

# Wyświetlacze do wymagających aplikacji

Wyświetlaczom towarzyszy nieustanny postęp. Dzieje się tak albo za sprawą wdrażania nowych technologii, albo poprzez istotne ulepszenie już znanych rozwiązań. Duże zaangażowanie producentów z tej branży ma swoje uzasadnienie. To wyświetlacz w przeważającym stopniu odpowiada za komunikację z użytkownikiem i w efekcie za to, jaka jest jego ogólna opinia o urządzeniu. Ale jest też inna przyczyna, która nie pozwala na wytchnienie w tej branży. Wyświetlacze zyskują coraz nowsze zastosowania i stawiane są im nowe wymagania.

W dziedzinie wyświetlaczy mamy do czynienia z szerokim wachlarzem stosowanych technologii. Nawet te najstarsze, jak LED czy VFD, znajdują dziś swoje zastosowanie. Dzieje się tak, ponieważ nie ma takiej technologii, która realizuje wszystkie kluczowe parametry na najkorzystniejszym poziomie. Każda wyróżnia się jakimiś zaletami a jednocześnie ma słabsze strony.

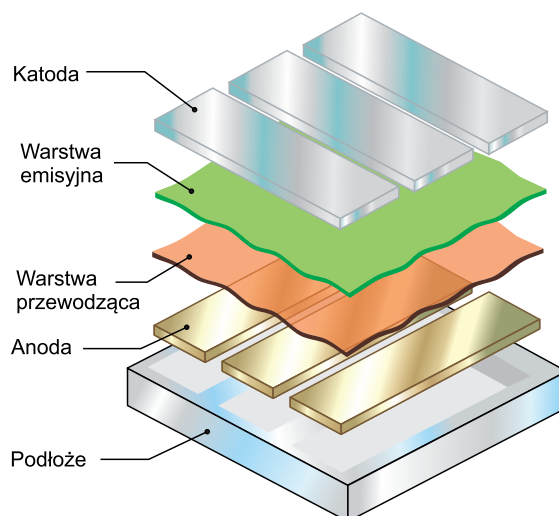
O ile ogólna zasada działania i cechy różnych technologii są dobrze znane, o tyle zwykle nie potrafimy określić szczegółowych właściwości poszczególnych wersji. W artykule scharakteryzujemy najczęściej stosowane rodzaje wyświetlaczy, skupiając się na omówieniu ich różnych wersji. To właśnie modyfikacje bazowych technologii sprawiają, że wyświetlacze spełniają kryteria nawet wymagających aplikacji.

## OLED

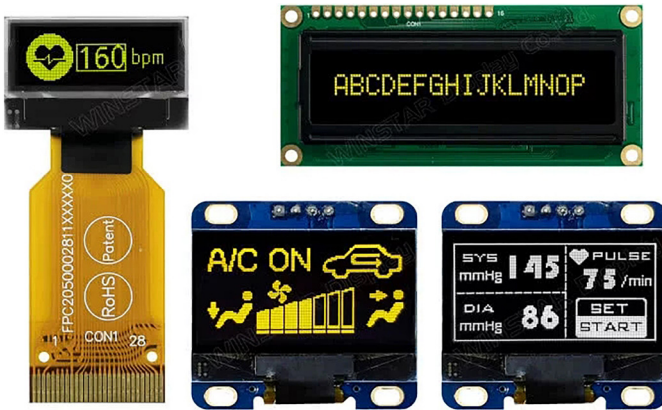
Wyświetlacze wykonane w technologii OLED w ostatnim czasie są intensywnie stosowane w wielu urządzeniach elektronicznych

konsumenckiej. Do niedawna wysoka cena i problemy z krótką żywotnością matryc OLED skutecznie powstrzymywały ich rozpowszechnienie. Wraz z udoskonaleniem procesów i wzrostem skali produkcji cena zeszła do akceptowalnego poziomu, a żywotność została znacznie przedłużona.

Termin OLED oznacza Organic Light-Emitting Diode, czyli dioda LED, w której elektroluminescencyjne warstwy emitujące światło są wykonane z organicznych związków umieszczonych pomiędzy dwiema elektrodami (rysunek 1). Zwykle przynajmniej jedna z tych elektrod jest przezroczysta. Po przyłożeniu napięcia do elektrod każdy



Rysunek 1. Schemat budowy pasywnej matrycy OLED



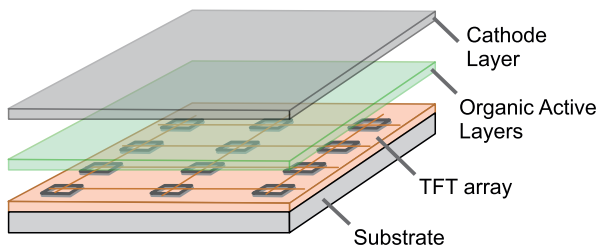
Fotografia 1. Różne rodzaje małych wyświetlaczy OLED

pixel świeci własnym światłem, nie jest wymagane dodatkowe podświetlenie jak w przypadku ekranów LCD, dzięki czemu ekrany OLED są wyjątkowo cienkie.

Istnieją dwa typy wyświetlaczy OLED. Pierwszy to tzw. **PMO-LED** (Passive-Matrix Organic Light-Emitting Diode), czyli wyświetlacze z matrycą pasywną. Zarówno katoda, jak i anoda mają kształt pasków, ale ułożone są prostopadłe (rysunek 1). Miejsca przecięcia katody i anody tworzą piksele, z których emitowane jest światło. Obwody zewnętrzne doprowadzają prąd do wybranych pasków anody i katody, określając, które piksele zostaną włączone, a które pozostają wygaszone. Jasność każdego piksela jest proporcjonalna do płynącego przez strukturę organiczną prądu.

Wyświetlacze PMOLED są stosunkowo łatwe do wykonania, ale ich zastosowanie w praktyce ogranicza się do prezentacji jednobarwnego tekstu, ikon czy prostych grafik i najlepiej nadają się do małych ekranów o przekątnej do ok. 3 cali (fotografia 1).

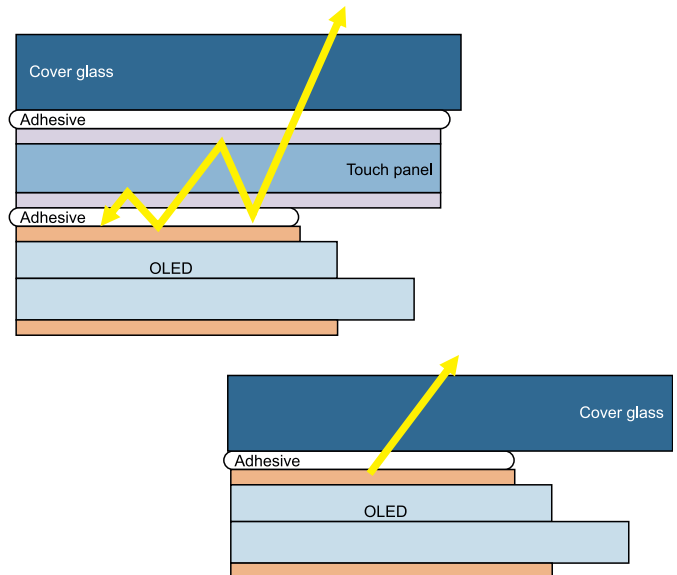
Drugim typem wyświetlaczy OLED jest **AMOLED** (Active Matrix Organic Light-Emitting Diode lub Advance Matrix OLED), czyli ekran z aktywną matrycą. Katoda i anoda stanowią pełne warstwy, ale



Rysunek 2. Schemat budowy aktywnej matrycy OLED z siatką tranzystorów TFT



Fotografia 2. Wyświetlacz kolorowy OLED



Rysunek 3. Różnica pomiędzy klasyczną matrycą a matrycą AMOLED

na powierzchni anody naniesiona jest siatka tranzystorów cienkowarstwowych TFT (Thin-Film Transistor), które umożliwiają zaświecenie poszczególnych pikseli tworzących obraz (rysunek 2). Wyświetlacze tego typu oferują lepszą jakość obrazu niż wyświetlacze OLED i dysponują pełną paletą barw (fotografia 2). Dzięki wysokiej częstotliwości odświeżania są odpowiednie dla treści wideo, a dodatkowo zużywają mniej energii niż klasyczne wyświetlacze OLED. Najlepsze zastosowania wyświetlaczy AMOLED to smartfony, monitory komputerowe czy telewizory o dużej przekątnej ekranu.

Warto wspomnieć o ulepszonej wersji wyświetlaczy AMOLED określanych jako Super AMOLED. Najistotniejsza różnica w budowie wersji ulepszonej to zintegrowany z matrycą panel dotykowy. W wersji klasycznej panel dotykowy stanowi dodatkową warstwę umieszczoną przed matrycą (rysunek 3). Dzięki tej modyfikacji wyświetlacze Super AMOLED są jaśniejsze nawet o 20% i odznaczają się zdecydowanie słabszym odbijaniem światła słonecznego, nawet o 80%.

Wśród najnowszych rozwiązań technologii OLED intensywne prace badawczo rozwojowe prowadzone są w zakresie elastycznych wyświetlaczy OLED-FOLED. Od razu trzeba wyjaśnić, że zagadnienie to może dotyczyć dwóch pokrewnych, ale różnych typów wyświetlaczy:

- **Flexible OLED** – wyświetlacz OLED elastyczny. Odnosi się do ekranów, które mogą być w pewnym zakresie swobodnie odkształcane oraz formowane na etapie produkcji, następnie umieszczane są w sztywnej oprawie (fotografia 3). Nie przewiduje się możliwości zmiany ich kształtu podczas eksploatacji produktu.



Fotografia 3. Przykład zastosowania wyświetlacza Flexible OLED



Fotografia 4. Przykład zastosowania wyświetlacza Foldable OLED

- **Foldable OLED** – wyświetlacz OLED składany. Dotyczy ekranów cechujących się pewnym stopniem swobody ruchu już na etapie ich eksploatacji. Jest to najczęściej możliwość składania ich wzdłuż określonej osi (fotografia 4).

Obie wersje wyświetlaczy tego typu mają podłoża wykonane z bardzo elastycznych folii metalicznych lub tworzyw sztucznych. Struktury diod OLED są bardzo lekkie i wytrzymałe. Układy sterujące bazują na cienkowarstwowym tranzystorach organicznych (OTFT – Organic Thin-Film Transistor), czyli elementach elektronicznych wykonanych ze związków organicznych o właściwościach półprzewodnikowych. Zastosowanie takich wyświetlaczy nie tylko nadaje urządzeniom nowe funkcjonalności, ale może przyczynić się do zmniejszenia liczby uszkodzeń, które są główną przyczyną zwrotów czy napraw.

Drugim typem wyświetlaczy OLED, które są intensywnie rozwijane, są wyświetlacze przezroczyste **transparent OLED** – TOLED (fotografia tytułowa). Każda warstwa takiej matrycy (podłoże, katoda i anoda) jest wykonana z materiału o wysokim stopniu przepuszczania światła, co pozwala uzyskać wypadkową przezroczystość na poziomie 85%. Każdy włączony piksel takiego wyświetlacza emituje światło w obu kierunkach. Matryca może być aktywna lub pasywna. Naturalne zastosowanie to wyświetlacze typu head-up, coraz częściej używane, np. w motoryzacji.

### Parametry, zalety i wady wyświetlaczy OLED

Wyświetlacze OLED mają wiele zalet, najważniejsze z nich to:

- Bardzo mała grubość wynikająca z tego, że technologia OLED nie wymaga stosowania podświetlania. Wynosi poniżej 1 mm dla podłoży szklanych i nawet 100  $\mu\text{m}$  dla podłoży z tworzyw sztucznych. Z tego wynika także mała waga oraz szacunkowy niski koszt produkcji masowej.
- Bardzo wysoki kontrast, który wynosi od 2000:1 do niemal 1 000 000:1. Najwyższy spośród obecnie dostępnych technologii. To właśnie brak emisji światła na poziomie subpiksela (najmniejszego elementu wyświetlacza) sprawia, że mają zdolność do wyświetlania doskonałej czerni emisyjnej, tzn. zerowej emisji światła na całym ekranie lub jego części. Występuje praktycznie zerowy spadek kontrastu przy obserwacji pod kątem.
- Wysoka jakość obrazu dzięki doskonałemu odwzorowaniu barw i szerokim kątom obserwacji. Dodatkowo odznaczają się bardzo krótkim czasem reakcji, na poziomie 0,01 ms (1...12 ms

w przypadku LCD). Taki wynik daje możliwość wyświetlenia na ekranach OLED płynnych animacji – nawet 100 klatek na sekundę oraz niweluje efekt smużenia w zbyt niskich temperaturach, nawet bez wbudowanych układów kompensacyjnych.

- Konstrukcja panelu OLED jest lekka i hermetyczna, co sprawia, że wyświetlacze są szczelne i odporne na wstrząsy. Umożliwiają bezawaryjną pracę przez długi czas w szerokim zakresie temperatur, zwykle  $-40...+80^{\circ}\text{C}$ . Tym samym, rozpiętość temperaturowa dla wyświetlaczy OLED jest znacznie szersza niż dla większości szerokotemperaturowych wyświetlaczy LCD. Żywotność waha się w granicach od 20 do ponad 100 tys. godzin.

Spośród wad wyświetlaczy OLED należy wymienić:

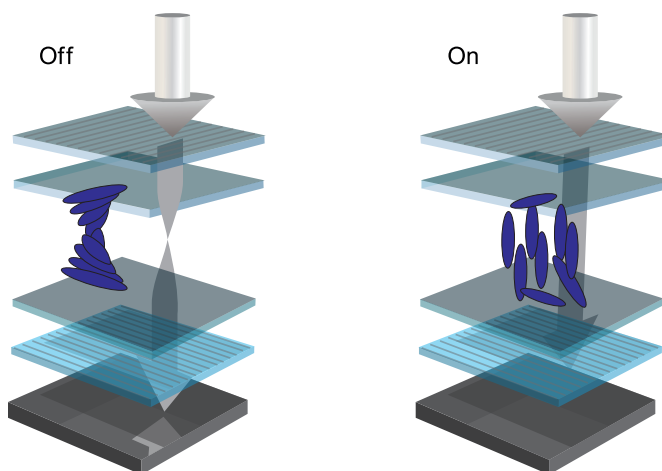
- Żywotność nowoczesnych wyświetlaczy. Choć osiągnęła akceptowalny poziom, to zależy od różnych czynników, np. od barwy. Niebieski OLED ma najkrótszą żywotność – około 15 tys. godzin. Czerwone i zielone diody OLED mogą działać 50...100 tys. godzin. Najdłużej może pracować barwa żółta, nawet ponad 200 tys. godzin. Barwa niebieska OLED stanowi wyzwanie dla dzisiejszego świata naukowców. Warto także zadbać o korzystne temperatury pracy wyświetlacza OLED. Zależność pomiędzy temperaturą a czasem życia jest logarytmiczna.
- Nie jest możliwe długie wyświetlanie obrazów statycznych, bez negatywnych efektów dla wyświetlacza. Z powodu tego, że każdy piksel jest oddzielnym źródłem światła, ich żywotność spada indywidualnie, w zależności od tego, jak długo świeciły. Z czasem spada jasność pikseli, które pracowały najdłużej.
- Stosunkowo niska jasność, oscylująca w okolicy 100  $\text{cd}/\text{m}^2$ . Wyświetlacze LCD dają dużo większe możliwości, pozwalają osiągnąć jasność nawet 1000  $\text{cd}/\text{m}^2$ .
- Dostępność i cena. Wyświetlacze OLED o większych przekątnych i z pełną paletą barw są kosztowne i trudno dostępne.

### LCD

Technologia LCD jest jedną z najpowszechniej stosowanych w branży wyświetlaczy i interfejsów. Ekran są dostępne w różnych rozdzielczościach i rozmiarach, oferują różne palety barw i kąty obserwacji, mogą mieć matową lub błyszczącą powierzchnię, mogą oferować specjalne funkcje, takie jak wysoka częstotliwość odświeżania czy tzw. obraz 3D.

Nazwa LCD (Liquid-Crystal Display) oznacza wyświetlacz ciekłokrystaliczny. Ciekłe kryształy to substancje, których stan skupienia wykazuje zarówno cechy cieczy, którą charakteryzuje zdolność do płynięcia, jak i cechy struktury krystalicznej, która charakteryzuje się uporządkowaniem tworzących ją cząstek. Zatem cząsteczki ciekłych kryształów mają pewną swobodę ruchu i jednocześnie są uporządkowane.

Zasada działania jest bardzo podobna dla wszystkich rodzajów wyświetlaczy LCD, uproszczony schemat budowy i działania został



Rysunek 4. Sposób działania wyświetlacza LCD

pokazany na **rysunku 4**. Od dołu i od góry znajdują się polaryzatory światła ustawione prostopadłe względem siebie, a pomiędzy nimi znajduje się warstwa ciekłych kryształów. Światło podświetlenia dochodzi do panelu przez pierwszy polaryzator. W stanie nieaktywnym (Off) ciekłe kryształy są ustawione w taki sposób, że powodują zmianę polaryzacji światła o 90°, dzięki czemu zostaje ono przepuszczone przez drugi polaryzator. W stanie aktywnym (On), po przyłożeniu napięcia do elektrod sterujących, kryształy ustawiają się zgodnie z liniami sił pola elektrycznego i nie powodują zamiany polaryzacji światła. W efekcie światło zatrzymuje się na drugim polaryzatorze. W przypadku wyświetlaczy kolorowych światło na koniec trafia na warstwy barwnych filtrów, które nadają mu konkretny kolor.

## Rodzaje matryc LCD

Podobnie jak poprzednie wyświetlacze OLED, wyświetlacze LCD również mają matryce pasywne i aktywne. W przypadku **PMLCD** (Passive Matrix LCD) sterowanie pikselami odbywa się poprzez sterowanie elektrodami wierszy i kolumn z cyklicznym odświeżaniem stanów pikseli. Taki sposób sterowania jest charakterystyczny dla wszystkich wyświetlaczy monochromatycznych (**fotografia 5**). Wyjątkiem są wyświetlacze o niewielkiej liczbie pikseli-segmentów (**fotografia 6**), mają one wyprowadzone niezależne elektrody sterujące każdym pikselem.

Wśród wyświetlaczy tego typu na uwagę zasługują wyświetlacze ciekłokrystaliczne bistabilne (**fotografia 7**). Każdy piksel takiego wyświetlacza zachowuje swój stan, nie ma potrzeby odświeżania. Treść może być zachowana przez bardzo długi czas (nawet rok) przy zerowym poborze energii.

W wyświetlaczach LCD zachodzi zjawisko zmiany polaryzacji światła przez ciekłe kryształy, tak jak zostało to pokazane na rysunku 4.



Fotografia 5. Monochromatyczny pasywny wyświetlacz LCD



Fotografia 6. Wyświetlacz segmentowy LCD



Fotografia 7. Wyświetlacz bistabilny LCD

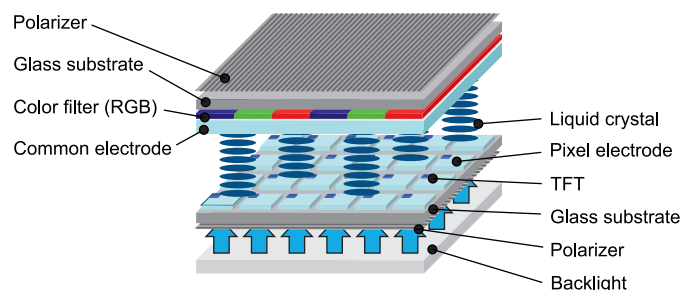
Kryształy te są określane mianem nematyków (kryształów nematycznych) i stąd nazwa **TN** – Twisted Nematic. Technologia ta pozwala na tworzenie wyświetlaczy monochromatycznych, w których zwykle czarne znaki wyświetlane są na tle, którego kolor zależy od rodzaju zastosowanego podświetlenia. Charakteryzuje się małym kontrastem i małymi kątami widzenia. Zaletami tego rozwiązania jest przede wszystkim niski koszt produkcji, poza tym wyróżnia się małym poborem mocy – praktycznie nie wymagają przepływu prądu w trakcie wyświetlania statycznego obrazu, a napięcie potrzebne do zmiany ustawienia kryształów wynosi zaledwie ok. 1 V.

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 światła o większy kąt, w praktyce 180...270°. Dzięki temu reakcja na pobudzenie zewnętrzne jest szybsza i uzyskiwany jest większy kontrast niż w wyświetlaczach TN. Istnieją również podwójne i potrójne wyświetlacze STN, w których kąt obrotu wiązki światła jest dwu- lub trzykrotnie większy. W ofertach dystrybutorów znacznie łatwiej można znaleźć wyświetlacze **FSTN** (Film Compensated STN). Mają one polaryzator frontowy, który jest pokryty od strony wewnętrznej warstwą cienkiego filtra. Powoduje on zmianę koloru wyświetlacza, zwiększając jego kontrast i kąty widzenia oraz kompensuje efekty związane ze zjawiskiem podwójnego załamania światła. W praktyce zastosowanie filtra sprawia, że zamiast niebieskawych znaków na żółtozielonym tle możliwe jest uzyskanie czarnych znaków na jasnym, szarosrebrnym tle. Możliwe jest też użycie dwóch warstw filtra, dzięki czemu kontrast dodatkowo wzrasta. Tak zbudowane wyświetlacze określa się mianem **FFSTN** (Double Film STN) (**fotografia 8**).

Wyświetlacze LCD kolorowe i o większych przekątnych zawierają matryce aktywne **AMLCD** (Active Matrix LCD). Piksele sterowane są za pośrednictwem tranzystorów cienkowarstwowych (TFT), a dodatkowo zawierają pewnego rodzaju komórki pamięci na bazie kondensatorów, dzięki czemu podtrzymują swój stan do czasu kolejnego cyklu odświeżania. Typowym przykładem wyświetlacza należącego do grupy AMLCD jest **TFT LCD** (Thin-Film Transistor LCD), którego uproszczona budowa została pokazana na **rysunku 5**. Matryce tego typu są znacznie droższe w produkcji niż ich pasywne odpowiedniki i zużywają więcej energii elektrycznej, jednak cechują się znacznie lepszymi parametrami, a zastosowanie tej techniki pozwala budować



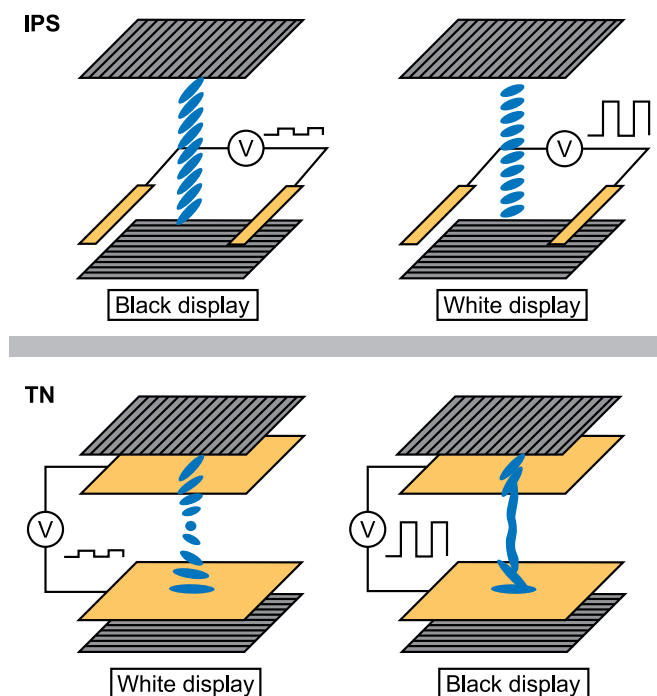
Fotografia 8. Wyświetlacz LCD FFSTN



Rysunek 5. Schemat budowy aktywnej matrycy LCD typu TFT



Fotografia 9. Wyświetlacz TFT TN



Rysunek 6. Porównanie budowy i działania wyświetlaczy LCD TN i LCD IPS

matryce o dużych rozmiarach i zarazem o krótkim czasie reakcji na sygnał sterujący.

Najpopularniejszymi panelami TFT są panele w technologii **TFT TN**. Oferują typowo 6 bitów na kolor, co daje paletę 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 wyłączenia pikseli, tak by lepiej odwzorowywały zadany kolor. Na uwagę zasługuje krótki czas reakcji, co pozwala na budowę wyświetlaczy o wysokich częstotliwościach odświeżania (np. 120 Hz), dobrze prezentujących ruchome treści, a także odpowiednich do technologii 3D. Jasność matryc może być ustalana w bardzo szerokim zakresie, dzięki czemu mogą pracować w miejscach oświetlonych światłem dziennym, a treść pozostanie czytelna. W odniesieniu do nowszych rozwiązań, słabą stroną jest niezbyt perfekcyjne odwzorowanie barw, mały kontrast i wąskie kąty widzenia (**fotografia 9**).

Technologie, które powstały w celu poprawy parametrów matryc TFT LCD, są droższe w produkcji i w efekcie stosowane zazwyczaj w dużych wyświetlaczach. Różnią się one głównie ułożeniem elektrod i ukierunkowaniem kryształów nematycznych w matrycy.

## Wyświetlacze LCD IPS

Bardzo obiecującą technologią matryc jest **LCD IPS** (*In-Plane Switching*). Podczas gdy w matrycach typu TN ciekłe kryształy

są ustawione tak, że w dużej mierze są prostopadłe do płaszczyzny ekranu, w matrycach typu IPS ułożone są zawsze równoległe do powierzchni ekranu. Porównanie konstrukcji i działania zostało pokazane w uproszczony sposób na **rysunku 6**. Nowa technologia niesie ze sobą wiele zalet i jest obecnie najbardziej popularnym typem ekranów LCD. Matryce IPS stosowane są często jako ekrany do smartfonów oraz w monitorach komputerowych, gdzie zyskały wielu zwolenników. Coraz częściej dostępne są jako moduły do płytek uruchomieniowych i systemów embedded (**fotografia 10**).

Jedną z głównych zalet tej technologii są szerokie kąty widzenia. Ten parametr w dużej mierze decyduje o komforcie użytkownika. Pozwala dostrzec wyraźny obraz, bez zmiany barw i utraty kontrastu, nawet podczas obserwacji pod znacznym kątem. Kolejną zaletą jest szeroka paleta realistycznych barw, pozwalająca na wyświetlanie 24-bitowego koloru bez potrzeby korzystania z ditheringu ani innych metod interpolacji barw.

Słabszą stroną matryc IPS jest dłuższy czas reakcji, w porównaniu z matrycami TN. Zatem nie są optymalnym rozwiązaniem do prezentowania dynamicznej treści. Co prawda najnowsze modele matryc już nie mają z tym problemu, ale są stosunkowo drogie. Również odwzorowanie czerni może być gorsze – chociaż monitor z matrycą IPS pokaże miliony żywych kolorów, należy wziąć pod uwagę, że odwzorowanie czerni jest nieco słabsze niż w innych matrycach. Czarna barwa może mieć odcień szarości.

Od czasu powstania pierwszych wyświetlaczy IPS minęło już trochę czasu i opracowano ich zmodyfikowane wersje, takie jak: **S-IPS** (Super IPS), **AS-IPS** (Advanced Super IPS) i **IPS-Pro** (IPS Provectus). Różnią się one drobnymi szczegółami, dzięki którym uzyskują krótsze czasy reakcji na sygnał sterujący, a także lepszy kontrast czy odwzorowanie czerni. Ze względu na inny sposób ułożenia ciekłych kryształów konieczne jest stosowanie odmiennego układu elektrod sterujących ich położeniem. Specyficzny układ elektrod zwiększa koszty produkcji i zmniejsza efektywną powierzchnię świecąca subpikseli, wpływając negatywnie na jasność.

## Parametry, zalety i wady wyświetlaczy LCD

Wyświetlacze LCD nie bez powodu są najbardziej powszechnym typem wyświetlaczy. Do ich podstawowych zalet należą:

Szeroki wybór matryc o różnych wielkościach i parametrach. Choć nie jest to cecha technologii, może mieć decydujący wpływ na wybór właśnie tego typu wyświetlacza. Oprócz parametrów samych matryc możemy wybierać np. sposób obudowania i mocowania wyświetlacza, interfejs sterujący, dodatkowe powłoki ochronne, antyrefleksyjne czy panele dotykowe.

Duża szybkość reakcji charakterystyczna dla paneli typu TN pozwala na prezentację animacji, ruchomych przewijanych napisów bez pogorszenia ich czytelności. Nieco gorszy wynik w przypadku paneli typu IPS kompensowany jest innymi zaletami.

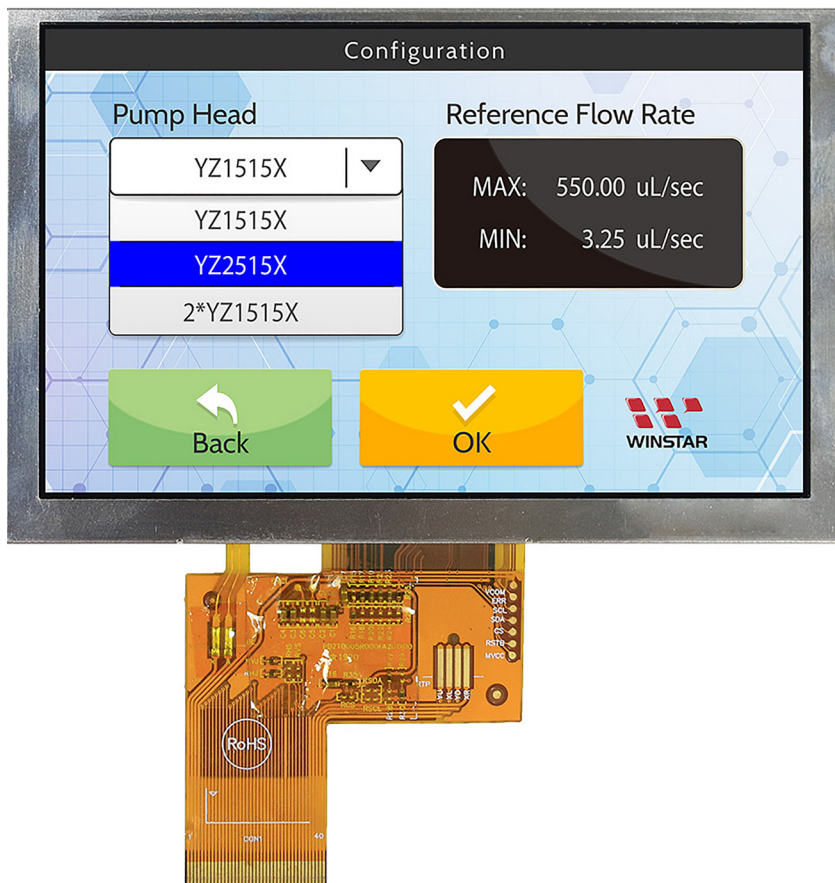
Wysoka jasność, która jest uwarunkowana wyłącznie parametrami zastosowanego podświetlenia. Uzyskanie jasności na poziomie powyżej 1000 cd/m<sup>2</sup>, zalecanej dla wyświetlaczy pracujących w miejscach o intensywnym oświetleniu np. wystawach sklepowych, nie jest problemem.

Dobre odwzorowanie barw charakterystyczne dla matryc typu IPS. Wyświetlanie 24-bitowego koloru nie wymaga ditheringu ani innych metod interpolacji barw.

W przeciwieństwie do wyświetlaczy OLED, wyświetlacze LCD pozwalają na wyświetlanie statycznego obrazu bez niekorzystnych efektów dla matrycy. Efekty zużycia dotyczą równomiernie całej powierzchni ekranu. Żywotność zależy od trwałości podświetlenia i zwykle zaczyna się od 50 tys. godzin.

## Wady wyświetlaczy LCD to przede wszystkim:

Słaby kontrast, zwłaszcza w odniesieniu do wyświetlaczy OLED. Dodatkowo pogarszający się wraz ze wzrostem jasności lub kąta



Fotografia 10. Wyświetlacz TFT IPS

obserwacji. Wyświetlacz o niskim kontraście będzie prezentował mało wyraźny obraz.

Małe kąty obserwacji w przypadku wyświetlaczy TN. Zwykle oscylują w zakresie 45...80°. Dla niektórych zastosowań ma to bardzo istotne znaczenie, np. w przypadku tablic informacyjnych. W innych zastosowaniach, jak urządzenia RTV czy sprzęt pomiarowy, który jest obsługiwany przez operatora siedzącego naprzeciwko, jest mniej istotne. Znaczną poprawę w tym zakresie oferują wyświetlacze IPS.

Niekorzystny wpływ temperatury. Zakres temperatur pracy dla wielu wyświetlaczy LCD wynosi od -20 do +70°, a dla wersji specjalnych jest jeszcze szerszy. Jednak w wielu modelach widoczne jest spowolnienie reakcji przy niskich temperaturach.

Wysokie zapotrzebowanie na energię, w odniesieniu do wyświetlaczy OLED, ponieważ zawsze działa podświetlenie całej matrycy. W ekranach o dużych przekątnych, stosowanych w monitorach i TV, podświetlenie matrycy jest podzielone na sekcje sterowane niezależnie, co znacznie poprawia zarządzanie poborem energii. W przypadku małych ekranów, podświetlenie jest zwykle realizowane za pomocą kilku diod LED, oświetlających warstwę rozpraszającą równomiernie światło dla całej matrycy. Nawet przy niewielkim wypełnieniu wyświetlacza treścią, takie podświetlenie musi działać stale z pełną mocą.

## Podsumowanie

W artykule skupiłem się na opisanu tych rodzajów wyświetlaczy, które są powszechnie stosowane i dostępne w szerokiej ofercie. Wśród nowych rozwiązań interesujące są wyświetlacze EPD. Jednak pomimo wyjątkowej jakości obrazu i przy minimalnym zapotrzebowaniu na energię mają one wiele wad (przede wszystkim wąski zakres temperatur i wysokie koszty) i ich zastosowania są mocno ograniczone. Istnieje jeszcze jeden typ wyświetlaczy, które mogą sprawdzić się w wymagających aplikacjach – wyświetlacze LED. Dzięki bardzo wysokiej jasności, wynoszącej nawet kilkadziesiąt tysięcy cd/m<sup>2</sup>, doskonale sprawdzają się w aplikacjach outdoorowych. Poza tym mają duże zapotrzebowanie na energię, często wymagają odpowiedniego chłodzenia, a ze względu na specyficzną konstrukcję praktyczne zastosowanie znajdują tylko bardzo duże ekrany.

Damian Sosnowski, EP

## Bibliografia:

1. <http://bit.ly/3kh6lWC>
2. <https://bit.ly/2Mg1J6s>
3. <http://bit.ly/3pMhqQv>
4. <http://bit.ly/3d14F7c>
5. <http://bit.ly/2ZLibyA>
6. <https://bit.ly/37HE5Hx>
7. EP 10/2011 „Technologie wyświetlaczy elektronicznych”
8. <http://bit.ly/2NPZPK>



BiStable  
Zero Power  
LCD



UART TFT



OLED



ARTRONIC Sp.j.  
ul. Parkowa 6  
81-549 Gdynia  
(58)668-57-83  
(58)668-57-84



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