
  lcd_define(31,31,31,31,31,31,31,31);
  sleep(10);
end;

procedure lcd_clear;
{ czyszczenie ekranu wyswietlacza }
begin
  write_LPT(1,TRUE);
end;

procedure lcd_home;
{ powrot kursora }
begin
  write_LPT(2,TRUE);
end;

procedure lcd_shift;
{ przesuniecie zawartosci wyswietlacza }
begin
  write_LPT(16+8+4+1,TRUE);
end;
```

Program realizujący pomiar obciążenia CPU

Idea *open-source* w globalnej sieci jest nieprzebranym źródłem pomysłów i niemal gotowych projektów. Dzięki niej udało się prosto i bezboleśnie zrealizować pomiar obciążenia procesora. Kluczem okazał się tutaj gotowy komponent do Delphi realizujący tego typu pomiar. Spośród paru testowanych modułów, najlepiej chyba w tej roli spisał się pakiet Alexeya Dynnikova (aldyn@chat.ru) o nazwie adCPU. Moduł ten jest dostępny jako freeware pod adresem http://www.aldyn.ru/. Instalacja modułu praktycznie ogranicza się do dołączenia pliku źródłowego do projektu. Dostajemy do dyspozycji trzy funkcje do pomiaru obciążenia dowolnego procesora w systemie:

GetCPUCount - zwraca liczbę procesorów w systemie

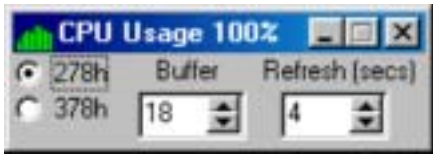
CollectCPUData - zbiera informacje o aktualnym obciążeniu każdego procesora

GetCPUUsage(n) - zwraca poprzednio zebrany pomiar obciążenia dla procesora *n*

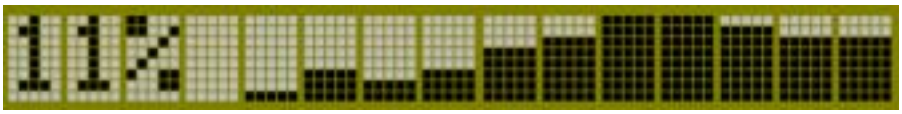
Nie wnikając w zasadę działania procedur autorstwa Alexeya Dynnikova (które można poznać analizując niezbyt długi kod źródłowy), można w prosty sposób zmierzyć obciążenie procesora. Praktyczna realizacja w projekcie Delphi składałaby się z części inicjalizacyjnej oraz okresowo wywoływanej procedury pomiaru i wyświetlania. Kluczem jest cykliczny pomiar wartości obciążenia, który może być wywoływany sygnałem timera. Po zebraniu danych należy również zaktualizować bufor poprzednich wartości w celu stworzenia wykresu. Byłaby to bardzo dobra koncepcja, gdyby nie konieczność stosowania sztywnych opóźnień przy sterowaniu wyświetlaczem. Taki czas bezczynności byłby dużym obciążeniem dla systemu. W związku z tym wprowadzono drugi timer, który z częstotliwością wielokrotnie większą taktuje dane dla wyświetlacza po pomiarze obciążenia. Timer ten jest aktywny przez parę cykli po pomiarze, po czym po przetransmitowaniu całości danych sam się deaktywuje. Realizacja programowa nie jest skomplikowana i można ją natychmiast zrozumieć spojrzawszy w kod źródłowy projektu (kluczowe fragmenty są przedstawione na **list. 4**). Na **rys. 2** przedstawiono wygląd formy surowego projektu w Delphi oraz gotowej aplikacji po skompilowaniu. Jak widać, z poziomu GUI można zmieniać długość bufora (jest to przydatne przy wyświetlaczach o różnej liczbie znaków), adres portu w wąskim zakresie oraz interwał cyklu pomiarowego.

a)

b)



Rys. 2. Interfejs aplikacji sterującej



Rys. 3. Przykładowe wskazanie na wyświetlaczu

Po każdorazowym pomiarze obciążenia procesora aktualizowany jest bufor, w którym znajdują się poprzednie wartości pomiarów. Następnie aktualna wartość pomiaru jest transmitowana do wyświetlacza w postaci numerycznej (np. 56%) oraz poprzednie wartości z bufora w postaci wykresu słupowego (dzięki znakom zdefiniowanym do CGRAM). Przykładowe wskazanie na wyświetlaczu mogłoby więc wyglądać jak na **rys. 3**. Długość wykresu jest oczywiście zależna od długości bufora oraz ilości dostępnych pól na wyświetlaczu.

Jak już wspomniano, kluczowe fragmentu kodu źródłowego projektu przedstawiono na listingu 4. Kod ten zawiera również wiele dodatkowych elementów, które z punktu widzenia tego projektu są mniej istotne, a służą głównie ergonomii użycia aplikacji. Są to m.in. zapamiętywanie i odtwarzanie poprzednich ustawień w pliku *CpuUsage.Ini* oraz formatowanie bufora i tytułu aplikacji. Czytelnicy bardziej zainteresowani stroną programistyczną z pewnością łatwo zrozumieją sens tego kodu i być może wzbogacą go o własne pomysły. Aplikację tę można w prosty sposób rozbudować o kolejne elementy, jak chociażby wyświetlanie innych danych w drugiej linijce wyświetlacza (np. aktualny czas systemowy). Dodatkowo można ją rozbudować o możliwość pracy w systemie wieloprocesorowym, np. przez cykliczne wyświetlanie wskazań dla kolejnych procesorów. W niektórych komputerach również adres portu równoległego nie jest ustawiony na żadną z „historycznych“ war-

List. 4. Kluczowe fragmentu kodu źródłowego projektu

```
{ zmienne globalne }
var
  TestForm: TTestForm;
  buffer: string;
  akt,LPT,bufl: integer;
. . . . . .

procedure TTestForm.TimerTimer(Sender:
TObject);
{ procedura obslugi timera glownego, okres
ustawiany przez uzytkownika }
var   i : Integer;
      j : Double;
      s : string;
begin
   CollectCPUData;
   j := GetCPUUsage(0)*100;
   s := Format(«%1.0f%% «,[j]);
   TestForm.Caption:='CPU Usage «+s;
   Application.Title:='CPU Usage «+s;
   for i := 1 to 4 do buffer[i]:= s[i];
   for i := bufl+6 downto 6 do
       buffer[i]:= buffer[i-1];
   buffer[5]:= chr(trunc(j/13)+8);
   lcd_home;
   akt:= 1;
   Timer1.Enabled:= true;
end;

procedure TTestForm.FormCreate(Sender:
TObject);
{ procedura przy inicjalizacji programu }
var   i : Integer;
      f : TIniFile;
begin
   f := TIniFile.Create(«CpuUsage.Ini»);
   with f do
   begin
       LPT:= ReadInteger(«Configuration»,
                 'Address',$278);
       bufl:= ReadInteger(«Configuration»,
                 'Buffer',20);
       Timer.Interval:= ReadInteger(«Configuration»,
                 'Refresh',5000);
   end;
   akt:= 0;
   lcd_init;
   SpinEdit1.Value:= bufl;
   SpinEdit2.Value:= Timer.Interval div 1000;
   buffer:= «                                    »;
   if LPT = $278 then
       RadioButton1.Checked:= true
   else RadioButton1.Checked:= false;
   if LPT = $378 then
       RadioButton2.Checked:= true
   else RadioButton2.Checked:= false;
   f.Free;
end;

procedure TTestForm.CzasNaZnak(Sender:
TObject);
{ procedura obslugi timera taktowania LCD,
okres np. 10ms }
begin
   if (akt < bufl+6) then
   begin
       write_LPT(ord(buffer[akt]),FALSE);
       akt:=akt+1;
   end else Timer1.Enabled:= false;
end;

procedure TTestForm.set278(Sender: TObject);
{ procedura obslugi przycisku 278h }
begin
   LPT:=$278;
   lcd_init;
end;

procedure TTestForm.set378(Sender: TObject);
{ procedura obslugi przycisku 378h }
begin
   LPT:=$378;
   lcd_init;
end;

procedure TTestForm.buf_change(Sender:
TObject);
{ procedura przy zmianie wartosci SpinEdita
długosci bufora }
begin
   bufl:=SpinEdit1.Value;
end;

procedure TTestForm.refresh_change(Sender:
TObject);
{ procedura przy zmianie wartosci SpinEdita
interwału pomiaru }
begin
   Timer.Interval:= SpinEdit2.Value * 1000;
end;

procedure TTestForm.FormClose(Sender: TObject;
var Action: TCloseAction);
{ procedura przy zakonczeniu aplikacji }
var   f : TIniFile;
begin
   f := TIniFile.Create(«CpuUsage.Ini»);
   with f do
   begin
       WriteInteger(«Configuration»,
                 'Address',LPT);
       WriteInteger(«Configuration»,
                 'Buffer',bufl);
       WriteInteger(«Configuration»,
                 'Refresh',Timer.Interval);
   end;
   f.Free;
end;
```

Tab. 2. Programy do obsługi wyświetlaczy LCD

Nazwa programu	Strona domowa	Plik do pobrania	Uwagi
jaLCDs	http://www.jalcds.de	jalcds31.exe	Pluginy: Jacta Blinken LCD Real System Data
LCD Smartie	http://backupteam.gamepoint.net/smartie	smartie52.zip	
Crystal Control	http://www.crystalfontz.com	cfcc-100.exe	
LCDcenter	http://www.borderfield.com	LCDcenter20.zip	Wymaga DriverLINX Port I/O Driver port95nt.exe

Tab. 3. Nakładki realizujące wykonywanie bezpośrednich operacji I/O w systemach Windows NT, 2000, XP

Nazwa programu	Strona domowa	Plik do pobrania
DriverLINX Port I/O Driver	http://www.sstnet.com/ftp/unsupported/	port95nt.exe
User Port	http://www.embeddedtronics.com/public/Electronics/minidaq/userport/	UserPort.zip

tości 278h lub 378h. W związku z tym sposób ustawiania adresu można również łatwo zmodyfikować. Delphi daje w tym względzie wręcz nieograniczone możliwości.

Można również skorzystać z gotowych programów, których okazuje się być w Internecie całkiem dużo. Programy te są rozwijane od wielu lat, w związku z czym oferują obecnie bardzo duże możliwości wizualizacji. Poza wszelkimi statystykami pracy systemu, programy te często bywają sprzężone z aplikacjami multimedialnymi (np. Winamp) oraz z siecią. W **tab. 2** przedstawiono podsumowanie najpopularniejszych programów obsługujących LCD dostępnych w Internecie. Wszystkie te programy są kompatybilne ze sposobem podłączenia wyświetlacza przedstawionego w tym projekcie, tzn. będą pracowały poprawnie bez żadnych przeróbek elektrycznych. Czasem wymagają jedynie trochę bardziej skomplikowanej konfiguracji.

Niektóre wersje systemu Windows (NT, 2000 oraz XP) chronią operacje zapisu do portu przez program. W systemach tych może się okazać niezbędne zainstalowanie nakładki umożliwiającej wykonywanie bezpośrednich operacji wejścia/wyjścia na portach. Dane dwóch tego typu nakładek na system są przedstawione w **tab. 3**.

Montaż

Montaż i uruchomienie urządzenia nie powinny przysparzać żadnych trudności. Cały układ bez wyświetlacza mieści się wewnątrz obudowy złącza DB25. Otwartą kwestią pozostaje zasilanie, które niestety nie jest wyprowadzone na port Centronics, w związku z czym niezbędne jest dołączenie zasilacza zewnętrznego. Aby tego uniknąć, można zastosować sztuczkę polegającą na podczepieniu się do zasilania komputera na złączu klawiaturowym, Gameport lub USB. W praktyce polecam rzadko wykorzystywany Gameport (zasilanie na wszystkich skrajnych pinach - 1, 8, 9, 15, masa na wyprowadzeniach 4 i 5).

Jarek Paluszyński
jarekp@ict.pwr.wroc.pl

Projekt w Delphi 5 jest dostępny w wersji źródłowej oraz w wersji binarnej.

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: pcb.ep.com.pl oraz na płycie CD-EP5/2004B w katalogu PCB.

WYKAZ ELEMENTÓW

Kondensatory
C1: 10µF/16V
C2: 100µF/16V
Półprzewodniki
U1: ICL7660
Różne
P1: potencjometr montażowy 10kΩ
WYS: wyświetlacz alfanumeryczny 16x1
Wtyk DB25
Zworka