

# Sterowanie graficznych wyświetlaczy z telefonów komórkowych firmy Nokia, część 1

*Niejednokrotnie konstruując jakieś urządzenie wyposażone w mikrokontroler jednokładowy chcemy wyposażyć je w wyświetlacz LCD. Ze względu na łatwość sterowania i popularność, najczęściej wybór pada na standardowy jedno- lub dwuliniowy wyświetlacz alfanumeryczny. Ma on jednak swoje wady. Najczęściej nie wystarcza on do wyświetlenia wszystkich potrzebnych informacji - jest po prostu za mały. Większe wyświetlacze, np. czteroliniowe, są drogie i zazwyczaj duże. Standardowe matryce graficzne są jeszcze droższe i na dodatek bardziej kłopotliwe w sterowaniu. W artykule przedstawię alternatywne rozwiązanie, polegające na wykorzystaniu we własnych konstrukcjach graficznego wyświetlacza LCD używanego w telefonach komórkowych firmy Nokia.*

Wybrałem ten typ wyświetlacza z kilku powodów. Najważniejszym z nich jest dostępność dokumentacji opisującej zastosowany w nich kontroler oraz jego cenę kompletnego modułu (poniżej 40 zł). Matryca wyświetlacza ma rozdzielczość 84x48 pikseli, co pozwala w trybie tekstowym na wyświetlenie 6 linii tekstu po 14 znaków w każdej z nich. Dodatkowo mamy możliwość łatwego zdefiniowania i wyświetlenia polskich znaków, dowolnej liczby symboli semigraficznych, oraz rysowania i wyświetlania grafiki. Ze względu na małe wymiary modułu - około 40x35 mm (pole widoczne 30x23 mm), przy grubości około 3 mm, wyświetlacze nadają się idealnie do urządzeń przenośnych, dla których istotną zaletą jest również niski pobór prądu wynoszący poniżej 300  $\mu$ A przy napięciu zasilania 3,3 V.

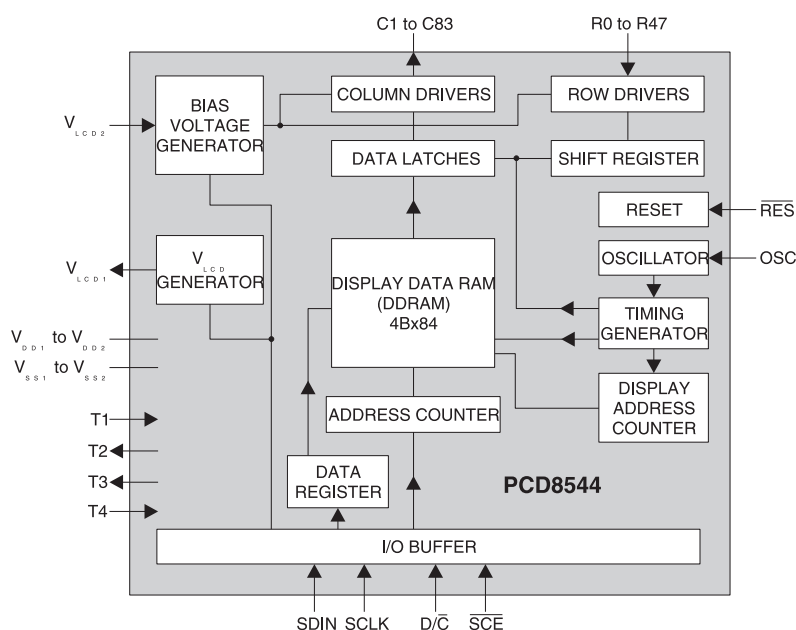
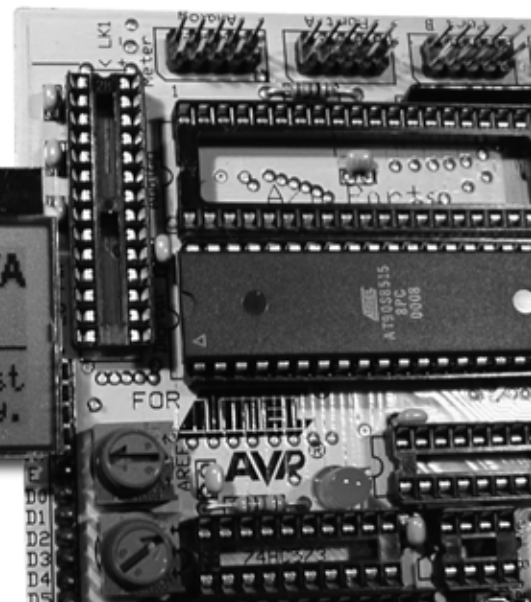
## Charakterystyka sterownika

W większości wyświetlaczy stosowanych w telefonach Nokii zastosowano wyświetlacz z kontrolerem PCD8544 produkowany przez firmę Philips lub jeden z jego odpowiedników. Układ PCD8544 jest kompletnym sterownikiem graficznej matrycy LCD, zawierającym w sobie szeregowy interfejs wejściowy, pamięć RAM wraz z licznikami i układami adresowania kolumn i wierszy, wzmacniacze kolumn i wierszy, generator zegarowy, oraz układ wytwarzania napięć zasilających mat-

ryce LCD wraz z automatyczną kompensacją temperaturową ustawienia kontrastu. W tab. 1 znajdują się podstawowe parametry sterownika, a na rys. 1 jego schemat blokowy.

Wyprowadzenia kontrolera mają następujące funkcje:

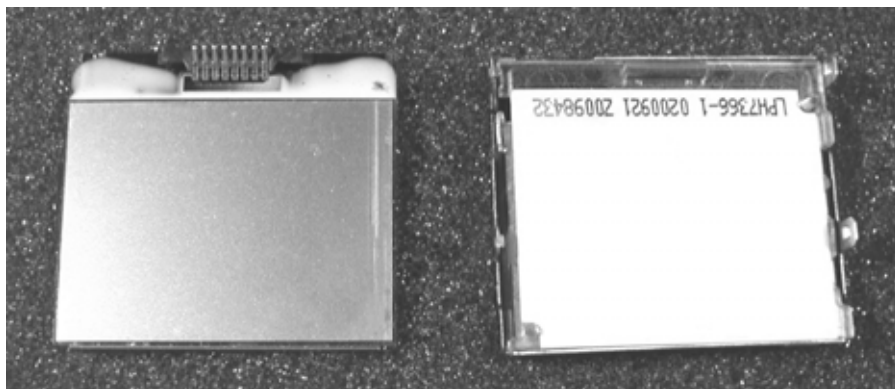
- R0...R47 - wyjścia wierszy do matrycy LCD - podłączone wewnątrz wyświetlacza,
- C1...C83 - wyjścia kolumn do matrycy LCD - podłączone wewnątrz wyświetlacza,
- VSS1, VSS2 - masa zasilania wprowadzona na złącze wyświetlacza,
- VDD1, VDD2 - zasilanie, wyprowadzone na złącze wyświetlacza,
- VLCD1 - wyjście przetwornicy ładunkowej zasilającej sam wyświetlacz -



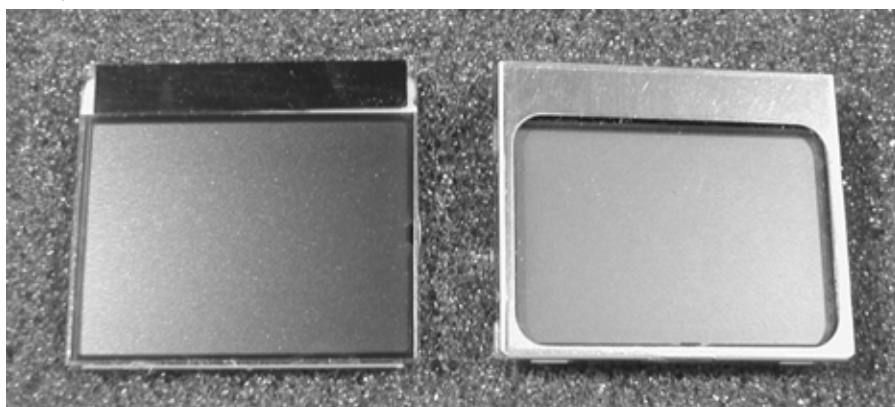
Rys. 1. Schemat blokowy układu PCD8544

połączone z VLCD2 wewnątrz wyświetlacza i wyprowadzone na zewnątrz w postaci styku VOUT,

- VLCD2 - wejście zasilania stopni sterujących matrycą - połączone z VLCD1 wewnątrz wyświetlacza, oraz wyprowadzone na zewnątrz (VOUT) w celu podłączenia kondensatora filtrującego zasilanie matrycy,
- T1...T4 - wyprowadzenia testowe - niedostępne na zewnątrz modułu wyświetlacza,
- SDIN - szeregowo wejście danych,
- SCLK - wejście zegara synchronizującego wprowadzane dane,
- D/C - wejście wyboru trybu wprowadzania danych: H - dane, L - rozkazy,
- SCE - Chip Enable - wejście zezwolenia na wprowadzanie danych (aktywne dla poziomu niskiego),
- RES - sygnał zerowania sterownika (aktywny dla poziomu niskiego),



Fot. 2. Wyświetlacze LPH 7779 (po lewej) i LPH7366 (po prawej) od strony styków przyłączeniowych



Fot. 3. Wyświetlacze LPH 7779 (po lewej) i LPH7366 (po prawej) od strony matrycy LCD

- OSC - wejście zewnętrznego oscylatora (w przypadku wykorzystania wewnętrznego oscylatora musi być podłączone do VDD).

Sterownik ma wbudowany generator zegarowy sterujący wyświetlaniem obrazu na matrycy LCD. Po wpisaniu danych do pamięci kontrolera są one automatycznie wysyłane na wyświetlacz i nie ma potrzeby ich późniejszego odświeżania. Kolejną zaletą PCD8544 jest automatyczna kompensacja temperaturowa, która pozwala na utrzymanie stałego kontrastu wyświetlanego obrazu, niezależnie od temperatury otoczenia. Wbudowana przetwornica pozwala na zasilanie wyświetlacza pojedynczym napięciem VDD oraz na regulację napięcia zasilającego ciekły kryształ, co pozwala na programową regulację kontrastu wyświetlacza.

W tab. 2 znajduje się zestawienie typów wyświetlaczy oraz modeli telefonów, w których wykorzystywane są opisane wyświetlacze.

**Podłączenie wyświetlacza do mikrokontrolera**

Rozmieszczenie wyprowadzeń poszczególnych wyświetlaczy podano w tab. 3, przy założeniu, że patrzymy na wyświetlacz od strony wyprowadzeń i mając wyprowadzenia u góry wyświetlacza (styk numer 1 znajduje się po lewej stronie złącza). W przypadku zastosowania wyświetlaczy z 9-stykowym złączem, wyprowadzenie OSC (styk nr 6) należy połączyć do VDD (styk nr 1).

Typowe zasilanie wyświetlacza wynosi od 2,7 do 3,3 V, lecz według danych katalogowych maksymalne napięcie zasilania może wynosić 5 V. Przeprowadzane przeze mnie próby dowiodą prawidłowej pracy wyświetlacza przy napięciu rzędu 4,5 V - wyższego nie próbowałem. W związku z tym w układach zasilanych z napięcia 5 V zaleca się zasilanie wyświetlacza obniżonym napięciem oraz zastosowanie konwertera poziomów na liniach danych. W najprostszym wykonaniu może to być prosty stabilizator 3,3 V wykorzystujący rezystor i diodę Zenera, a konwersji poziomów na liniach danych można dokonać za pomocą diod lub dzielników rezystancyjnych. Lepszym sposobem jest zastosowanie układu bufora linii zasilanego napięciem 3,3 V z wejściami dopuszczającymi podanie logicznej jedynki o poziomie 5 V. Przykładem takiego bufora jest układ 74LVC245 lub 74LXC245.

Przykładowe sposoby podłączenia wyświetlacza do otoczenia zasilanego napięciem 5 V pokazano na rys. 4. Znajdujący się w układzie kondensator tantalowy 1 µF służy do filtrowania napięcia VLCD pochodzącego z wbudowanej w kontroler przetwornicy, która zasila bufory wyjściowe do matrycy LCD.

Sterowanie wyświetlaczem odbywa się przy pomocy szeregowego interfejsu SPI uzupełnionego dodatkowo dwoma sygnałami: D/C oraz Reset. W sumie do podłączenia takiego wyświetla-

**Tab. 1. Podstawowe parametry sterownika**

Parametr	Min.	Typ.	Maks.	Jednostka
Zalecane napięcie zasilania	2,7	-	3,3	V
Dopuszczalne napięcie zasilania	-0,5	-	+5*	V
Zakres napięć zasilających matrycę	6	-	8,5	V
Pobór prądu	-	240	300	µA
Pobór prądu w trybie Power Down	-	1,5	-	µA
Zakres temperatur podczas pracy	-25	-	+70	°C
Częstotliwość odświeżania wyświetlania	-	67	-	Hz
Czas od załączenia zasilania do podania sygnału RESET	0	-	30	ms
Czas trwania impulsu RESET	100	-	-	ns
Częstotliwość sygnału SCLK	0	-	4	MHz

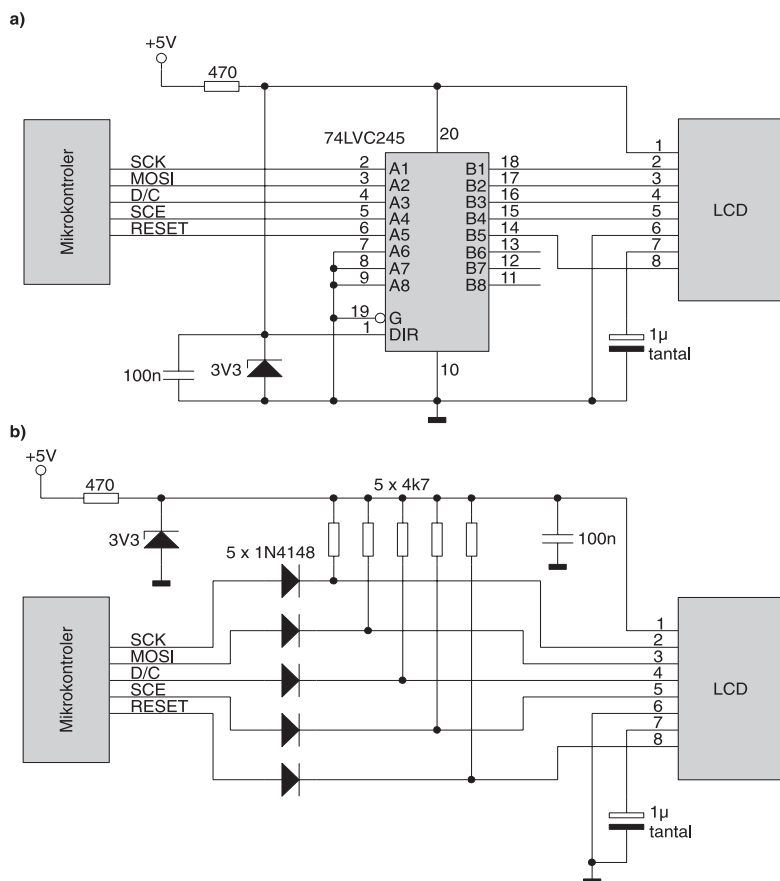
\* - Przy użyciu wewnętrznej przetwornicy dla VLCD

**Tab. 2. Zestawienie typów wyświetlaczy oraz modeli telefonów w których są one wykorzystywane**

Typ LCD	Modele telefonów	Liczba wyprowadzeń	Komentarz
LPH-7366 lub LPH-7666	N5110, N5150, N6110, N6150	9	Wyprowadzenia na gumce przewodzącej, posiada plastikową matówkę do podświetlania diodami LED
LPH-7677 lub LPH-7690	N3210, N6210	8	
LPH-7779	N3310, N3330, N5510	8	Wyprowadzenia na złoconych stykach (moim zdaniem najlepszy wybór)
ECM-A-1091	N8210, N8250	9	Jak LPH-7366

**Tab. 3. Rozmieszczenie wyprowadzeń wyświetlaczy**

Numer styku	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dla 8-stykowych	VDD	SCLK	SDIN	D/C	SCE	GND	VOUT	RES	-
Dla 9-stykowych	VDD	SCLK	SDIN	D/C	SCE	OSC	GND	VOUT	RES



Rys. 4. Sposoby podłączenia wyświetlacza do mikrokontrolera zasilanego napięciem 5 V

cza potrzebne są 4 linie wyjściowe mikrokontrolera oraz sygnał zerujący. Wiele mikrokontrolerów posiada wbudowany sprzętowy interfejs SPI, który możemy wykorzystać do sterowania liniami *SDIN* i *SCLK*. W tym przypadku potrzebne będą jedynie dodatkowe linie dla sygnałów *SCE* (czyli *chip select*) oraz dla *D/C*. Jeśli wybrany mikrokontroler nie posiada sprzętowego interfejsu SPI możemy wykorzystać programową emulację SPI, która jest bardzo prosta w realizacji. W dalszej części artykułu przedstawię przykład takiej procedury.

Maksymalna szybkość zegara synchronizującego wysyłanie danych do wyświetlacza może wynosić 4 MHz, co teoretycznie umożliwia wysłanie całej zawartości ekranu w czasie niewiele przekraczającym 1 milisekundę. W praktyce będzie to kilka razy więcej, lecz i tak bardzo szybko.

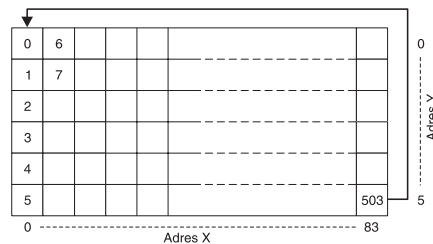
**Organizacja pamięci obrazu**

Pamięć kontrolera zorganizowana jest w 6 banków zawierających po 84 bajty statycznej pamięci RAM (rys. 5). Każdy z banków kontroluje 8 linii wyświetlacza po 84 piksele. Aktualnie używany numer banku zapisany jest w liczniku wierszy (Adres Y), który może przyjmować wartości od 0 do 5. Wykorzystując więc wyświetlacz w trybie tekstowym jeden bank pamięci odwzorowuje nam jedną linię tekstu. Każdy wysłany do wyświetlacza bajt danych odwzorowany jest na wyświetlaczu jako osiem pionowo umieszczonych pikseli, przy czym najwyżej położony piksel odpowiada najmłodszemu bitowi z wysłanego bajtu. Każdy bank pamięci zawiera więc 84 bajty danych, a aktualny numer bajtu adresowany jest poprzez licznik kolumn (Adres X).

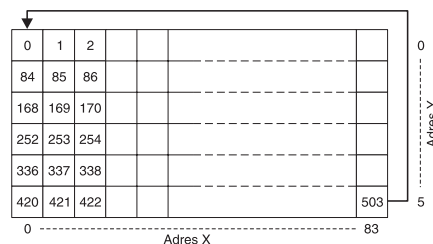
Sterowniki prezentowanych wyświetlaczy nie mają wbudowanego generatora znaków, więc jeśli chcemy wyświetlać



Rys. 5. Organizacja pamięci RAM wyświetlacza



Rys. 6. Sposób zapisu danych przy adresowaniu pionowym



Rys. 7. Sposób zapisu danych przy adresowaniu poziomym

teksty, musimy korzystać z generatora znaków zapisanego w pamięci ROM (Flash) sterującego nimi mikrokontrolera.

Po wysłaniu do wyświetlacza każdego bajtu danych - czyli ośmiu pikseli - sterownik automatycznie zwiększa zawartość liczników kolumn i wierszy, co umożliwia wysyłanie kolejnych danych bez konieczności modyfikacji zawartości liczników kolumn i wierszy po każdym wysłanym bajcie. Sterownik ma dwa tryby adresowania wyświetlacza: pionowy i poziomy, które różnią się kolejnością zapisywania danych do pamięci kontrolera. Wyboru odpowiedniego trybu dokonujemy wysyłając do wyświetlacza komendę *Function Set* z odpowiednio ustawionym bitem DB0. Tryb adresowania możemy w dowolnym momencie zmienić i nie ma to wpływu na zawartość pamięci wyświetlacza.

Przy adresowaniu pionowym (rys. 6) po każdym wysłanym bajcie danych zwiększany jest licznik wierszy, a po osiągnięciu maksymalnej wartości - czyli 5 - jest on zerowany oraz zwiększa się zawartość licznika kolumn. Każde 6 bajtów wysłanych do wyświetlacza tworzy więc jedną pionową linię obrazu biegnącą przez całą wysokość wyświetlacza. Tryb ten jest wygodny podczas rysowania pełnoekranowej grafiki.

Przy adresowaniu poziomym (rys. 7) po każdym wysłanym bajcie danych zwiększany jest stan licznika kolumn, a po osiągnięciu maksymalnej wartości - czyli 83 - jest on zerowany oraz zwiększa się zawartość licznika wierszy. Tryb adresowania poziomego najlepiej jest wykorzystywać do wyświetlania tekstów zakładając wyświetlanie znaków o wysokości 8 pikseli. Przy założeniu - standardowej dla alfanumerycznych wyświetlaczy LCD - wielkości znaku 5x7 pikseli licznik wierszy adresuje jedną z 6 dostępnych linii tekstu, a wyświetlenie jednego znaku polega na wysłaniu do wyświetlacza 6 bajtów pobranych z tablicy generatora znaków. Dokładniej będzie to opisane w drugiej części artykułu.

**Romuald Biały**