

# Technologie wyświetlaczy elektronicznych

*Jeszcze nie tak dawno temu tryumf odniosły wyświetlacze ciekłokrystaliczne i mimo iż są one stosowane masowo, wszystko już wskazuje na to, że w najbliższej przyszłości zostaną one w większości wyparte przez wyświetlacze OLED. Te drugie mają niemal same przewagi nad LCD i wygląda na to, że wystarczy poczekać, by ich ceny odpowiednio spadły, a zdominują rynek.*

Pomimo, że w porównaniu do innych rodzajów wyświetlaczy, takich jak np. VFT czy matryce LED-owe, LCD i OLED wydają się być bardzo do siebie podobne, zjawiska fizyczne w oparciu o które bazują są zupełnie odmienne.

## Budowa wyświetlacza LCD

Podstawowe zasady działania niedużych wyświetlaczy LCD stosowanych w urządzeniach elektronicznych są praktycznie takie same, gdyż bazują na tym samym zjawisku optycznym. Różnią się przede wszystkim wykonaniem i dodatkowymi elementami, które instaluje się by obraz na wyświetlaczu widziany był w ciemnościach, by miał lepszy kontrast lub w celu przyspieszenia jego działania. W efekcie, podstawowe cechy funkcjonalne różniące tego typu wyświetlacze LCD to: wymiary, typ wyświetlanych znaków, liczba dostępnych kolorów i ew. kolor podświetlenia tła. W drugiej kolejności znaczące są: rozdzielczość, jasność, kontrast i kąty widzenia. Ważne są także parametry elektryczno-mechaniczne, takie jak pobór mocy i zakres temperatur pracy.

W przypadku dużych wyświetlaczy istotne mogą być technologie użyte do budowy matrycy: typ zastosowanych ciekłych

kryształów, stopień ich skręcenia pomiędzy warstwami i sposób sterowania poszczególnymi pikselami. Elektronicy wybierający małe LCD będą natomiast interesować się sposobem ich podświetlenia czy też rodzajem zastosowanej obudowy oraz – co ważne – zastosowanym kontrolerem.

## Podstawowe technologie matryc

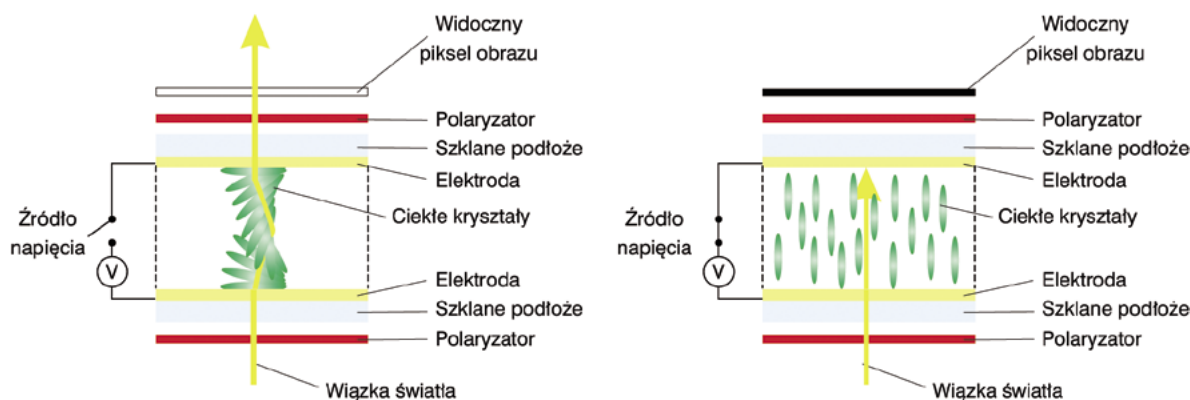
W wyświetlaczach LCD wykorzystywane jest zjawisko zmiany polaryzacji światła przez ciekłe kryształy. Określane są one mianem nematyków (kryształów nematycznych) i stąd często spotykana nazwa: TN – Twisted Nematic. Wyświetlacze te zbudowane są z warstwy ciekłych kryształów, ułożonych pomiędzy dwiema płytkami szklanymi. Płytki oddzielone są od siebie równomiernie rozmieszczonymi, niewielkimi elementami dystansowymi, dzięki którym utrzymywana jest stała odległość pomiędzy nimi. Sam ciekły kryształ składa się z wielu cylindrycznych cząsteczek, które w zależności od ustawienia, zmieniają swoje własności optyczne. Na wewnętrznej stronie płytek szklanych znajdują się przezroczyste elektrody, których układ odpowiada liczbie i kształtowi pikseli lub elementów graficznych, z których każdy może być niezależnie sterowany. Elektrody

mogą być nakładane parami, choć wystarczy, aby tylko po jednej stronie ułożyć je we wzór. Druga grupa elektrod może być ze sobą zwarta. Wewnętrzne powierzchnie szkieł pokryte są warstwą polimerową, uformowaną w taki sposób, że cząsteczki ciekłego kryształu przylegające do jednej ze szklanych płytek ułożone są prostopadłe do cząsteczek znajdujących się przy drugiej warstwie. Cząsteczki znajdujące się pomiędzy obiema warstwami szkła układają się we wstęgę, tak jak na **rysunku 1**. Zewnętrzne strony płytek szklanych pokrywane są filtrami polaryzacyjnymi, nałożonymi prostopadłe do siebie.

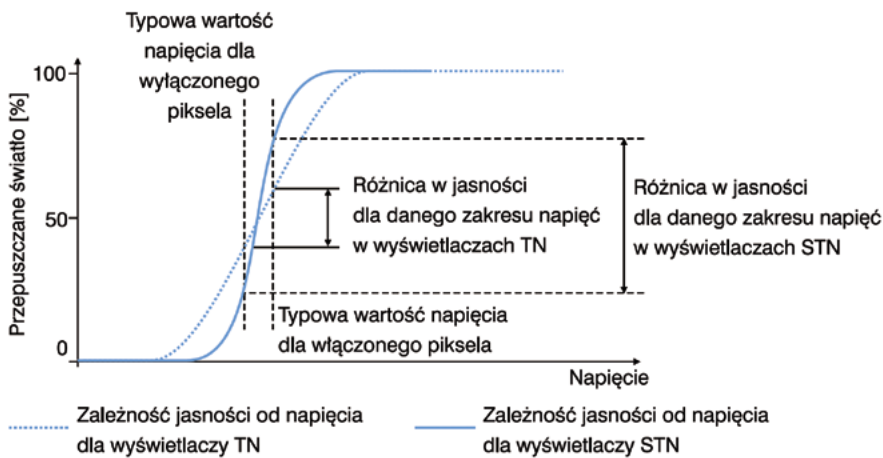
Układ ten sprawia, że światło wpadające z jednej strony jest polaryzowane, a następnie prowadzone pomiędzy cząsteczkami ciekłego kryształu w taki sposób, że gdy trafia na drugi, prostopadły polaryzator, jest przez niego przepuszczane. Stan ten nazywa się wyłączeniem, gdyż dany punkt wyświetlacza jest wtedy najczęściej jasny, tj. ma kolor tła i powstaje przy braku napięcia sterującego.

W przypadku podłączenia napięcia, cząsteczki ciekłego kryształu układają się zgodnie z kierunkiem pola elektrycznego. Powoduje to, że światło spolaryzowane po przejściu przez pierwszy z polaryzatorów przepływa w niezmienionej postaci aż do natrafienia na drugi, prostopadły polaryzator, przez który jest pochłaniane. W efekcie,ysterowany piksel zaciemnia się, tworząc czarny kształt na jasnym tle.

Efekt ten może być odwrócony poprzez równoległe ułożenie obu warstw polaryzatorów. Wtedy w trybie wyłączonym, światło po przejściu przez warstwę ciekłego kryształu jest spolaryzowane prostopadłe w stosun-



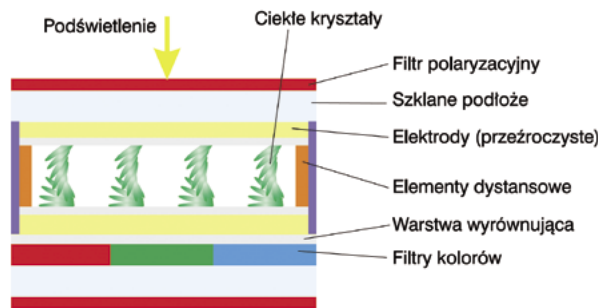
Rysunek 1. Zasada działania matrycy TN



Rysunek 2. Reakcja na sygnał sterujący w wyświetlaczach STN

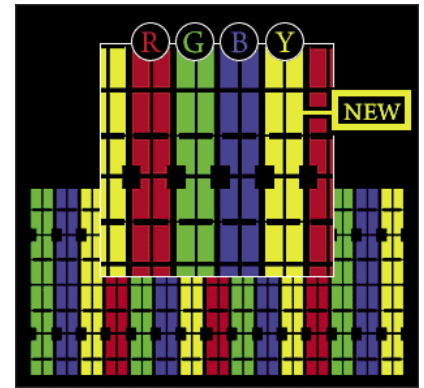
ku do obu polaryzatorów i w związku z tym, wygasza się.

Technologia TN pozwala na tworzenie wyświetlaczy monochromatycznych, w których czarne znaki wyświetlane są na tle, którego kolor zależy od rodzaju zastosowanego podświetlenia. W przypadku braku podświetlenia jest ono najczęściej szare, zielone lub bursztynowe. Klastyczne wyświetlacze TN charakteryzują się niskim kontrastem i małymi kątami widzenia. Prostota wykonania wyświetlaczy Twisted Nematic, ma jednak zaletę – są one bardzo tanie w produkcji. Charakteryzują się niskim poborem mocy – praktycznie nie wymagają przepływu prądu w trakcie wyświetlania statycznego obrazu, a napięcie potrzebne do zmiany ustawienia kryształów wynosi około 1 V.



Rysunek 3. Przekrój przez kolorowy wyświetlacz STN LCD

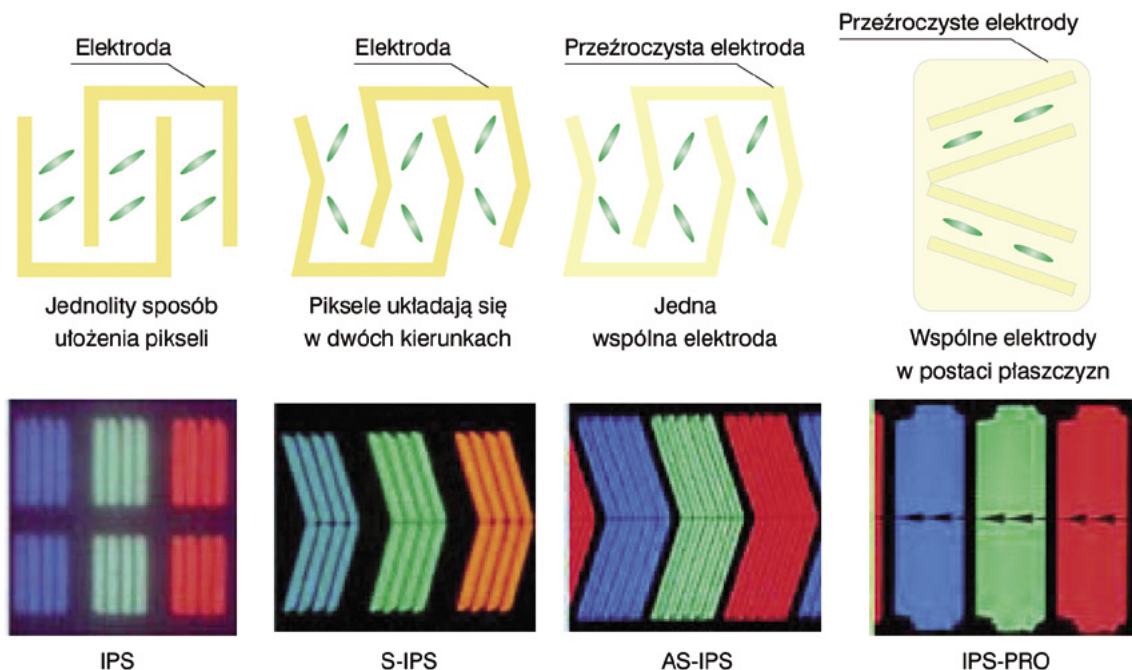
W celu usprawnienia działania wyświetlaczy TN opracowano technologię STN (Super Twisted Nematic). Matryce tego typu zbudowane są podobnie jak TN, z tą różnicą, że kryształy w STN transformują polaryzację przechodzącego przez nie światła o 90–360°, a w praktyce najczęściej w granicach 180–270°. Dzięki temu reakcja na pobudzenie zewnętrzne jest szybsza – mniejsze napięcie powoduje silniejszą reakcję (rysunek 2), czego efektem jest nie tylko możliwość



Rysunek 5. Układ subpikseli w matrycy RGBY

zmniejszenia napięcia sterującego ale także uzyskanie większego kontrastu, niż w wyświetlaczach TN. Istnieją również podwójne i potrójne wyświetlacze STN, w których kąt obrotu wiązki światła jest dwu- lub trzy-krotnie większy.

Kolory w wyświetlaczach LCD uzyskuje się poprzez pokrycie spodniej warstwy szkła kolorowymi filtrami ułożonymi w mozaikę. Światło przechodzące przez nie nabiera konkretnego koloru: czerwonego, zielonego lub niebieskiego, tworząc subpiksele (rysunek 3). Sposób rozmieszczenia subpikseli będzie się różnił w zależności od wybranej technologii. Różnice te uwidaczniają się głównie w przypadku dużych ekranów o dużych rozdzielczościach, stosowanych w monitorach komputerowych i telewizorach (rysunek 4). W przypadku mniejszych wyświetlaczy są one najczęściej rozmieszczone naprzemiennie. Warto też wspomnieć o technologii opracowanej przez firmę Sharp, która stosuje w wyświetlaczach Quattron cztery subpiksele: czerwony, zielony, niebieski i żółty (rysunek 5).



Rysunek 4. Porównanie układu elektrod i wyglądu pikseli w wybranych odmianach technologii produkcji ekranów LCD

## Aktywne i pasywne

Główne kryterium podziału wyświetlaczy LCD dotyczy sposobu sterowania pikselami. Pod tym względem praktycznie wszystkie wyświetlacze LCD można podzielić na dwie grupy, w zależności od sposobu, w jaki podtrzymywany jest wyświetlany na nich obraz. Istnieją, bowiem LCD z pasywną (passive matrix LCD – PMLCD) lub aktywną (active matrix LCD – AMLCD) matrycą, które w praktyce stosuje się w znacząco różnych aplikacjach.

W przypadku tych pierwszych, każdy z pikseli po odświeżeniu jego stanu musi zachować swoją pozycję aż do kolejnego cyklu odświeżenia, jedynie dzięki swej bezwładności. Obecnie coraz częściej stosuje się kryształy bistabilne, które zachowują swoje ustawienie bez potrzeby odświeżania ich stanu. Graficzne PMLCD o układzie prostokątnej macierzy o bokach  $k$  i  $l$  pikseli sterowane są za pomocą  $k+l$  prostopadłe ułożonych linii, które wytwarzają chwilowe pole elektryczne na elektrodach kolejnych pikseli, ustawiając je w odpowiedniej pozycji.

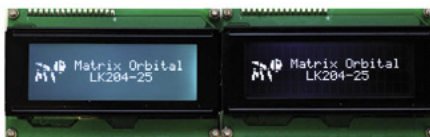
W wyświetlaczach z aktywną matrycą, pomiędzy cyklami odświeżania, stan komórek ciekłych kryształów jest podtrzymywany dzięki odpowiadającym im elementom pamiętającym – najczęściej kondensatorom. Typowym przykładem wyświetlaczy należących do grupy AMLCD są TFT LCD. Zastosowanie tej technologii pozwala na tworzenie wyświetlaczy o dużych rozmiarach, a zarazem o krótkim czasie reakcji na sygnał sterujący. Wyświetlacze LCD wykorzystujące aktywne matryce pozwalają na znacznie szybsze zmiany obrazu niż ich z LCD z matrycami pasywnymi, gdyż można w nich stosować kryształy o małej bezwładności.

## Popularne odmiany

Na rynku dostępnych jest bardzo wiele odmian wyświetlaczy z pasywną matrycą, które powstały celem uzyskania obrazu o jakości zbliżonej do paneli aktywnych. O ile technologie stosowane w wyświetlaczach pasywnych teoretycznie mogłyby być wykorzystywane do wyświetlaczy AMLCD, większość z poniżej opisanych ma zastosowanie tylko w tych pierwszych.

Jedną z takich technologii jest DSTN (Dual Scan STN). Polega ona na podziale wyświetlacza STN na dwa regiony, z których każdy podlega niezależnemu odświeżaniu, w tym samym czasie. Pozwala to uzyskać wyższe częstotliwości odświeżania, a więc i krótsze czasy reakcji na dużych ekranach. W praktyce powoduje też poprawę ostrości obrazu, gdyż przy okazji zmniejsza wymagania co do różnicy napięć sterujących poszczególnymi liniami wyświetlacza.

Ten sam skrót jest niekiedy rozszyfrowywany jako: *Double Layer STN* lub *Double Cell STN*. Odnosi się wtedy do innej tech-



Rysunek 6. Porównanie jakości obrazu na wyświetlaczu FSTN (po lewej) i FFSTN (po prawej)



Rysunek 7. Wyświetlacze FMTM



Rysunek 8. Wyświetlacz typu Multi-Color Twisted Nematic

nologii, która polega na wykorzystaniu dodatkowej warstwy ciekłokrystalicznej, której celem jest poprawa uzyskiwanego koloru, a w przypadku wyświetlaczy czarno-białych – kontrastu. Na każdy piksel lub jednobarwny subpiksel przypadają dwie komórki ciekłych kryształów, ułożone jedna na drugiej ale tylko jedna z nich jest sterowana. Druga skręcona jest przeciwnie do pierwszej, dzięki czemu przechodzące przez nią światło odzyskuje swoje pierwotną barwę. Redukowane są bowiem wszelkie zniekształcenia długości fali, wynikające z dwójłomności zastosowanych ciekłych kryształów. Parametry dwuwarstwowych STN są bardzo zbliżone do klasycznych STN, ale zazwyczaj wyświetlacze Double Cell STN są zauważalnie grubsze.

W ofertach dystrybutorów znacznie częściej znaleźć można wyświetlacze FSTN (Film compensated STN). Ich frontowy polaryzator jest pokryty od strony wewnętrznej warstwą cienkiego filtra, który zmienia kolor wyświetlacza, zwiększając jego kontrast i kąt widzenia. Filtr ten kompensuje efekty związane ze zjawiskiem podwójnego załamania światła, tak samo jak w przypadku wyświetlaczy Double-Cell STN. Jej zastosowanie zwiększa koszt wyświetlacza ale nie aż tak jest Double-Cell STN. W praktyce, zastosowanie filtra sprawia, że zamiast niebieskawych znaków na żółto-zielonym tle możliwe jest uzyskanie czarnych znaków na jasnym, szaro-srebrnym tle. Pozwala to na konstrukcję wyświetlaczy czarno-białych o wysokim kontraście. Możliwe jest też użycie dwóch warstw filtra, dzięki czemu kontrast dodatkowo wzrasta (rysunek 6). Tak zbudowane wyświetlacze określa się mianem FFSTN (Double Film STN).

Czasami, jako alternatywa dla FSTN i FFSTN znaleźć można układy EBN, IBN lub

E-STN, które także cechują się podwyższonym kontrastem lub lepszym odwzorowaniem czerni, ale nie są to obecnie popularne konstrukcje. Inną, ciekawą ale też niezbyt popularną technologią polepszenia jakości obrazu jest ISTN (Improved STN/ Intelligent STN). Polega ona na zastosowaniu jednej warstwy filtra, takiego jak w FSTN i dodatkowej warstwy ciekłych kryształów, tak jak w Dual-Cell STN, jednocześnie. Pozwala uzyskać jakość obrazu zbliżoną do FFSTN.

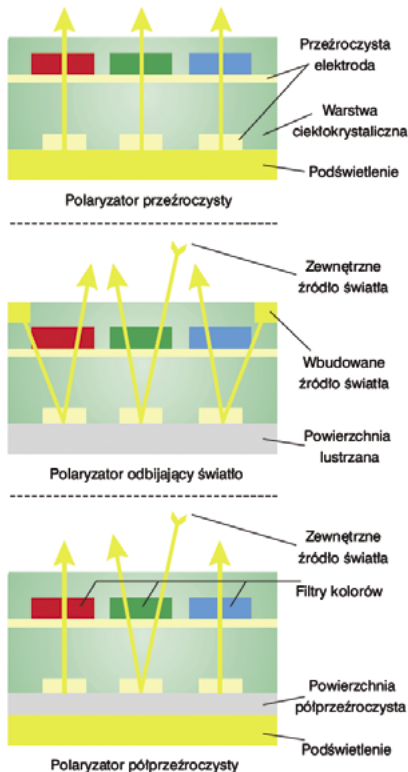
Warto też wspomnieć o rzadkiej, ale stosowanej w lotnictwie technologii FMTM (First Minima Twisted Nematic), która polega na takim ułożeniu warstw monochromatycznego wyświetlacza TN LCD, aby pojawiający się obraz powstawał w miejscu gdzie transmisja światła przez polaryzator jest minimalna. Konkretnie – w pierwszym punkcie minimalnej transmisji światła. Pozwala to uzyskać maksymalny kontrast dla danej technologii, w przypadku wyświetlaczy pozycyjowych (rysunek 7).

Ponieważ wiele pasywnych wyświetlaczy LCD wykonuje się z konkretnym przeznaczeniem, a nie jako uniwersalne moduły, dla uzyskania lepszego efektu od razu można pokryć poszczególne regiony matrycy kolorowymi maskami, ułożonymi zgodnie z życzeniem konstruktora. Wyświetlacze tego typu noszą miano Multi-Color TN (lub Selective Multi-Color TN) i są wykonywane praktycznie tylko na zamówienie, gdyż ułożenia masek nie da się zmienić – ich kształt z góry decyduje o kolorach poszczególnych fragmentów wyświetlacza, a przez to i barwie wyświetlanych na nich znaków. Fragmenty, które mają być zawsze czarne, pokrywane są dodatkowo czarną maską. Przykład takiego wyświetlacza przedstawiono na rysunku 8.

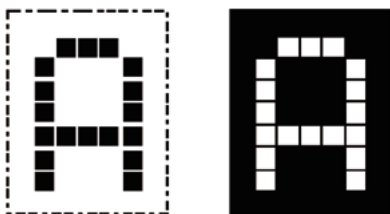
## Podświetlenie a polaryzator

Do budowy wyświetlaczy LCD stosuje się trzy typy filtrów polaryzacyjnych. Różnią się one ilością przepuszczanego i odbijanego światła. Polaryzator frontowy skonstruowany jest tak, by przepuszczać jak najwięcej światła o zgodnej z nim polaryzacji. Polaryzator z tyłu ekranu może być inny.

Zastosowanie polaryzatora odbijającego światło ma sens w sytuacji, gdy brak jest elementu podświetlającego lub też światło otoczenia, w jakim wyświetlacz będzie użytkowany, jest bardzo silne. Polaryzator odbijający zawiera zazwyczaj warstwę polerowanego aluminium, które kieruje spolaryzowane światło otoczenia z powrotem na front wyświetlacza. Wyświetlacze tego typu nie mogą mieć własnego podświetlenia z tyłu, ale istnieje możliwość zamontowania oświetlenia z przodu ekranu (rysunek 9). Wyświetlacze z przezroczystym polaryzatorem tylnym stosowane są w matrycach podświetlanych, najczęściej w wyświetlaczach pracujących w trybie negatywowym. W przypadku wy-



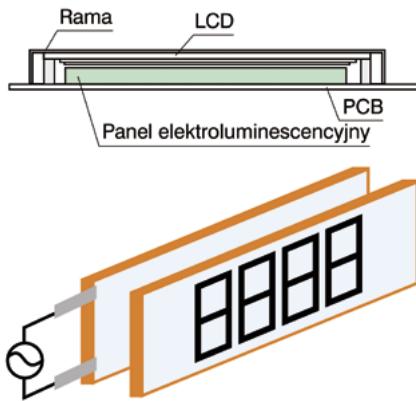
Rysunek 9. Sposób przenikania światła przy zastosowaniu różnych polaryzatorów tylnych



Rysunek 10. Znak na matrycy pozytywowej (po lewej) i negatywowej (po prawej)

łączenia podświetlenia, ich obraz staje się praktycznie niewidoczny.

Istnieją także wyświetlacze z polaryzatorami półprzezroczystymi, które są rozwiązaniem kompromisowym pomiędzy przezroczystymi i odbijającymi światło. Są najbardziej uniwersalne, gdyż pozwalają na pracę z podświetleniem lub bez. W zależności od oświetlenia otoczenia, można w nich włączać i wyłączać podświetlenie, redukując w ten sposób zużycie energii (rysunek 10).



Rysunek 11. Wyświetlacz z podświetleniem elektroluminescencyjnym

### Rodzaje podświetleń

Wyświetlacze LCD, niezależnie od typu matrycy i wielkości, mogą mieć wbudowane podświetlenie lub nie. Brak wbudowanego źródła światła sprawia, że konieczne jest światło otoczenia, które padając na tylną warstwę ekranu, odbija się i przechodzi przez odpowiednio ułożone komórki wyświetlacza, tworząc obraz. O ile jest to rozwiązanie energooszczędne, to w praktyce sprawia, że w ciemności obraz z takiego wyświetlacza będzie zupełnie nieczytelny. Dlatego też stosuje się elementy podświetlające – białe, lub kolorowe.

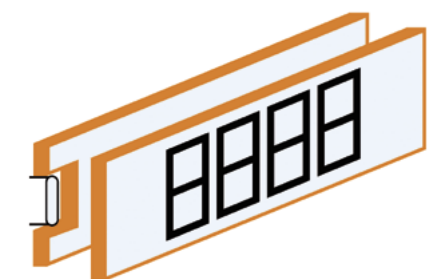
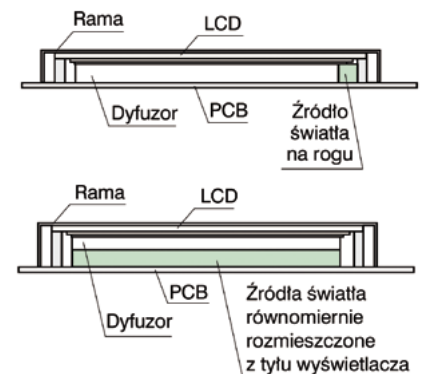
Te pierwsze pozwalają uzyskać biały lub wielokolorowy obraz, zależnie od konstrukcji modułu. Te drugie, stosowane są do tworzenia monochromatycznych wyświetlaczy, przy czym na rynku dostępne są moduły z podświetleniem o sterowanej barwie. Umożliwiają one dostosowywanie koloru całego wyświetlacza, w trakcie jego pracy, do potrzeb użytkownika.

Najstarszym rozwiązaniem jest zastosowanie podświetlenia elektroluminescencyjnego (EL Backlight), na które składają się panele elektroluminescencyjne o wybranym kolorze. Ich zaletą jest niski pobór mocy i niewielkie rozmiary – pokrywają całą powierzchnię wyświetlacza i są bardzo cienkie. Niestety, wymagają napięcia przemiennego rzędu 100 V, o częstotliwości kilkuset herców, w związku z czym ich wykorzystanie pociąga za sobą konieczność wbudowania

w układ odpowiedniego inwertera (rysunek 11). Podświetlacze tego typu charakteryzują się niezbyt długą żywotnością – po mniej więcej 3–5 tys. godzin pracy, ich jasność spada o połowę. W praktyce stosuje się je tylko wtedy, gdy konieczny jest, aby moduł wyświetlacza był bardzo cienki.

Drugą, bardzo popularną i korzystną metodą podświetlenia jest zastosowanie diod LED. Pozwala na uzyskanie bardzo dobrych rezultatów z punktu widzenia jakości obrazu. Diody LED umożliwiają stworzenie jednolitego podświetlenia o praktycznie dowolnej barwie – a w przypadku zastosowania diody kolorowej, także o dobór barwy do potrzeb użytkownika. Diody LED wymagają niskiego napięcia zasilającego i charakteryzują się długą żywotnością, rzędu 50 tys. godzin lub nawet większą. Mogą pracować w szerokim zakresie temperatur, od –30 do 85°C i są praktycznie niewrażliwe na wibracje.

Implementacja podświetlenia diodowego może odbywać się na dwa sposoby – w postaci matrycy diod, ułożonej równoległe do podświetlanej powierzchni, albo na krańcach, z wykorzystaniem elementów pro-



Rysunek 12. Wyświetlacz z podświetleniem LED

Tabela 1. Jakość obrazu wyświetlacza LCD, w zależności od trybu pracy, podświetlenia i zastosowanego polaryzatora

Typ polaryzatora	Typ wyświetlanego obrazu	Opis obrazu	Bardzo słabe oświetlenie	Słabe oświetlenie	Dobre oświetlenie	Bezpośrednie, słoneczne
Odbijający światło	Pozytywowy	Ciemne znaki na jasnym tle	Bardzo słaba	przeciętna	Bardzo dobra	Wspaniała
Półprzezroczysty	Pozytywowy	Ciemne znaki na szarym tle	Bardzo dobra, z podświetleniem	Dobra, z podświetleniem	Dobra, bez podświetlenia	Wspaniała, bez podświetlenia
Półprzezroczysty	Negatywowy	Jasno-szare znaki na ciemnym tle	Bardzo dobra, z podświetleniem	Dobra, z podświetleniem	Średnio dobra, bez podświetlenia	Dobra, z podświetleniem
Przezroczysty	Negatywowy	Znaki koloru podświetlenia na ciemnym tle	Wspaniała, z podświetleniem	Bardzo dobra, bez podświetlenia	Dobra, z podświetleniem	Słaba, z podświetleniem
Przezroczysty	Pozytywowy	Ciemne znaki na tle koloru podświetlenia	Wspaniała, z podświetleniem	Bardzo dobra, z podświetleniem	Dobra, z podświetleniem	Dobra, bez podświetlenia

## WYBÓR KONSTRUKTORA

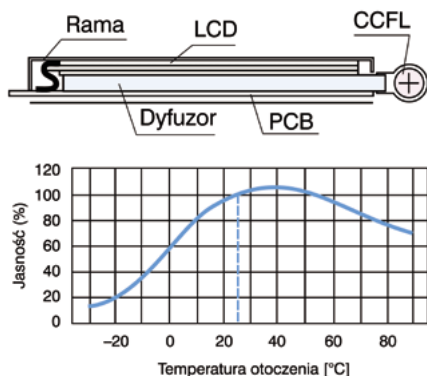
wadzących światło do środka wyświetlacza (rysunek 12). Pierwsza z tych metod pozwala na uzyskanie bardziej równomiernie podświetlonego obrazu, a druga – mniejszego zużycia energii.

Obecnie diody LED są też dominującym źródłem światła w monitorach i telewizorach LCD.

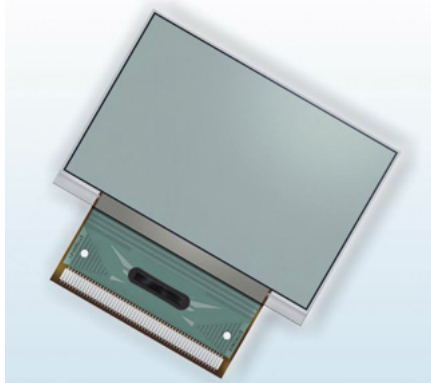
Trzecią z metod podświetlenia, coraz rzadziej stosowaną są lampy CCFL. Charakteryzują się bardzo jasnym białym światłem i względnie niskim poborem mocy. Lampy te umieszczane są najczęściej po bokach dużego wyświetlacza, a w przypadku większych paneli – także i po środku ekranu. W celu równomiernego rozproszenia światła po całej powierzchni ekranu, stosuje się dyfuzory wykonane z przepuszczających światło materiałów. Zasilanie lamp wymaga wbudowania inwertera generującego napięcie przemiennie rzędu 300 V o częstotliwości około 35 kHz (rysunek 13). Lampy mają one żywotność rzędu 10–20 tys. godzin ale są wrażliwe na zmiany temperatury i wibracje. W niskich temperaturach ich jasność znacząco spada.

### Obudowy

Z punktu widzenia konstruktora, bardzo ważnym parametrem wyświetlacza jest rozmiar jego obudowy. Wiele z wyświetlaczy LCD dostępnych jest w różnych wykonaniach, które charakteryzują się innymi grubościami i odpornością na uszkodzenia.



Rysunek 13. Wyświetlacz z podświetleniem CCFL i charakterystyka jej pracy w zależności od temperatury



Rysunek 14. Obudowa TAB



Rysunek 15. Obudowa COG

Montaż sterujących nimi układów scalonych odbywa się różnie, w zależności od typu konstrukcji obudowy. Wyróżnia się 5 podstawowych rodzajów obudów:

QFP (Quad Flat Pack) to sposób montażu, w którym sterujący układ scalony umieszczony jest wraz ze swoją obudową, na tylnej powierzchni sztywnej płytki PCB. Z drugiej strony PCB montowany jest panel LCD, a całość zamykana jest w obudowie. Moduły QFP mają największe rozmiary obudowy.

COB (Chip On Board) – w przypadku montażu COB, układ krzemowy rdzeń układu scalonego umieszczony jest na tyle sztywnej płytki PCB, a sam panel LCD na jej froncie, podczas gdy całość zamykana jest w obudowie. Wyświetlacze COB przypominają wyglądem QFP, ale dzięki zastosowaniu samej struktury scalonej układu sterującego, bez obudowy, mają nieco mniejsze rozmiary.

TAB (Tape Automated Bonding) – w wyświetlaczach ze sterownikiem zamontowanym przy wykorzystaniu technologii TAB, układ scalony umieszczony jest na taśmie, której jeden koniec następnie montowany jest do panelu LCD, a drugi do płytki drukowanej. Pozwala to uzyskać bardzo niewielkie

rozmiary wyświetlaczy, niewiele większe niż sam rozmiar panelu (rysunek 14).

COG (Chip On Glass) – ta grupa wyświetlaczy charakteryzuje się najmniejszymi rozmiarami – są one w praktyce równe samemu rozmiarowi panelu LCD. Struktura półprzewodnikowa układu scalonego montowana jest bezpośrednio do szklanego podłoża ekranu LCD. Wyświetlacze tego typu łączą się z urządzeniami poprzez podpięcie najczęściej elastycznych wyprowadzeń struktury do płytki PCB urządzenia. Możliwy jest także montaż podświetlenia z tyłu takiego wyświetlacza (rysunek 15).

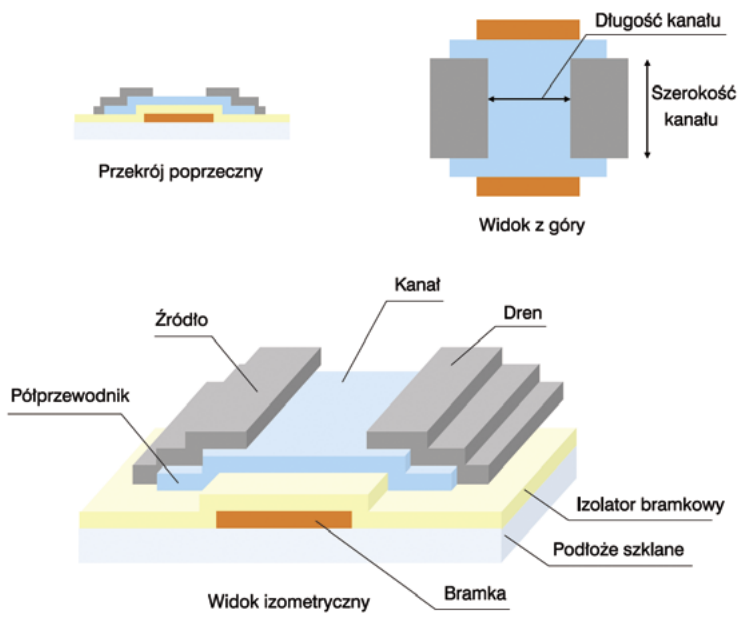
COF (Chip On Film) – układ sterujący, wraz z innymi elementami elektronicznymi koniecznymi do pracy wyświetlacza montowane są na elastycznej taśmie, której jeden koniec podłączany jest do szklanego podłoża panelu, a drugi montuje się w złączu ZIF na płytce PCB.

Na rynku dostępne są także wyświetlacze w postaci modułów elektronicznych, ze zintegrowanymi mikrokontrolerami. Te ciekawe konstrukcje pozwalają w prosty sposób zminimalizować rozmiary całego projektowanego urządzenia, ale ich sposób programowania jest ograniczony, gdyż wymaga korzystania z narzędzi programistycznych producenta.

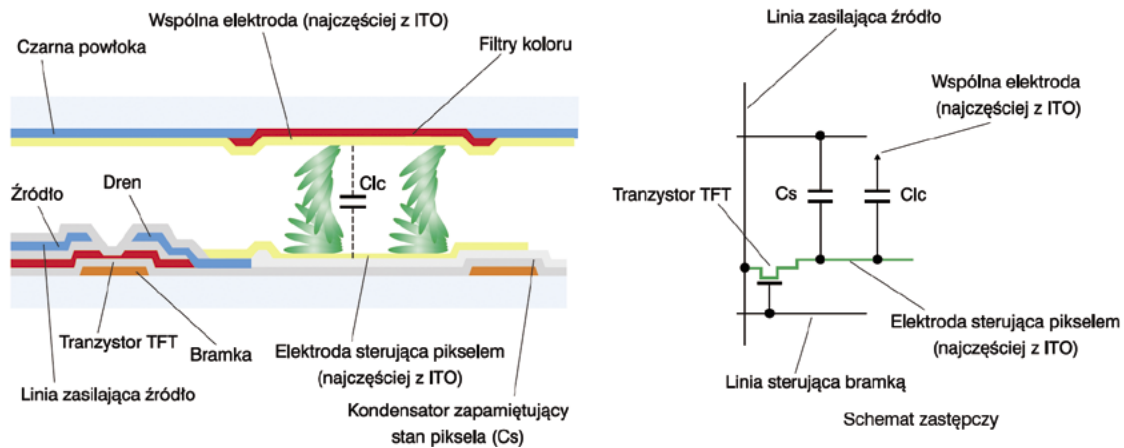
Niektórzy producenci wytwarzają też wyświetlacze cholesterolowe na plastikowym podłożu wykonanym z politereftalanu etyleny, który jest elastyczny i umożliwia tworzenie giętkich wyświetlaczy ChLCD.

### TFT-LCD

Niemalże synonimem wyświetlacza LCD z aktywną matrycą jest TFT-LCD. Każdy z pikseli tego typu wyświetlaczy sterowany jest za pomocą czterech tranzystorów, przy czym najczęściej trzy z nich odpowiadają za podstawowe barwy składowe, a czwarty za



Rysunek 16. Budowa tranzystora TFT



Rysunek 17. Zasada działania panelu TFT wraz z uproszczonym elektrycznym schematem zastępczym

jasność. Używa się w nich tranzystorów TFT (Thin Film Transistor), które w odróżnieniu od klasycznych tranzystorów FET są nakładane na podłoże szklane, najczęściej w procesie CVD. Budowa tranzystora tego typu została przedstawiona na **rysunku 16**.

Wyświetlacze TFT są znacznie droższe w produkcji niż ich pasywne odpowiedniki, a ponadto zużywają więcej energii elektrycznej, jednakże cechują się znacznie lepszymi parametrami. Ich podstawowa budowa została zilustrowana na **rysunku 17**. Na rynku dostępne są różne odmiany wyświetlaczy TFT, które różnią się szczegółami technicz-

nymi. Zostały one opracowane w celu dalszego poprawienia parametrów obrazu – przede wszystkim kątów widzenia, opóźnień wyświetlania oraz kontrastu.

Panele TFT TN obsługują typowo 6 bitów na kolor, co daje sumę 18 bitów na piksel, czyli 262 tys. kolorów. Ponieważ standardem jest 24-bitowe przetwarzanie obrazu, pozostałe kolory uzyskuje się zazwyczaj albo poprzez dithering albo za pomocą techniki szybkiego włączania i wyłączania pikseli, tak by lepiej odwzorowywały zadany kolor. Oczywiście są też dostępne lepsze matryce o większej palecie barw.

Na bazie TFT-LCD powstało bardzo wiele technologii pochodnych o znacząco lepszych cechach, ale też droższych w produkcji i w efekcie stosowanych tylko w dużych wyświetlaczach. Różnią się one głównie ułożeniem elektrod i ukierunkowaniem kryształów nematycznych w matrycy. Najpopularniejsze z nich to IPS (Super TFT), S-IPS, AS-IPS, IPS-Pro, MVA, A-MVA i PVA. Ostatnio na rynku LCD głośno jest o opracowanej przez firmę Sharp technologii UV<sup>2</sup>A, która jednak nie tyle dotyczy sposobu konstrukcji matrycy, ale procesu produkcyjnego. Uzyskiwane w ten sposób wyświetlacze

REKLAMA

# WYŚWIETLACZE LCD

## Moduły LCD

- alfanumeryczne
- graficzne (TFT, TN, STN, FSTN)
- panele LCD na zamówienie (wg własnego projektu)

## Touch panele

- rezystancyjne
- pojemnościowe

Rodzaje podświetleń:  
LED, EL, CCFL

01-013 Warszawa, ul. Kacza 6A  
tel. (022) 862 75 00, fax (022) 862 75 01  
e-mail: info@gamma.pl

www.gamma.pl

ASV LCD (Advanced Super View – na każdy piksel przypada wiele subpikseli i odpowiadających im elektrod) cechują się lepszym kontrastem i mogą być wykonywane z większą rozdzielczością, gdyż proces produkcyjny pozwala na znacznie bardziej precyzyjną kontrolę układania warstw ciekłych kryształów.

**Technologie uzupełniające**

Aby pokonać niektóre z ograniczeń wyświetlaczy LCD, opracowane zostały dodatkowe technologie związane m.in. ze sterowaniem pikselami, dzięki czemu uzyskuje się lepsze parametry obrazu. Niektóre z nich wkroczyły do powszechnego zastosowania, zajmując rynkową niszę, inne zostały zaimplementowane jako sposób na ulepszenie klasycznych wyświetlaczy LCD, a pozostałe pojawiły się tylko na krótki czas, ale okazały się nie spełniać wymagań rynku.

Jedną z najczęściej stosowanych jest RTC – Response Time Compensation. Pozwala ona skrócić czas reakcji panelu na sygnał, poprzez podawanie wyższego napięcia sterującego niż potrzebne do przełączenia komórki LCD, co zostało przedstawione na **rysunku 18**. Spotykana jest także druga nazwa tej technologii: Overdrive, przy czym poszczególni producenci zaimplementowali ją na różne sposoby, tworząc własne odmiany. Ich nazwy to RTA, MagicSpeed, AMA, ODC, ClearMotiv, czy też RapidMotion.

Warto też wspomnieć o wyświetlaczach cholesterolowych ChLCD (Cholesteric LCD), które budowane są w oparciu o kryształy pochodnych cholesterolu, charakteryzujące się symetrią chiralną – w praktyce, układają się w helisę. Działają bistabilnie, toteż do utrzymania swojego stanu nie potrzebują żadnego napięcia. Właściwość ta wykorzystywana jest do tworzenia wyświetlaczy o minimalnym zużyciu prądu, które utrzymują swój stan, nawet po odłączeniu od zasilania. Dzięki temu spełniają wymagania stawiane technologiom tzw. elektronicznego papieru.

Ciekawym rozwiązaniem jest technologia sterowania kolorem wyświetlacza poprzez wykorzystanie zjawiska dwójłomności (ECB – Electronically Controlled Birefringence). Zmiana koloru piksela odbywa się poprzez sterowanie za pomocą napięcia, zarówno nasileniem zjawiska dwójłomności w ciekłych kryształach, jak i polaryzacją filtrów. W trakcie zmiany orientacji ciekłych kryształów tworzy się struktura, która swym działaniem przypomina macierz modulowanych światłowodów. Długość fali na wychodzącej z frontowego polaryzatora zależy od napięcia przyłożonego do danego piksela (**rysunek 19**).

ECB jest czasami stosowana jako uzupełniająca, w wyświetlaczach STN i FSTN. Jej zalety to niskie zużycie mocy i prosta konstrukcja układu sterującego. Każdy z pikseli

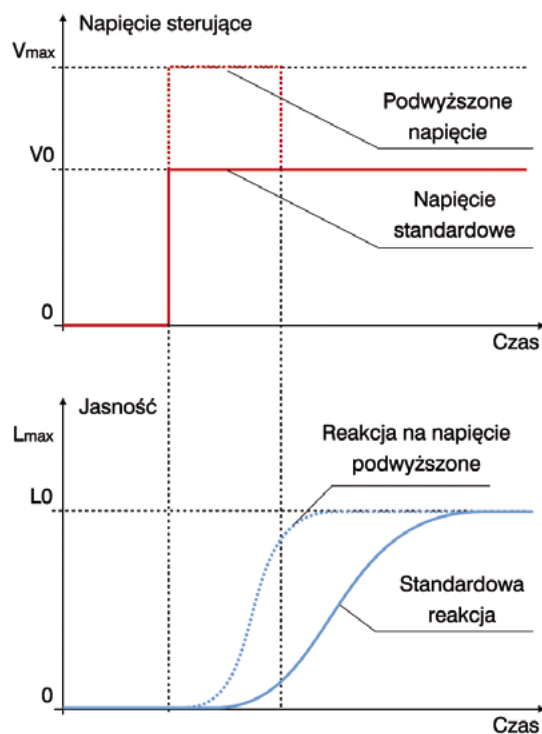
sterowany jest za pomocą pojedynczego zestawu linii sterujących – nie wymaga sterowania jego kolorami składowymi. Pozwala to ograniczyć koszt i rozmiary sieci połączeń, a ponadto umożliwia rezygnację z kolorowych filtrów. Ich brak umożliwia pracę tego typu wyświetlaczy bez podświetlenia, zachowując dosyć jasny obraz. Niestety wyświetlacze ECB są bardziej wrażliwe na duże temperatury.

Ostatnio na rynku pojawiły się też wyświetlacze HDDP (Horizontal Double-Density Pixel), które mają dwukrotnie więcej pikseli w poziomie niż ich klasyczne odpowiedniki o tej samej rozdzielczości, ale dzięki odpowiednio nałożonym soczewkom pozwalają uzyskiwać obraz trójwymiarowy, bez konieczności zakładania jakichkolwiek okularów (**rysunek 20**). Ze względu na wykorzystane zjawisko, oglądanie obrazu 3D na nich wymaga, by widz znajdował się względnie centralnie przed wyświetlaczem i to w odpowiedniej odległości. Dlatego też obecnie wyświetlacze HDDP są produkowane tylko w ograniczonych rozmiarach (do ok. 7”).

**Czas na OLED**

Wyświetlacze OLED pojawiły się na rynku już jakiś czas temu, ale zakres ich zastosowań ograniczał się głównie do monochromatycznych ekranów w radiach samochodowych. Z czasem, zaczęły się pojawiać w niektórych cyfrowych aparatach fotograficznych, a obecnie wytwarzane są w tylu odmianach, że z powodzeniem mogą zastąpić wiele ekranów LCD.

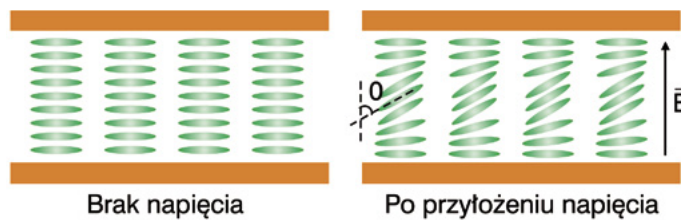
Wyświetlacze OLED charakteryzują się licznymi zaletami w stosunku do matryc ciekłokrystalicznych. Mają lepszy kontrast, są cieńsze i zużywają niewiele energii, a ponadto niektóre z nich mogą być elastyczne. Co więcej, ich koszt produkcji, po jej odpowiednim rozwinięciu, jest bardzo mały, a mimo to wciąż kosztują znacznie więcej niż porównywalne LCD. Wynika to po części z praw patentowych i kosztów licencji technologii, które przez ostatnie lata ograniczały prace nad OLED. Niedawno wiele z tych patentów powygasło, dzięki czemu nastąpił bardzo szybki rozwój rynku tego typu wyświetlaczy.



Rysunek 18. Zasada działania technologii RTC (Overdrive)

**OLED – zasada działania**

Wyświetlacze OLED (Organic Light Emmiting Diode) zbudowane są z niewielkich diod LED wykonanych z materiałów organicznych. Kolor generowanego światła, jasność oraz żywotność elementu, zależą od wykorzystanych materiałów, z których zbudowane zostały diody składające się na wyświetlacz. Pierwsze z tego typu diody świeciły tylko przez kilka sekund, ale obecnie produkowane charakteryzują się czasem życia liczonym w dziesiątkach, a nawet setkach tysięcy godzin. Diody OLED nie generują tak intensywnego światła jak klasyczne LED, ale łatwo z nich budować matryce o niewielkim rastrze. Na diodę OLED składają się najczęściej trzy warstwy półprzewodnikowe, elektrody i obudowa. Anoda, w większości przypadków, napylana jest na podłożu wykonane ze szkła lub elastycznego materiału. Następnie nakładane są warstwy organiczne, które w praktyce, ze względu na właściwości elektryczne, można nazwać półprzewodnikowymi. Warstwy te transportują elektrony i dziury elektrobowe do znajdującej się pomiędzy nimi warstwy emitującej światło, gdzie nośniki



Rysunek 19. Zasada działania technologii ECB

rekombinują, generując tym samym fotony. Przepływ nośników wynika z różnicy potencjałów pomiędzy anodą a katodą. Ta ostatnia wykonywana jest najczęściej z aluminium i zamknięta szczelną (np. szklaną) obudową.

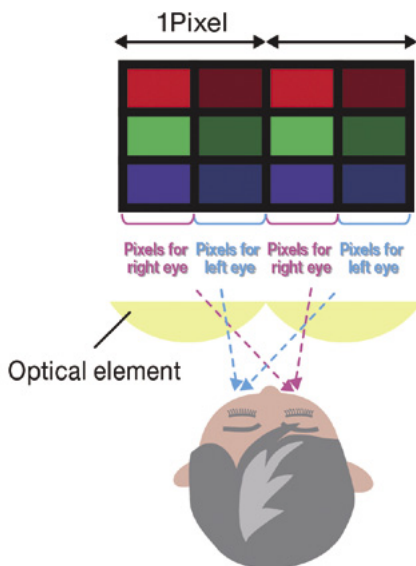
Opisana konstrukcja może mieć grubość nawet ułamka mikrometra, ale w wielokolorowych matrycach w praktyce mają one dziesiąte części milimetra grubości, co wynika m.in. z konieczności zapewnienia odpowiedniej ochrony przed otoczeniem.

### Rodzaje OLED

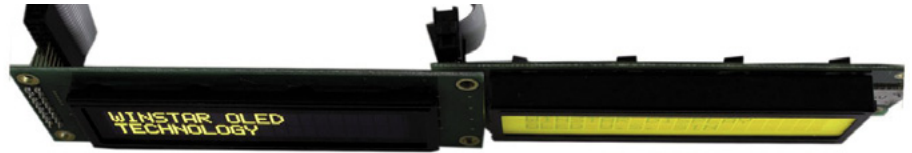
Podobnie jak w przypadku wyświetlaczy LCD, tak i w OLED wyróżnić można dwa rodzaje matryc: pasywne i aktywne. W tych pierwszych poszczególne diody zapalane są cyklicznie dzięki siatce elektrod. Ich zaletą są niewielkie rozmiary i bardzo niskie koszty budowy, ale ze względu na ilość prądu potrzebnego do rozświetlenia pikseli, PMOLED (Passive Matrix OLED) zużywają więcej energii niż AMOLED (Active Matrix OLED). Wyświetlacze OLED z aktywną matrycą budowane są w oparciu o siatkę tranzystorów TFT, które sterują poszczególnymi pikselami lub subpikselami. Podtrzymują one stały prąd diod na niskiej wartości, zmniejszając tym samym całkowite zużycie energii przez wyświetlacz. Umożliwiają tworzenie dosyć dużych ekranów o wysokiej rozdzielczości.

### Konstrukcje OLED

Matryce OLED są obecnie produkowane w kształtach i wymiarach analogicznych do wyświetlaczy LCD, dzięki czemu bardzo łatwo jest zastąpić stare konstrukcje nowymi. Ze względu na brak podświetlenia, z którego w przypadku wyświetlaczy LCD tylko niewielka część światła przedostaje się przez warstwę ekranu do widza, matryce alfanu-



Rysunek 20. Wyświetlacz 3-wymiarowy HDDP



Rysunek 21. Porównanie kątów obserwacji wyświetlacza OLED (po lewej) i LCD (po prawej)

meryczne OLED o podobnej jasności zużywają ok. 10 razy mniej energii niż podobne LCD, a do tego cechują się lepszym kontrastem i są znacznie mniej wrażliwe na ujemne temperatury. Do tego ich obraz jest dobrze czytelny nawet z szerokich kątów, w przeciwieństwie do tanich LCD STN oraz ma kró-

tsze czasy reakcji na zmianę wyświetlanego obrazu (rysunek 21).

Mimo tych różnic pomiędzy wyświetlaczami LCD i OLED, ze względu na podobne cechy mogą być stosowane w zbliżonych aplikacjach i z tego względu ich kontrolery również bywają do siebie dosyć podobne.

REKLAMA

# UNI SYSTEM

TWÓJ PARTNER W ELEKTRONICE

## NAJWIĘKSZY WYBÓR WYŚWIETLACZY LCD I OLED

Wyświetlacze AMOLED

Wyświetlacze TFT

Wyświetlacze alfanumeryczne PMOLED

Panele dotykowe oraz kontrolery

Wyświetlacze graficzne PMOLED

W naszej ofercie również: mikrokontrolery, pamięci, LED, drivery LED, elementy pasywne...

[www.unisystem.pl](http://www.unisystem.pl)

UNISYSTEM

ul. Grunwaldzka 212, 80-266 Gdańsk, tel. (+48 58) 76 15 420, fax (+48 58) 553 29 68, [biuro@unisystem.pl](mailto:biuro@unisystem.pl)

Oferta firmy UNISYSTEM zawiera m.in.:

- pełną gamę wyświetlaczy LCD
- wyświetlacze TFT kolorowe
- wyświetlacze PMOLED i AMOLED
- wyświetlacze pod projekt klienta
- panele dotykowe oraz kontrolery



## WYBÓR KONSTRUKTORA

Dzięki temu zamiana wyświetlacza LCD na OLED w projekcie nie wymaga bardzo wielu zmian.

### Interfejsy sterujące

Pomimo różnorodnych technologii wytwarzania wyświetlaczy ich producenci starają się, aby ich interfejsy były takie same. Dzięki temu w przeważającej większości wypadków, użytkownik zmieniając wyświetlacz nie musi na nowo wykonywać interfejsu elektrycznego oraz zmieniać oprogramowania sterującego. Oczywiście, mamy tu na myśli zamiany wykonywane pomiędzy odpowiednikami funkcjonalnymi. Tej zasady nie wolno jednak przyjmować a priori zakładając, że za każdym razem „jakoś sobie poradzimy” i przed decyzją o zmianie wyświetlacza należy uważ-

nie przejrzeć dokumentację techniczną. Czasami pomimo identycznego sposobu sterowania zapewnianego przez wbudowany układ kontrolera sprzętowego, moduły wyświetlaczy wymagają doprowadzenia różnych napięć sterujących, w tym mogą to być napięcia ujemne.

Wyświetlacze LCD są oferowane w dwóch rodzajach: jako moduły z wbudowanym kontrolerem oraz bez niego. Czasami trudno jest je odróżnić, ponieważ często kontroler wyświetlacza jest mocowany np. pomiędzy warstwami szkła chroniącego ciekły kryształ lub diody OLED w zupełnie niewidoczny sposób. Uwaga ta bardziej będzie jednak dotyczyła nieskomplikowanych wyświetlaczy LCD 7-segmentowych lub graficznych, monochromatycznych o niewielkiej rozdzielczości, ponieważ sterowanie

dużą liczbą pikseli jest bardzo skomplikowane i wymaga wielu połączeń, więc ten rodzaj wyświetlaczy jest najczęściej wyposażony w odpowiednie układy sterujące.

Z punktu widzenia konstruktora i aplikacji, największą zaletą wyświetlaczy ciekłokrystalicznych bez wbudowanego kontrolera jest niewielki pobór energii z zasilania, natomiast największą wadą wydaje się być skomplikowany sposób sterowania. Wyświetlacze te są bowiem multipleksowane a do sterowania wymagają napięcia schodkowego, którego schodki muszą mieć odpowiednią amplitudę w zależności o tzw. stopnia multipleksowania. Stąd wiele firm produkujących mikrokontrolery mające odpowiednio dużą liczbę wyprowadzeń i wyposażonych w sprzętowe sterowniki ułatwiające wykonanie aplikacji, umożli-

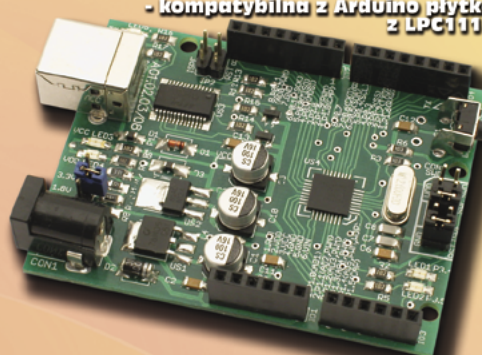
### PICduino

- Kompatybilna z Arduino płytka z PIC18F2550



### Cortexino

- Kompatybilna z Arduino płytka z LPC1114



### AVT1625

### AVTduino

- kompatybilna z Arduino płytka z ATMEGA168

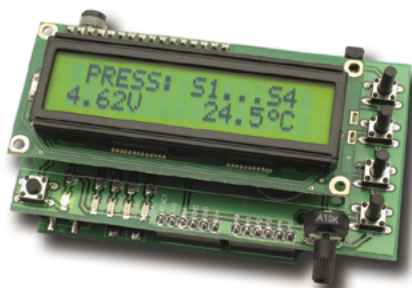


### AVT1620

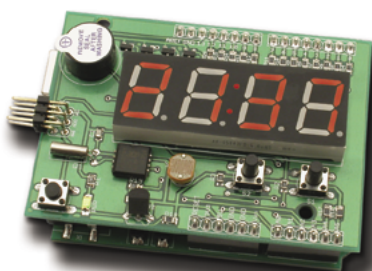
Więcej informacji:



### AVT5272



AVTduino LCD - WYŚWIETLACZ LCD DLA ARDUINO AVT1615



AVTduino LED - WYŚWIETLACZ LED DLA ARDUINO AVT1616



AVTduino JOY - MANIPULATOR DLA ARDUINO AVT1618

[www.sklep.avt.pl](http://www.sklep.avt.pl)

AVT-Korporacja Sp. z o.o., 03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11, tel.: 22 257 84 50, fax: 22 257 84 55, e-mail: [handlowy@avt.pl](mailto:handlowy@avt.pl)

wijające sterowanie różnorodnymi wyświetlaczami LCD o różnym stopniu multipleksowania. Wyboru stopnia multipleksowania dokonuje się najczęściej programowo, po którym to kontroler zaczyna funkcjonować samodzielnie odciażając CPU mikrokontrolera, a zadaniem oprogramowania jest tylko umieszczanie odpowiednich wartości do wyświetlenia w rejestrach sterownika. Jak łatwo domyślić się, stopień multipleksowania wyświetlacza i kontrolera muszą być zgodne. Wbrew pozorom, przy stosowaniu takiego wyświetlacza największym problemem nie jest jednak oprogramowanie sterujące, ale wykonanie odpowiedniego podświetlenia (jeśli wymagane), sposób mocowania wyświetlacza i (jeśli wyświetlacz nie jest wlutowywany w płytke) wykonanie kontaktów elektrycznych z gumy przewodzącej. Dlatego też warto skorzystać z oferty firm, które mają w ofercie nie tylko wyświetlacze, ale również przeznaczony do nich osprzęt: ramki mocujące, gumę przewodzącą, elementy podświetlenia i inne.

Znacznie mniej skomplikowane w użyciu są moduły wyświetlaczy. Te oferowane są na płytkach zawierających wszystkie układy niezbędne do funkcjonowania LCD. Czasami moduły te są zasilane pojedynczym napięciem, a czasami (zwłaszcza moduły graficzne) wymagają doprowadzenia

dwóch lub więcej napięć zasilających. Jako kontroler sprzętowy modułów wyświetlaczy tekstowych najczęściej jest stosowany układ HD44780 i jego odpowiedniki funkcjonalnie wytwarzane przez wielu różnych producentów. Sposób jego sterowania oparty o interfejs o długości słowa 4 lub 8 bitów oraz sygnały kontrolne Register Select (RS), Enable (E) i Read/Write (R/W) jest dobrze znany. Typowo do zasilania takiego modułu jest wymagane pojedyncze napięcie, regulowane na doprowadzeniu kontrastu.

Niestety, wśród wyświetlaczy graficznych, mimo iż można wskazać pewne rozwiązania dominujące, to nie przyjął się podobny standard sterowników sprzętowych. W popularnych rozwiązaniach wyświetlaczy monochromatycznych najczęściej stosowanymi sterownikami są układy T6963C i KS0108 oraz ich odpowiedniki. Sposób ich sterowania był wiele razy omawiany na łamach EP, na przykład w EP 6/1999 (J. Szczesiul, „Programowanie sterowników wyświetlaczy graficznych. Wyświetlacz graficzny LCD z kontrolerem T6963C”), EP 8/2005 (M. Wiązania „Obsługa wyświetlaczy graficznych w Bascom”), EP 1/2007 (R. Kwiecień „Wyświetlacze graficzne LCD ze sterownikiem KS0108 – sterowanie w języku C od podstaw”), w których to szczegółowo objaśniono sekwencje sterujące. Rozwią-

zaniem dominującym w starszych modelach wyświetlaczy jest równoległa, 8-bitowa magistrala sterująca z sygnałami sterującymi o funkcji zbliżonej do tych znanych z wyświetlaczy tekstowych z HD44780. Sygnałów tych może być więcej, przy wyświetlaczach o wyższej rozdzielczości.

Znacznie większą różnorodność sposobów sterowania napotkamy przy aplikowaniu nowoczesnych, kolorowych wyświetlaczy graficznych i OLED. Zdecydowana większość kolorowych wyświetlaczy LCD tzw. matryc o dużej rozdzielczości np. stosowanych w notebookach, jest wyposażona w 18-bitowy interfejs równoległy. Rozmieszczenie sygnałów sterujących nie jest zestandaryzowane. Sposób sterowania takim wyświetlaczem był opisany szczegółowo w EP 9/2006 (R. Włostowski „Konwerter VGA – LCD”). Niektóre z wyświetlaczy, zwłaszcza OLED, są przez producentów wyposażane w interfejsy równoległe i szeregowo. Sterowanie za pomocą tego pierwszego jest szybkie, ale wymaga użycia wielu doprowadzeń. Mniej wymagające aplikacje mogą używać interfejsów szeregowych, gdzie transmisja przebiega wolniej, ale jest łatwa do zaimplementowania.

**Marcin Karbowniczek, EP**  
marcin.karbowniczek@ep.com.pl

REKLAMA

analog + digital + RF =

MDO4000

- oscyloskop
- analizator stanów logicznych
- analizator widma

**Tektronix**

Sp. z o.o.

Siedziba Firmy: 54-413 Wrocław, ul. Klecińska 125, tel. 71 783 63 60, fax 71 783 63 61  
 Biuro Handlowe: 03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 74, tel. 22 675 75 42  
 tеспol@tespol.com.pl • www.tеспol.com.pl