



Politechnika Łódzka

Instytut Elektroniki

# Programowanie Mikrokontrolerów

Wyświetlacz alfanumeryczny oparty na  
sterowniku Hitachi HD44780.

mgr inż. Paweł Poryzała

Zakład Elektroniki Medycznej



# Alfanumeryczny wyświetlacz LCD

---



- Wyświetlacz LCD – zagadnienia:
  - Opis interfejsu i standardu HD44780 (Hitachi),
  - Możliwe organizacje wyświetlacza,
  - Cykl dostępu,
  - Instrukcje,
  - Inicjalizacja,
  - Lista znaków.

# Alfanumeryczny wyświetlacz LCD

---

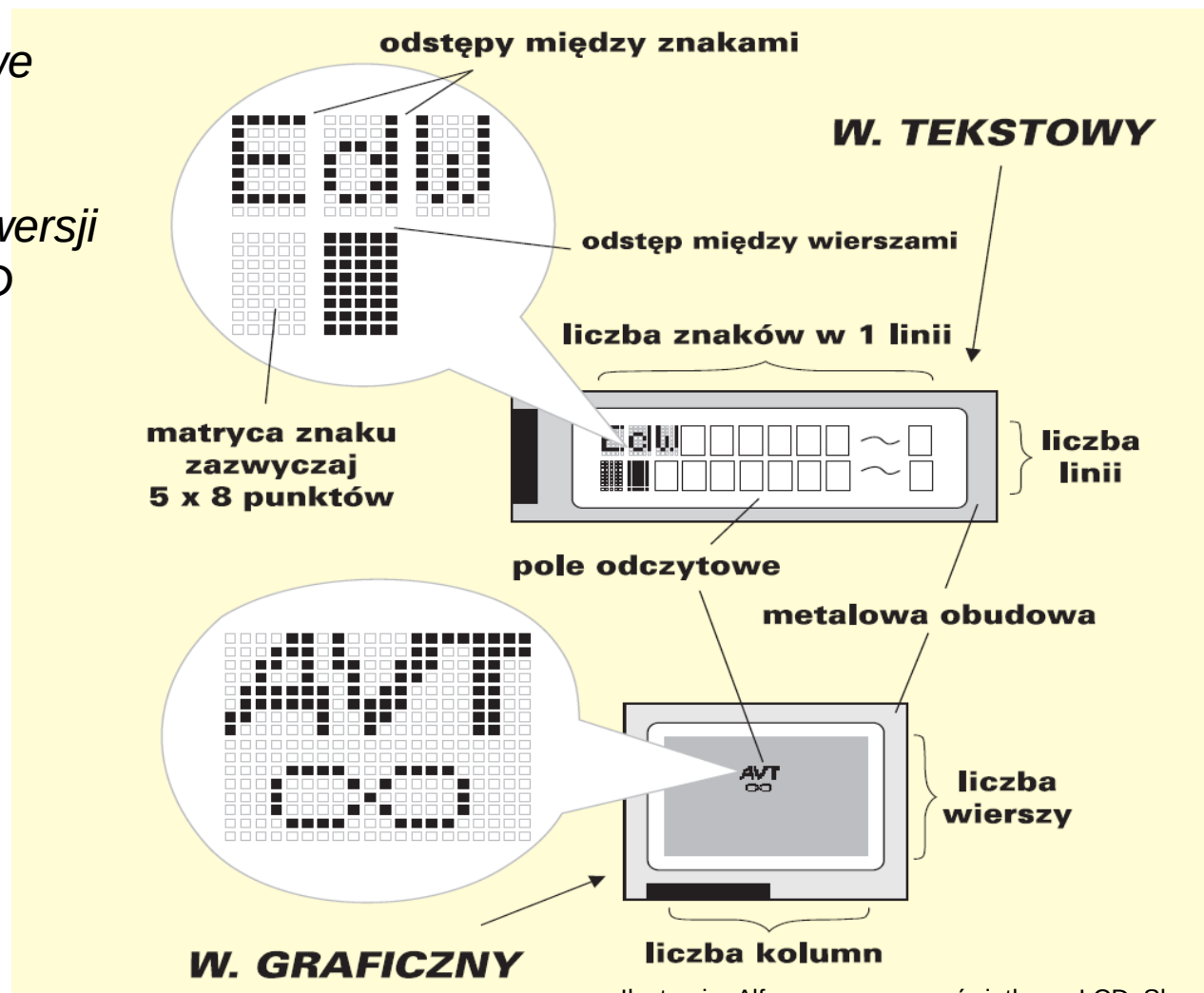


- B. popularny typ wyświetlaczy alfanumerycznych z interfejsem równoległym (8 lub 4 bitowym)
- Wyświetlacz oparty na sterowniku zgodnym z układem HD44780 f. Hitachi
- Maksymalna wielkość 40 x 4 linie
- Minimalna wielkość 8 x 1 linii
- Dwa rozmiary matryc znaków 5x8 oraz 5x10 punktów



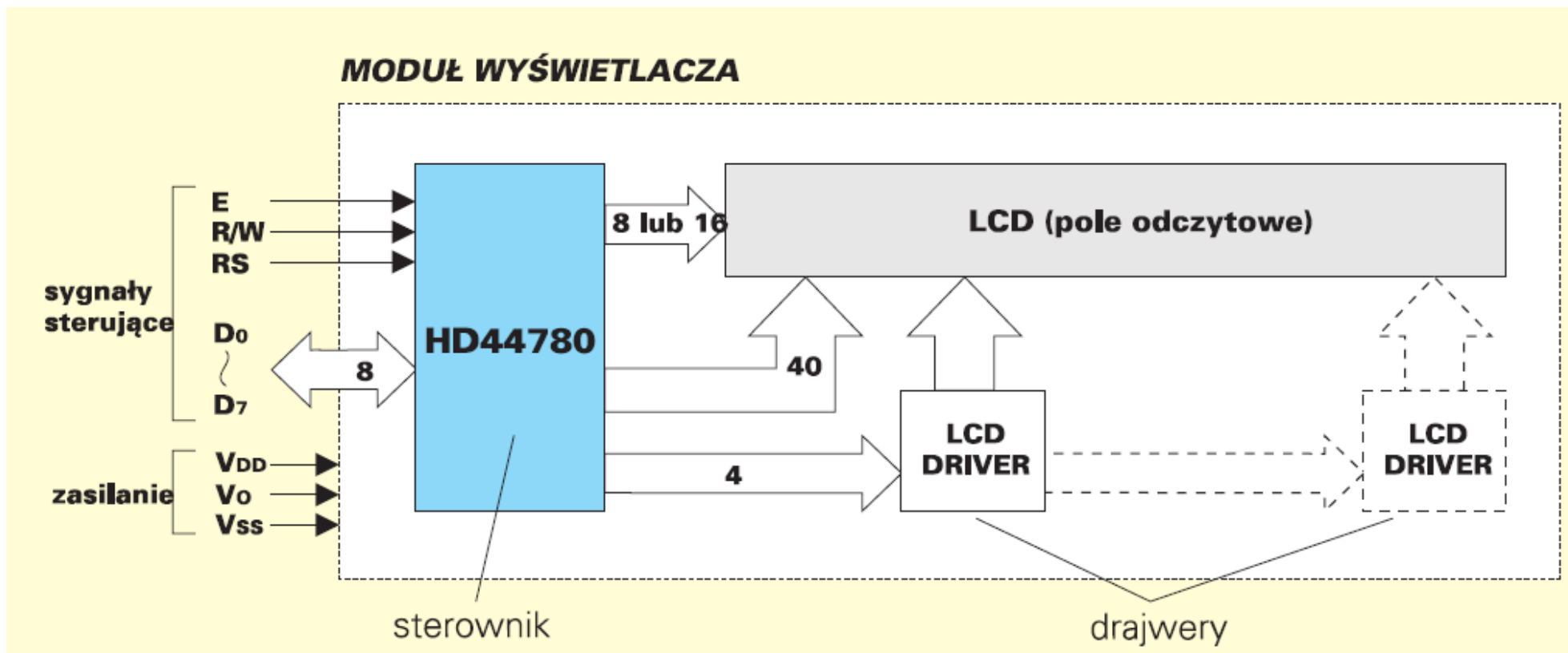
# Wyświetlacz alfanumeryczny / graficzny

*Pole odczytowe  
typowego  
wyświetlacza  
tekstowego i wersji  
graficznej LCD*



Ilustracja: Alfanumeryczne wyświetlacze LCD, Sławomir Surowiński – EdW 11/97

# Schemat blokowy modułu wyświetlacza



Ilustracja: Alfanumeryczne wyświetlacze LCD, Sławomir Surowiński – EdW 11/97

# Sterownik HD44780, dane techniczne

---

- Bufor znaków DDRAM: 80 znaków (80 bajtów),
- Możliwość sterowania za pomocą interfejsu 8 lub 4-bitowego
- Wbudowany generator znaków z pamięcią CGROM:
  - 208 znaków dla matrycy 5x8 punktów,
  - 32 znaki dla matrycy 5x10 punktów.
- Możliwość odczytu danych wpisanych do DDRAM jak i CGRAM
  - 8 znaków dla matrycy 5x8 punktów,
  - 4 znaki dla matrycy 5x10 punktów,
- Szeroka gama instrukcji pomocniczych:
  - Czyszczenie wyświetlacza („Clear Display”),
  - Ustawienie kursora w pozycji początkowej („Cursor Home”),
  - Włączenie / wyłączenie wyświetlania („Display ON/OFF”),
  - Włączenie / wyłączenie kursora („Cursor ON/OFF”),
  - Przesuwanie kursora prawo / lewo („Cursor Chift”),
  - Przesuwanie wyświetlanego tekstu („Display Shift”).
- Automatyczny układ resetowania modułu po włączeniu zasilania.

# Wyprowadzenia modułu wyświetlacza

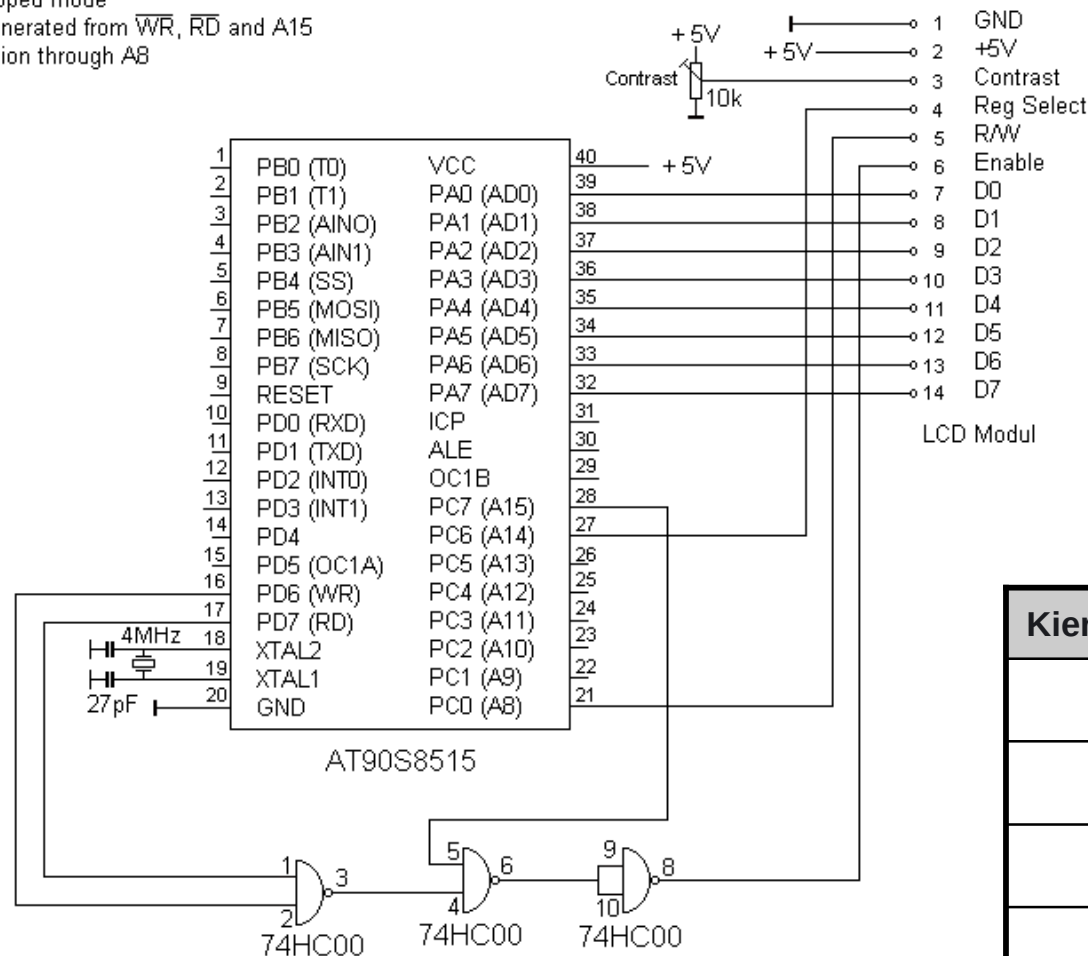
| Numer końcówki | Symbol | Opis          |                                                                            |
|----------------|--------|---------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1              | GND    | Power         | Ground                                                                     |
| 2              | VCC    |               | Power supply for logic circuit                                             |
| 3              | VO     |               | LCD contrast adjustment                                                    |
| 4              | RS     | Control       | Register Select<br>(RS = 0 – INSTRUCTION REGISTER, RS = 1 – DATA REGISTER) |
| 5              | R/W    |               | Read / Write<br>(R/W = 0 – REGISTER WRITE, R/W = 1 – REGISTER READ)        |
| 6              | E      |               | Enable                                                                     |
| 7              | DB0    | Parallel Data | Data Bit 0                                                                 |
| 8              | DB1    |               | Data Bit 1                                                                 |
| 9              | DB2    |               | Data Bit 2                                                                 |
| 10             | DB3    |               | Data Bit 3                                                                 |
| 11             | DB4    |               | Data Bit 4                                                                 |
| 12             | DB5    |               | Data Bit 5                                                                 |
| 13             | DB6    |               | Data Bit 6                                                                 |
| 14             | DB7    |               | Data Bit 7                                                                 |

# Sposób podłączenia do systemu MCU: wyświetlacz mapowany w przestrzeni pamięci

Interfacing a LCD module to AVR AT90S8515

Memory-mapped mode

- E signal generated from  $\overline{WR}$ ,  $\overline{RD}$  and A15
- R/W selection through A8



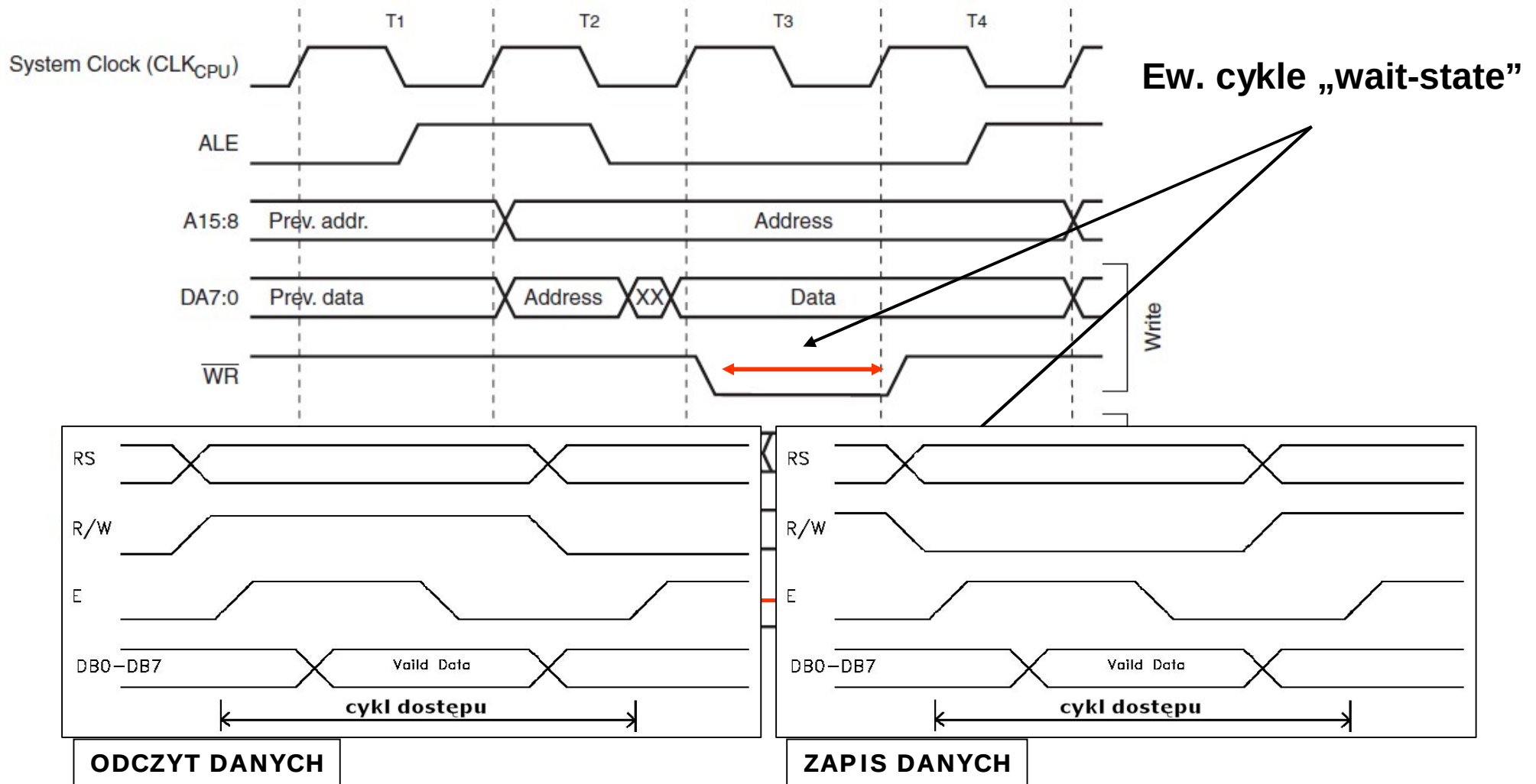
- MCU z wyprowadzoną magistralą zewnętrzej pamięci

| Kierunek danych | Rejestr HD44780      | Adres  |
|-----------------|----------------------|--------|
| Zapis           | Data register        | 0xC000 |
| Zapis           | Instruction register | 0x8000 |
| Odczyt          | Data register        | 0xC100 |
| Odczyt          | Instruction register | 0x8100 |

<http://www.jump.to/fleury>

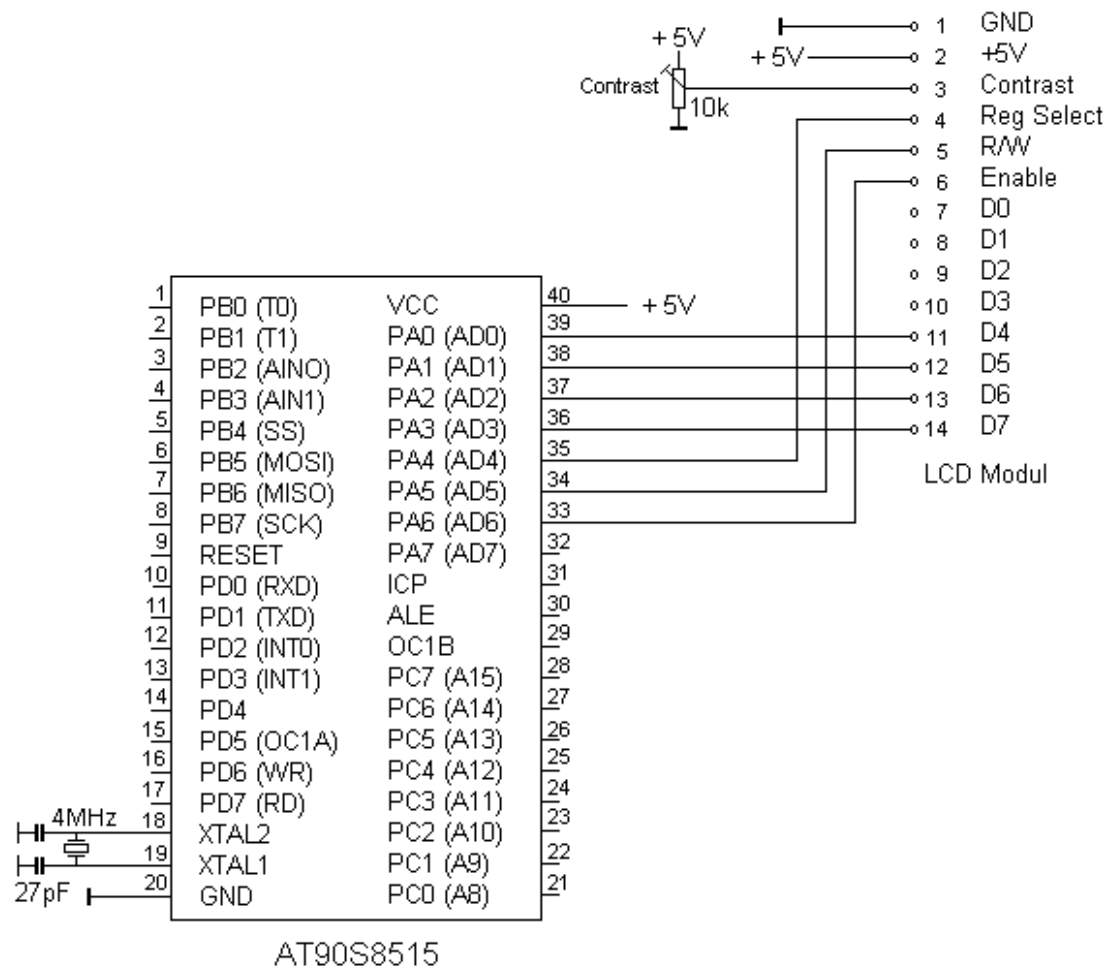


# Sposób podłączenia do systemu MCU: wyświetlacz mapowany w przestrzeni pamięci



# Sposób podłączenia do systemu MCU: magistrala 4-bitowa

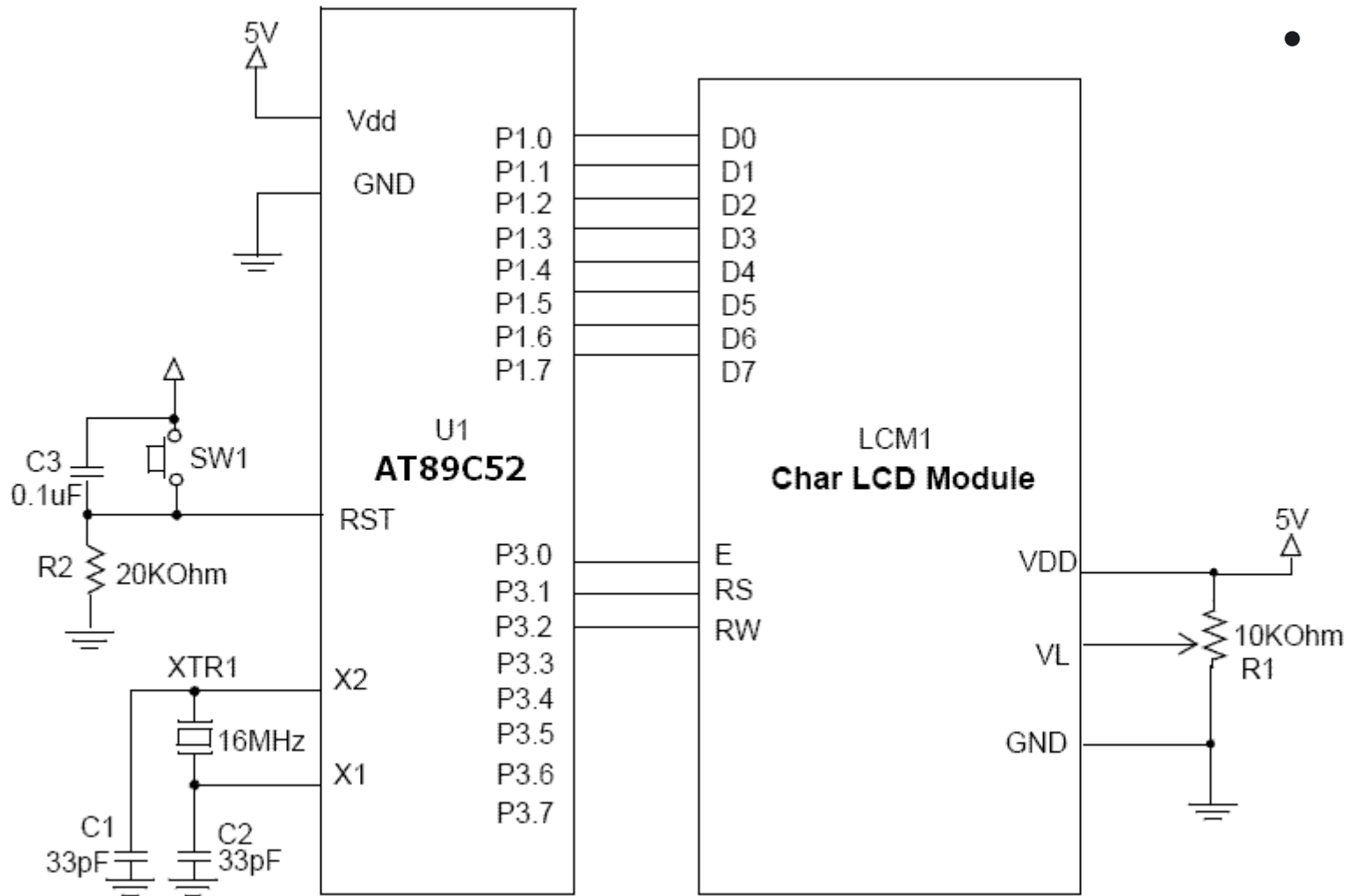
Interfacing a LCD module to an AVR AT90S8515  
4-Bit Interface



- Moduł LCD sterowany z magistrali równoległej, 4-bitowej

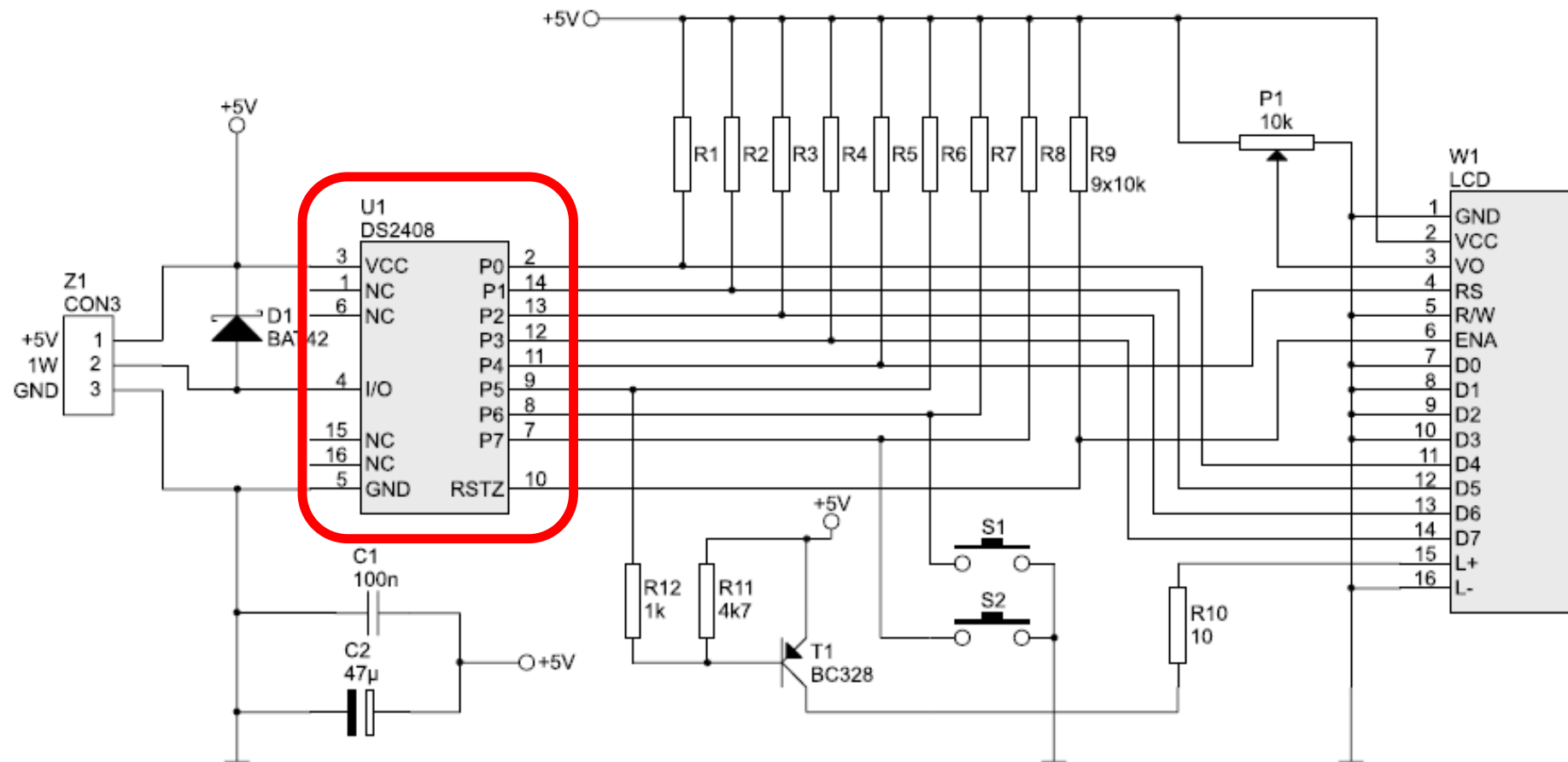
<http://www.jump.to/fleury>

# Sposób podłączenia do systemu MCU: magistrala 8-bitowa



- Moduł LCD sterowany z magistrali równoległej, 8-bitowej

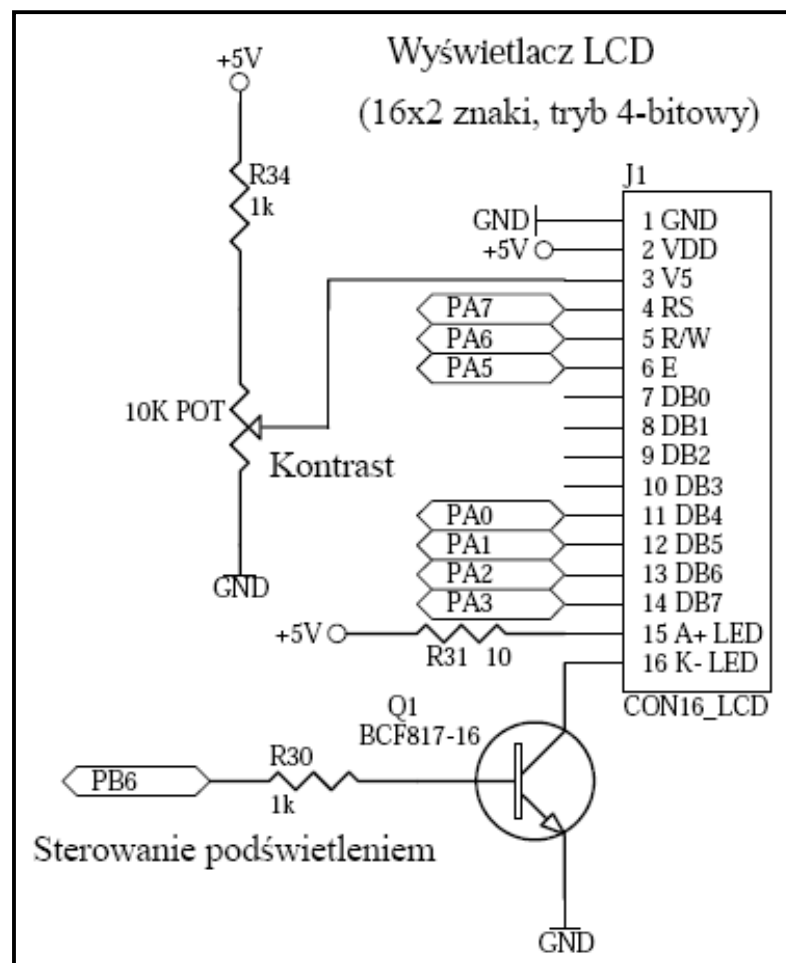
# Sposób podłączenia do systemu MCU: magistrala 1Wire



- Schemat ideowy wyświetlacza z interfejsem 1-Wire

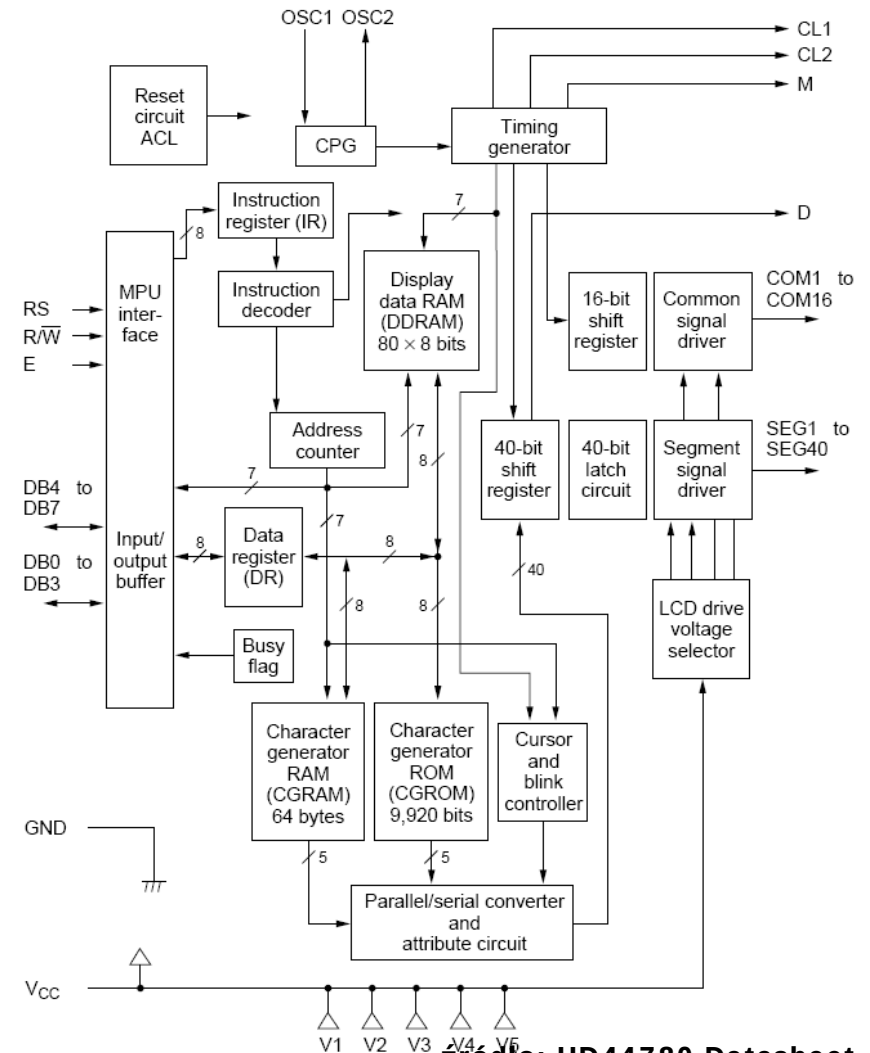
Alfanumeryczny wyświetlacz LCD z interfejsem 1-Wire – EP 5/2005

# Podłączenie w systemie laboratoryjnym



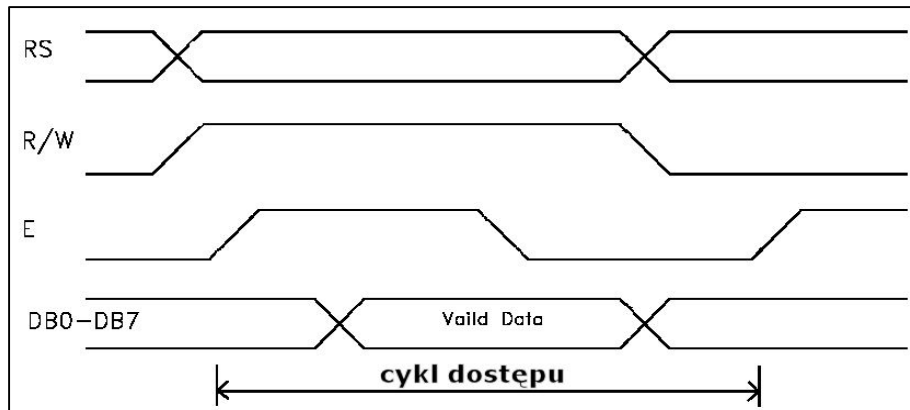
# LCD - sterownik

- Dwa rejestry wewnątrz – danych (DR) i instrukcji (IR):
  - Data Register używany jest do zapisu i odczytu z pamięci DDRAM lub CGRAM
  - Instruction Register używany jest tylko do zapisu instrukcji dla wyświetlacza z uC.
- Do określenia jednego z tych dwu rejestrów (jednocześnie wyboru operacji) używana jest końcówka RS, do określenia kierunku końcówka R/W.

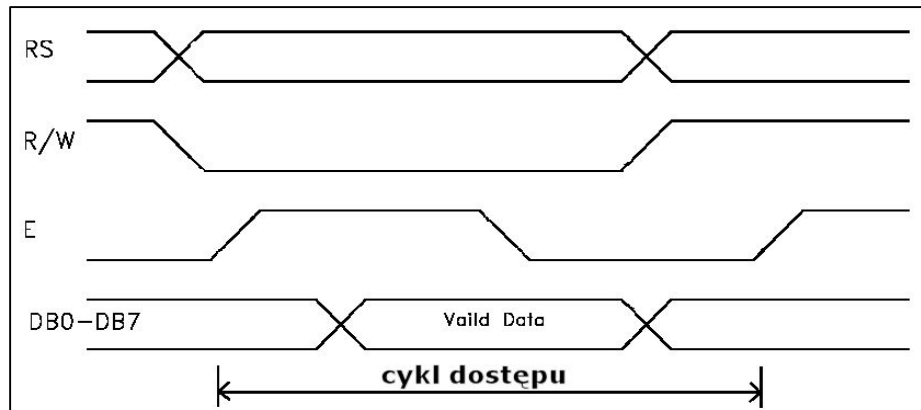


Źródło: HD44780 Datasheet

# LCD – cykle dostępu



**ODCZYT DANYCH**



**ZAPIS DANYCH**

- Konieczność zachowania odpowiedniego porządku cykli dostępu do wyświetlacza,

| RS | R/W | Opis                                                                                       |
|----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| L  | L   | Zapis instrukcji do rejestru Instruction Register sterownika                               |
| L  | H   | Odczyt flagi zajętości (bit DB7) i bieżącego licznika adresu (DB0..6) w DDRAM lub CGRAM    |
| H  | L   | Zapis danych do rejestru Data Register (CGRAM lub DDRAM)                                   |
| H  | H   | Odczyt danych z wyświetlacza (DDRAM lub CGRAM) z pozycji wskazywanej przez wskaźnik adresu |

- Bit E (właściwie opadające zbocze na linii E) zatwierdza kolejne instrukcje.

źródło: GTC-16026-TS6L2C Datasheet

# LCD - lista instrukcji

---

- Dane przekazywane do wyświetlacza to:
  - Instrukcje (rozkazy),
  - Dane do wyświetlenia (kody znaków),
  - Dane do zapisania w pamięci CGRAM (zdefiniowane znaki użytkownika),
- Dane pobierane z wyświetlacza to:
  - Sprawdzanie wewnętrznego statusu (gotowość do wykonania kolejnych rozkazów), bieżącego licznika adresu pamięci DDRAM lub CGRAM
  - Dane odczytywane z pamięci modułu (z pozycji aktualnie wskazywanej przez liczniki adresów).



# LCD - lista instrukcji

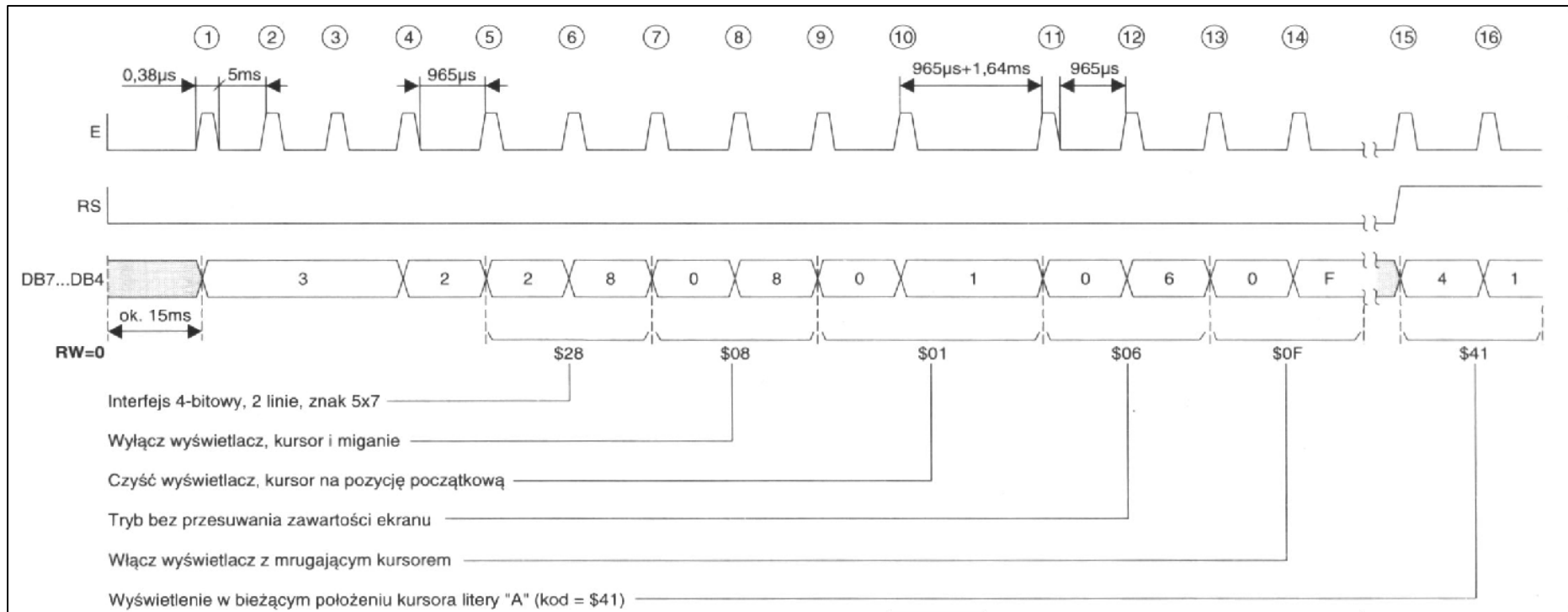
## INSTRUKCJE:

| Instruction                | Instruction code |         |         |         |         |         |         |         |         |         | Description                                                                                                                          | Execution time<br>(fosc=270KHz) |
|----------------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|                            | RS               | R/<br>W | DB<br>7 | DB<br>6 | DB<br>5 | DB<br>4 | DB<br>3 | DB<br>2 | DB<br>1 | DB<br>0 |                                                                                                                                      |                                 |
| Clear Display              | 0                | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | Write 20H to DDRAM and set DDRAM address to 00H from AC                                                                              | 1.53ms                          |
| Return Home                | 0                | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | -       | Set DDRAM address to 00H From AC and return cursor to its Original position if shifted. The contents of DDRAM are not Changed.       | 1.53ms                          |
| Entry Mode Set             | 0                | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | I/D     | SH      | Assign cursor moving direction And enable the shift of entire display.                                                               | 39us                            |
| Display ON/OFF Control     | 0                | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | D       | C       | B       | Set display(D), cursor(C), and blinking of cursor(B) on/off control bit.                                                             | 39us                            |
| Cursor or Display Shift    | 0                | 0       | 0       | 0       | 0       | 1       | S/C     | R/L     | -       | -       | Set cursor moving and display shift control bit, and the direction, without changing of DDRAM data.                                  | 39us                            |
| Function Set               | 0                | 0       | 0       | 0       | 1       | DL      | N       | F       | -       | -       | Set interface data length (DL: 8-bit/4-bit), numbers of display line (N: 2-line/1-line) and, display font type (F: 5x11dots/5x8dots) | 39us                            |
| Set CGRAM Address          | 0                | 0       | 0       | 1       | AC<br>5 | AC<br>4 | AC<br>3 | AC<br>2 | AC<br>1 | AC<br>0 | Set CGRAM address in address Counter.                                                                                                | 39us                            |
| Set DDRAM Address          | 0                | 0       | 1       | AC<br>6 | AC<br>5 | AC<br>4 | AC<br>3 | AC<br>2 | AC<br>1 | AC<br>0 | Set DDRAM address in address Counter.                                                                                                | 39us                            |
| Read Busy Flag and Address | 0                | 1       | BF      | AC<br>6 | AC<br>5 | AC<br>4 | AC<br>3 | AC<br>2 | AC<br>1 | AC<br>0 | Whether during internal operation or not can be known by reading BF. The contents of address counter can also be read.               | 0us                             |
| Write Data to RAM          | 1                | 0       | D7      | D6      | D5      | D4      | D3      | D2      | D1      | D0      | Write data into internal RAM (DDRAM/CGRAM).                                                                                          | 43us                            |
| Read Data from RAM         | 1                | 1       | D7      | D6      | D5      | D4      | D3      | D2      | D1      | D0      | Read data from internal RAM (DDRAM/CGRAM).                                                                                           | 43us                            |

- Clear Display
- Return Home
- Entry Mode Set
- Display ON/OFF
- Cursor or Display Shift
- Function Set
- Set CGRAM Address
- Set DDRAM Address
- Read Busy Flag and Address
- Write Data to RAM
- Read Data from RAM

źródło: GTC-16026-TS6L2C Datasheet

# LCD - inicjalizacja sterownika



- Sekwencja inicjalizująca sterownik wyświetlacza.

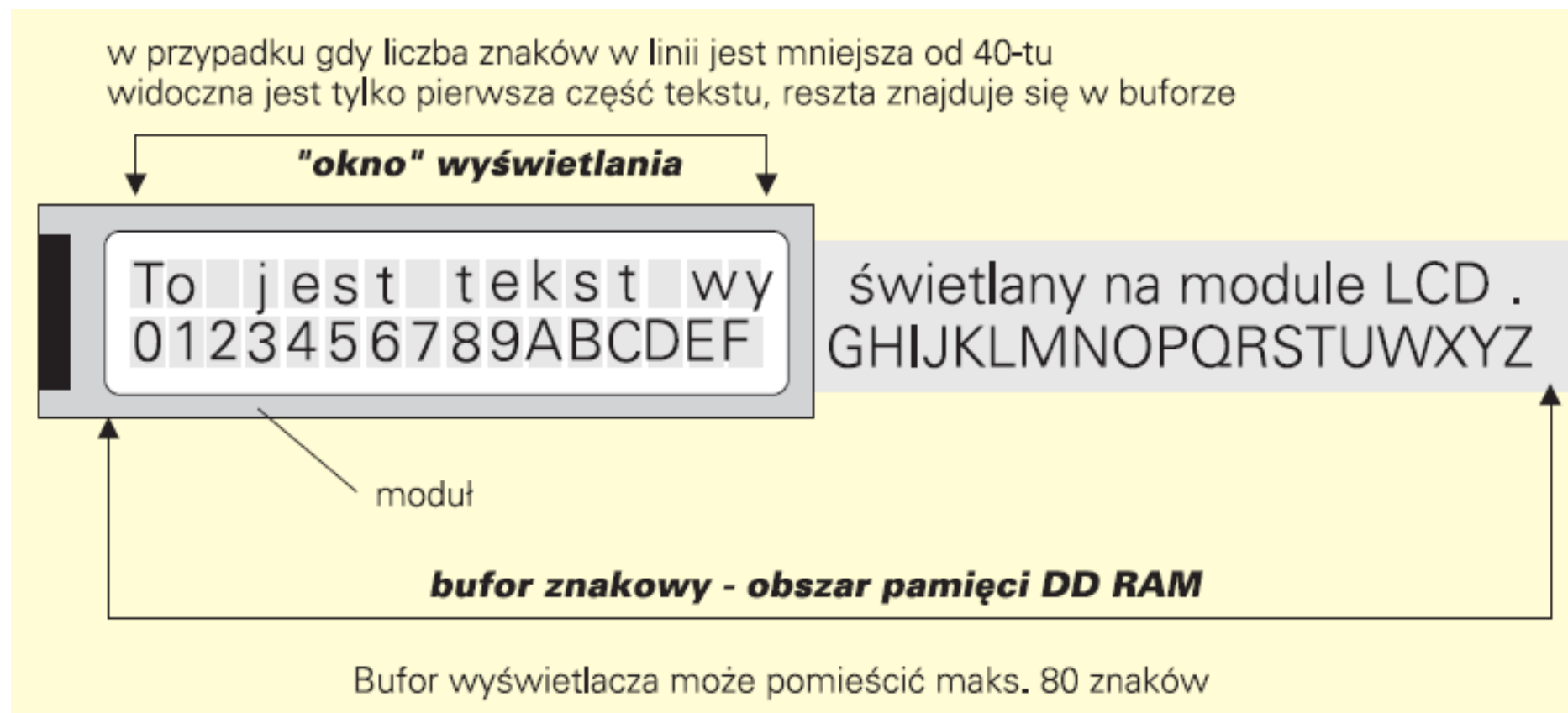
# LCD - struktura pamięci

- Każdy znak na wyświetlaczu (tu o organizacji 2x16) ma odpowiedni adres w pamięci DDRAM,
- Wyświetlenie znaku na wyświetlaczu sprowadza się do wpisania jego kodu na odpowiednią pozycję w pamięci,
- Pozycję ustalamy odpowiednio adresując pamięć DDRAM,
- Alternatywnie można skorzystać z trybu auto-inkrementacji bądź auto-dekrementacji.

| 16 characters * 2 lines |                  |     |     |     |     |       |     |     |
|-------------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|
| Line 1                  | Display position | 1   | 2   | 3   | 4   | ..... | 15  | 16  |
|                         | DDRAM address    | 00H | 01H | 02H | 03H | ..... | 0EH | 0FH |
| Line 2                  | Display position | 1   | 2   | 3   | 4   | ..... | 15  | 16  |
|                         | DDRAM address    | 40H | 41H | 42H | 43H | ..... | 4EH | 4FH |

źródło: GTC-16026-TS6L2C Datasheet

# Bufor znaków DDRAM oraz rzeczywiście wyświetlany tekst



Ilustracja: Alfanumeryczne wyświetlacze LCD, Sławomir Surowiński – EdW 11/97

# LCD - zestaw znaków sterownika

Standard Character Pattern

| Upper<br>bit     |  | LLLL    | LLHL | LLHH | LHLL | LHLH | LHHL | HHLL | HLHL | HHHL | HHLL | HHHL | HHHL | HHHL | HHHL |
|------------------|--|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Lower<br>bit     |  | LLLL    | LLHL | LLHH | LHLL | LHLH | LHHL | HHLL | HLHL | HHHL | HHLL | HHHL | HHHL | HHHL | HHHL |
| CG<br>RAM<br>(1) |  | 00P`P   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| (2)              |  | !1AQa9  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| (3)              |  | "2BRbr  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| (4)              |  | #3CScs  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| (5)              |  | \$4DTdt |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| (6)              |  | %5EUeu  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| (7)              |  | &6FUfu  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| (8)              |  | ?7GWgw  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| (9)              |  | (8HXhx  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| (10)             |  | )9IYiy  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| (11)             |  | *:JZjz  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| (12)             |  | +;K[k<  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| (13)             |  | <L¥ll   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| (14)             |  | =M]m>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| (15)             |  | >N^n~   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| (16)             |  | ?0Lo€   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

- Zawartość pamięci CGROM (Character Generator ROM) generatora znaków,
- Odpowiednio przygotowane matryce dla każdego znaku,
- Znaki wybierane są poprzez podanie odpowiedniego adresu-kodu, (w części zgodnego z ASCII),
- Wyświetlenie znaku to wpisanie jego kodu w odpowiednie miejsce pamięci DDRAM.

źródło: GTC-16026-TS6L2C Datasheet

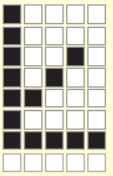
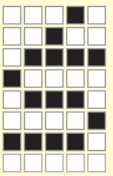
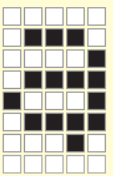
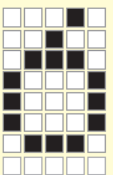
# LCD - dodawanie własnych znaków

| Character Codes<br>(DDRAM data) |   |   |   |     |   |   |   | CGRAM Address |   |   |   |     |   | Character Patterns<br>(CGRAM data) |   |   |   |     |   |   |   |   |   |
|---------------------------------|---|---|---|-----|---|---|---|---------------|---|---|---|-----|---|------------------------------------|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|
| 7                               | 6 | 5 | 4 | 3   | 2 | 1 | 0 | 5             | 4 | 3 | 2 | 1   | 0 | 7                                  | 6 | 5 | 4 | 3   | 2 | 1 | 0 |   |   |
| High                            |   |   |   | Low |   |   |   | High          |   |   |   | Low |   | High                               |   |   |   | Low |   |   |   |   |   |
| 0 0 0 0 * 0 0 0                 |   |   |   |     |   |   |   | 0 0 0         |   |   |   | 0   | 0 | 0                                  |   | * | * | *   | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 0   | 0 | 1                                  |   |   |   |     | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 0   | 1 | 0                                  |   |   |   |     | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 0   | 1 | 1                                  |   |   |   |     | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 1   | 0 | 0                                  |   |   |   |     | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 1   | 0 | 1                                  |   |   |   |     | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 1   | 1 | 0                                  |   |   |   |     | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 1   | 1 | 1                                  | * | * | * | 0   | 0 | 0 | 0 | 0 |   |
| 0 0 0 0 * 0 0 1                 |   |   |   |     |   |   |   | 0 0 1         |   |   |   | 0   | 0 | 0                                  |   | * | * | *   | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 0   | 0 | 1                                  |   |   |   |     | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 0   | 1 | 0                                  |   |   |   |     | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 0   | 1 | 1                                  |   |   |   |     | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 1   | 0 | 0                                  |   |   |   |     | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 1   | 0 | 1                                  |   |   |   |     | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 1   | 1 | 0                                  |   |   |   |     | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 1   | 1 | 1                                  | * | * | * | 0   | 0 | 0 | 0 | 0 |   |
| 0 0 0 0 * 1 1 1                 |   |   |   |     |   |   |   | 1 1 1         |   |   |   | 0   | 0 | 0                                  |   | * | * | *   |   |   |   |   |   |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 0   | 0 | 1                                  |   |   |   |     |   |   |   |   |   |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 1   | 0 | 0                                  |   |   |   |     |   |   |   |   |   |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 1   | 0 | 1                                  |   |   |   |     |   |   |   |   |   |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 1   | 1 | 0                                  |   |   |   |     |   |   |   |   |   |
|                                 |   |   |   |     |   |   |   |               |   |   |   | 1   | 1 | 1                                  | * | * | * |     |   |   |   |   |   |

- Maksymalnie do 8 własnych matryc punktów definiując własne znaki w pamięci CGRAM,
- Konieczność programowania po odłączeniu zasilania (pamięć RAM),
- Znaki są wyświetlane po wysłaniu adresów komórek ich pamięci (kodów) do sterownika.



# LCD - dodawanie własnych znaków

| Projektowana litera | Matryca znaku                                                                       | Dane w CG RAM                                                                                | Adres w CG RAM                                       | Adres znaku w DD RAM |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------|
| Ł                   |    | 00010000<br>00010000<br>00010010<br>00010100<br>00011000<br>00010000<br>00011111<br>00000000 | 00h<br>01h<br>02h<br>03h<br>04h<br>05h<br>06h<br>07h | 00h (08h)            |
| Ś                   |    | 00000010<br>00000100<br>00001111<br>00010000<br>00001110<br>00000001<br>00011110<br>00000000 | 08h<br>09h<br>0Ah<br>0Bh<br>0Ch<br>0Dh<br>0Eh<br>0Fh | 01h (09h)            |
| ą                   |    | 00000000<br>00001110<br>00000001<br>00001111<br>00010001<br>00001111<br>00000010<br>00000000 | 10h<br>11h<br>12h<br>13h<br>14h<br>15h<br>16h<br>17h | 02h (0Ah)            |
| •                   | •                                                                                   | •                                                                                            | •                                                    |                      |
| •                   | •                                                                                   | •                                                                                            | •                                                    |                      |
| •                   | •                                                                                   | •                                                                                            | •                                                    |                      |
| •                   | •                                                                                   | •                                                                                            | •                                                    |                      |
| Ó                   |  | 00000010<br>00000100<br>00001110<br>00010001<br>00010001<br>00010001<br>00001110<br>00000000 | 38h<br>39h<br>3Ah<br>3Bh<br>3Ch<br>3Dh<br>3Eh<br>3Fh | 07h (0Fh)            |

| polski znak | seria 8 kolejnych bajtów (w zapisie dziesiętnym) |
|-------------|--------------------------------------------------|
| ą           | 0, 14, 1, 15, 17, 15, 2, 0                       |
| ć           | 0, 2, 4, 14, 16, 16, 17, 14                      |
| ę           | 0, 14, 17, 31, 16, 14, 2, 0                      |
| ł           | 12, 4, 6, 4, 12, 4, 14, 0                        |
| ń           | 2, 4, 22, 25, 17, 17, 17, 0                      |
| ó           | 2, 4, 14, 17, 17, 17, 14, 0                      |
| ś           | 2, 4, 14, 16, 14, 1, 30, 0                       |
| ż           | 2, 4, 31, 2, 4, 8, 31, 0                         |

| polski znak | seria 8 kolejnych bajtów (w zapisie dziesiętnym) |
|-------------|--------------------------------------------------|
| Ą           | 14, 17, 17, 31, 17, 17, 19, 0                    |
| Ć           | 2, 14, 21, 16, 16, 17, 14, 0                     |
| Ę           | 31, 16, 30, 16, 16, 31, 2, 0                     |
| Ł           | 16, 16, 20, 24, 16, 16, 31, 0                    |
| Ń           | 2, 21, 25, 21, 19, 17, 17, 0                     |
| Ó           | 2, 14, 21, 17, 17, 17, 14, 0                     |
| Ś           | 2, 14, 16, 14, 1, 1, 30, 0                       |
| Ż           | 31, 1, 2, 14, 8, 16, 31, 0                       |

Ilustracja: Alfanumeryczne wyświetlacze LCD, Sławomir Surowiński – EdW 11/97

# LCD – dodatkowe informacje

---

- LCD datasheet
- HD44780 datasheet



- Peter Fleury Online:  
<http://jump.to/fleury>
  - LCD interface: <http://homepage.hispeed.ch/peterfleury/avr-lcd44780.html>
  - LCD library: <http://homepage.hispeed.ch/peterfleury/avr-software.html#libs>
- LCD Info Page:  
<http://www.geocities.com/dinceraydin/lcd/index.html>
  - Character Type LCD Simulator:  
<http://www.geocities.com/dinceraydin/djlcddsim/djlcddsim.html>





**Politechnika Łódzka**

Instytut Elektroniki

Dziękuję za uwagę.

