

# OPTOELEKTRONIKA

dr inż. Seweryn Lipiński

A209 WNT

[seweryn.lipinski@uwm.edu.pl](mailto:seweryn.lipinski@uwm.edu.pl)

# Wyświetlacze

Rodzaje

Wyświetlacze vs. słońce

Wyświetlacze dotykowe

Konstruktor szukający wyświetlacza ma dziś całkiem duży wybór, bo...

- cały czas rozwijają się technologie, na których bazują wyświetlacze;
- w ostatnich latach na rynku przybyło wiele ciekawych konstrukcji, które świetnie sprawdzają się w dawniej niespotykanych zastosowaniach;
- ponadto technologie, które zaczęły wschodzić kilka lat temu, stały się już dojrzałe i można po nie sięgać bez obaw, że się nie sprawdzą.

Każdego roku pojawia się wiele nowości interesujących z technologicznego punktu widzenia.

Jednocześnie jest to zagadnienie, w którym zwraca się uwagę na coraz więcej szczegółów.

Dawno temu, szukając „dobrego” wyświetlacza patrzyło się przede wszystkim na wymiary, rozdzielczość i liczbę obsługiwanych kolorów.

Oczywiście wpływ na wybór miały też:

- rodzaj matrycy,
- zastosowany sterownik,
- pobierany prąd.

Obecnie można lepiej doprecyzować swoje oczekiwania i wymagać np.:

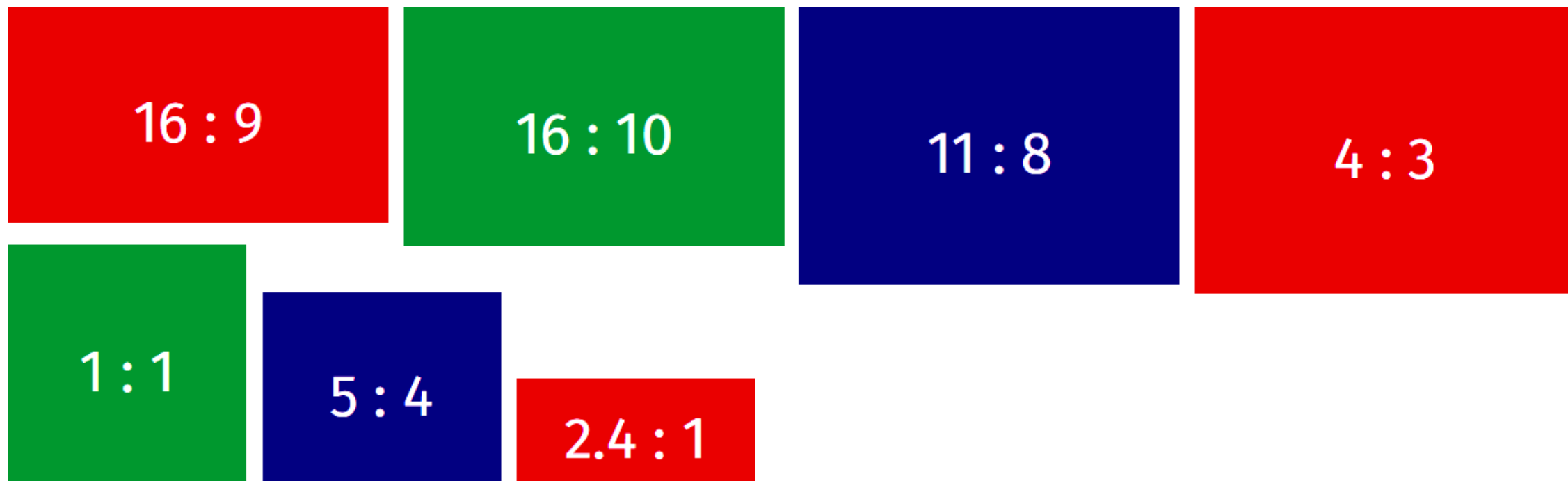
- ekstremalnie wysokiej jasności,
- odporności na skrajne temperatury,
- znakomitych kątów obserwacji,
- adekwatnego ekranu dotykowego,
- odpowiedniej klasy szczelności,
- estetycznej ramki,
- wytrzymałości na drgania czy intensywne pole elektromagnetyczne, wandaloodporności,
- zaawansowanych powłok antyrefleksyjnych, antybakteryjnych, itd.

Do tego dochodzą różne rozmiary, proporcje, kształt...

# A propos proporcji...

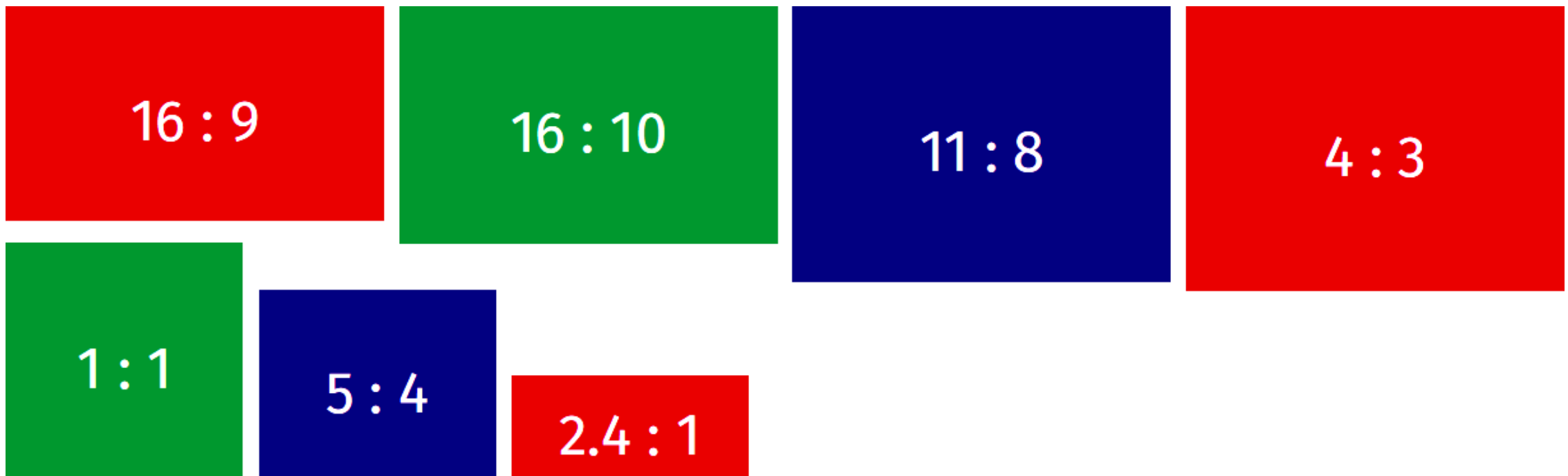
Najpopularniejszym współczynnikiem proporcji telewizora, monitora komputerowego i smartfona jest 16:9 (1,78:1). 16:9 jest standardem Międzynarodowego Związku Telekomunikacyjnego od 1990 roku.

Standardowe rozdzielczości HDTV, takie jak 1280×720, 1920×1080 i UltraHD 3840×2160, mają proporcje 16:9, gdy piksele są kwadratowe.



Standardowy współczynnik proporcji filmu ustalony przez Academy of Motion Picture Arts and Sciences to 11:8 (1,375:1), ale filmy były i nadal są produkowane w szerokiej gamie współczynników proporcji, włącznie z ultraszerokokątnym 2,35:1.

Dość powszechnym współczynnikiem proporcji jest też 16:10 (zbliżony do złotego podziału, 1,618:1), jak i (raczej historycznie) 5:4.



# Technologie

Projektując urządzenie elektroniczne (czy też cały system) mamy do wyboru cztery **podstawowe** technologie:

- LCD - *Liquid-Crystal Display*,
- OLED - *Organic Light-Emitting Diode*,
- LED - *Light-Emitting Diode*,
- EPD – *Electronic Paper Display*.

Poszczególne technologie często nachodzą na siebie obszarami zastosowań, ale warto podkreślić, że w większości aplikacji już w ramach podstawowej specyfikacji podaje się kluczowe parametry wyświetlacza.

# LCD

Wyświetlacze LCD to najbardziej klasyczne rozwiązanie.

Ekranów ciekłokrystalicznych wciąż odpowiada za większość wyświetlaczy w nowych urządzeniach elektronicznych, ale stopniowo tracą dominację, szczególnie w pewnych specyficznych zastosowaniach.

Dotyczy to przede wszystkim systemów typowych dla Internetu Rzeczy, a więc wymagających jedynie prostej sygnalizacji lub bardzo oszczędnego energetycznie prezentowania informacji.

Zastosowanie wyświetlacza LCD można obecnie nazwać podejściem tradycyjnym/domyślnym - wybór ekranów tego typu jest ogromny.

Technologia ciekłokrystaliczna często stanowi złoty środek pomiędzy zużyciem mocy, jasnością, kontrastem, rozmiarem, rozdzielczością i ceną.



Zmienia się natomiast stopień zaawansowania wyświetlaczy. Dawniej popularne były modele alfanumeryczne, ale – choć są to konstrukcje sprawdzone i wystarczające do wielu zastosowań – obecnie projektanci starają się raczej używać modeli graficznych, dzięki którym gotowy produkt wygląda bardziej atrakcyjnie i nowocześnie.

## **LCD (Liquid-Crystal Display) = wyświetlacz ciekłokrystaliczny.**

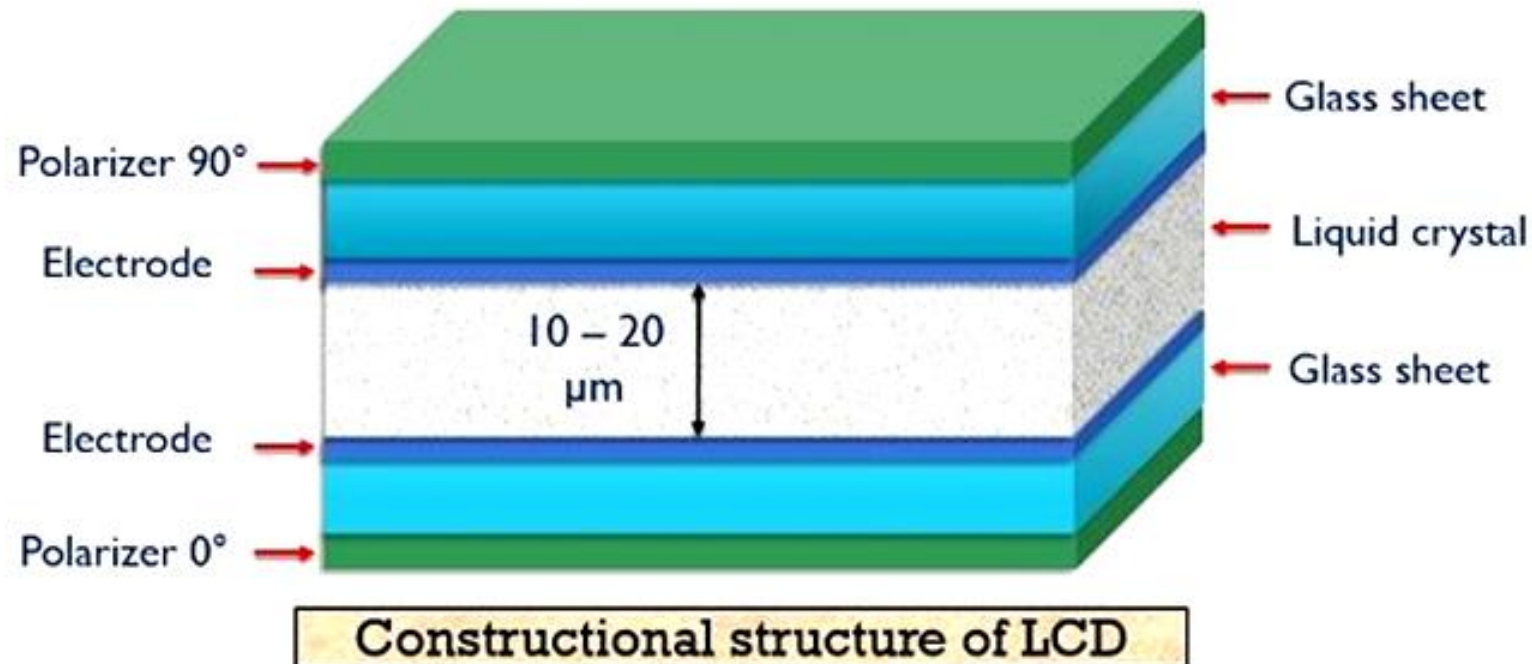
Ciekłe kryształy to substancje, których stan skupienia wykazuje zarówno cechy cieczy, którą charakteryzuje zdolność do płynięcia, jak i cechy struktury krystalicznej, która charakteryzuje się uporządkowaniem tworzących ją cząstek.

Zatem cząsteczki ciekłych kryształów mają pewną swobodę ruchu i jednocześnie są uporządkowane.



Zasada działania i budowa są bardzo podobne dla wszystkich rodzajów wyświetlaczy LCD...

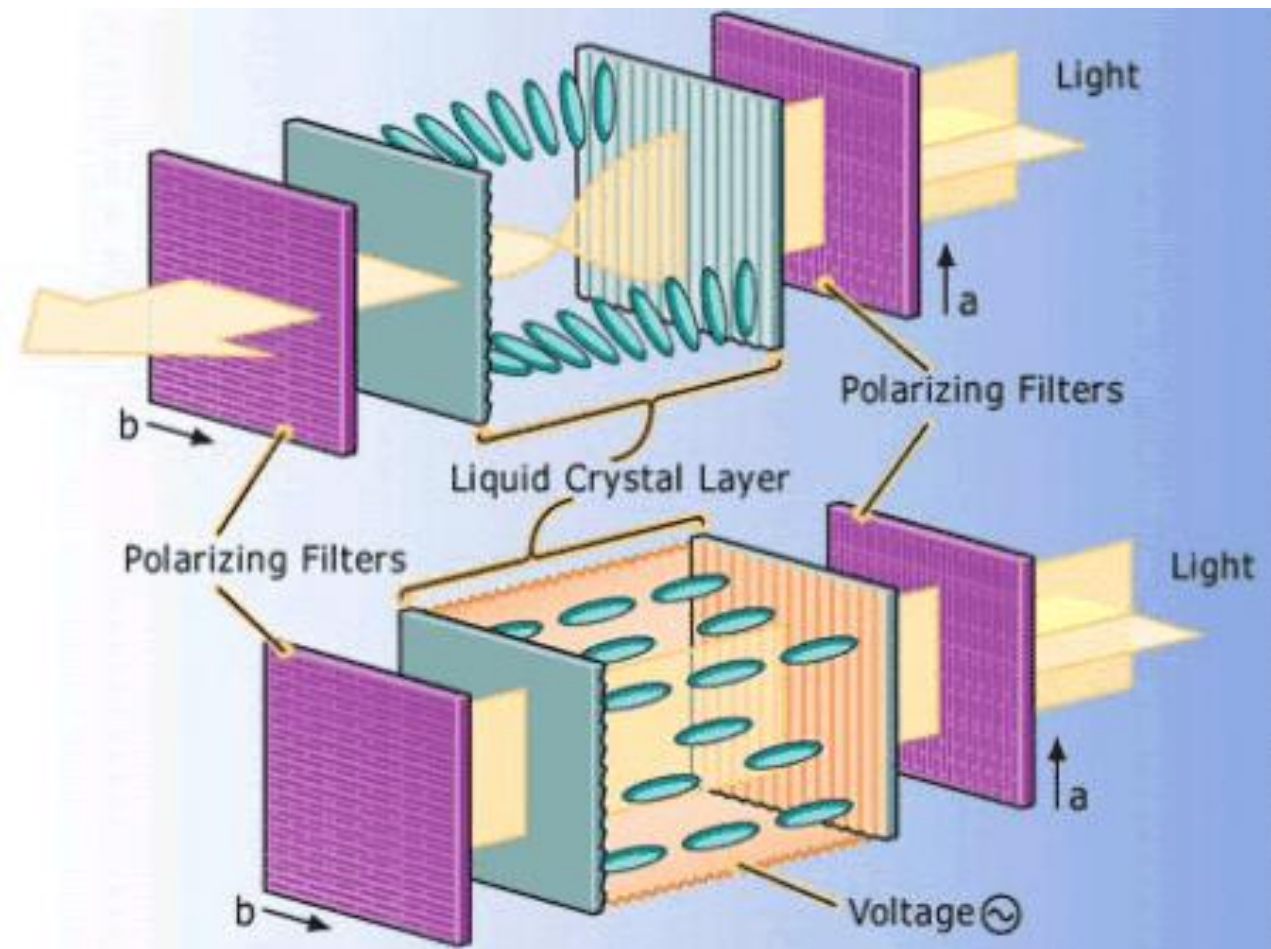
Od dołu i od góry znajdują się polaryzatory światła ustawione prostopadle względem siebie, a pomiędzy nimi znajduje się warstwa ciekłych kryształów.



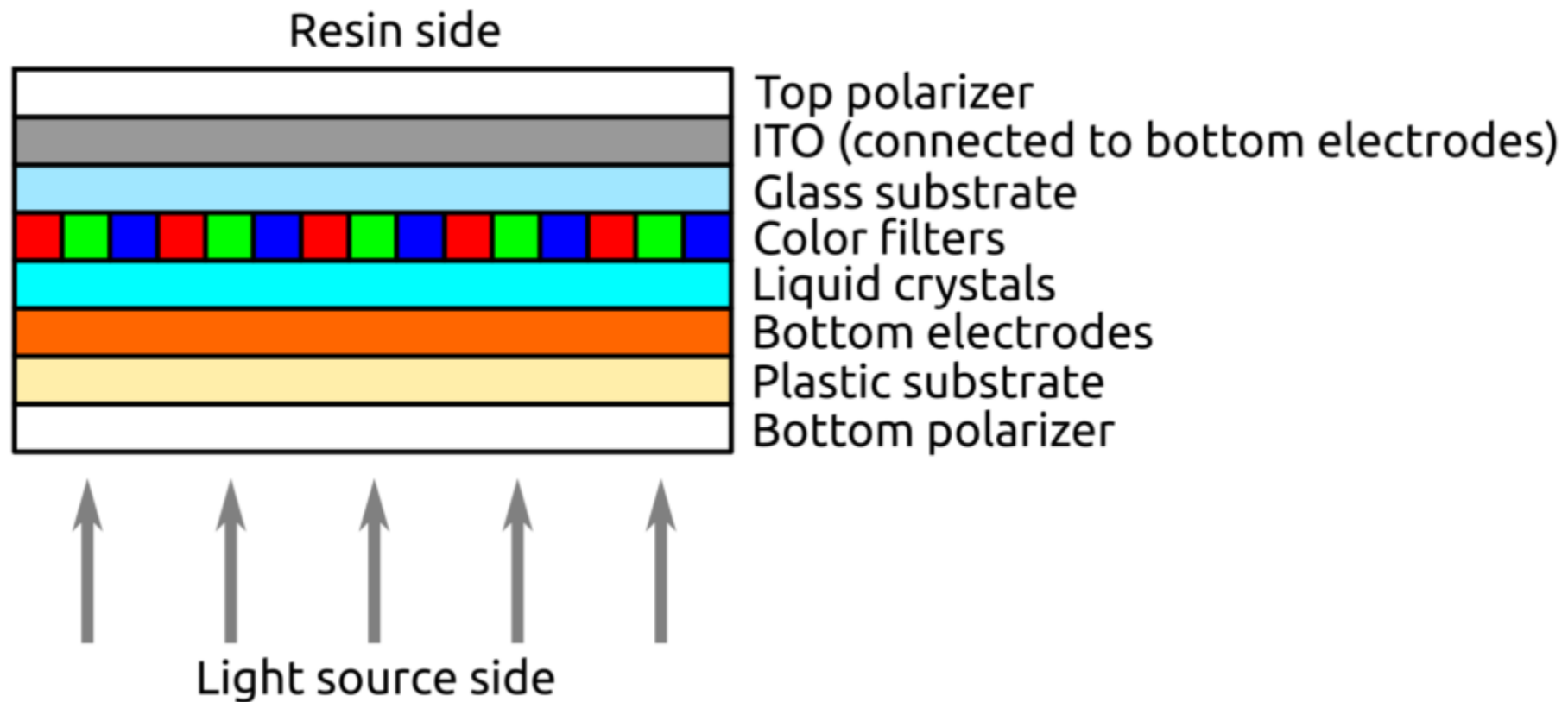
Światło podświetlenia dochodzi do panelu przez pierwszy polaryzator. W stanie OFF ciekłe kryształy są ustawione w taki sposób, że powodują zmianę polaryzacji światła o  $90^\circ$ , dzięki czemu zostaje ono przepuszczone przez drugi polaryzator.

Po przyłożeniu napięcia do elektrod sterujących (ON), 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.

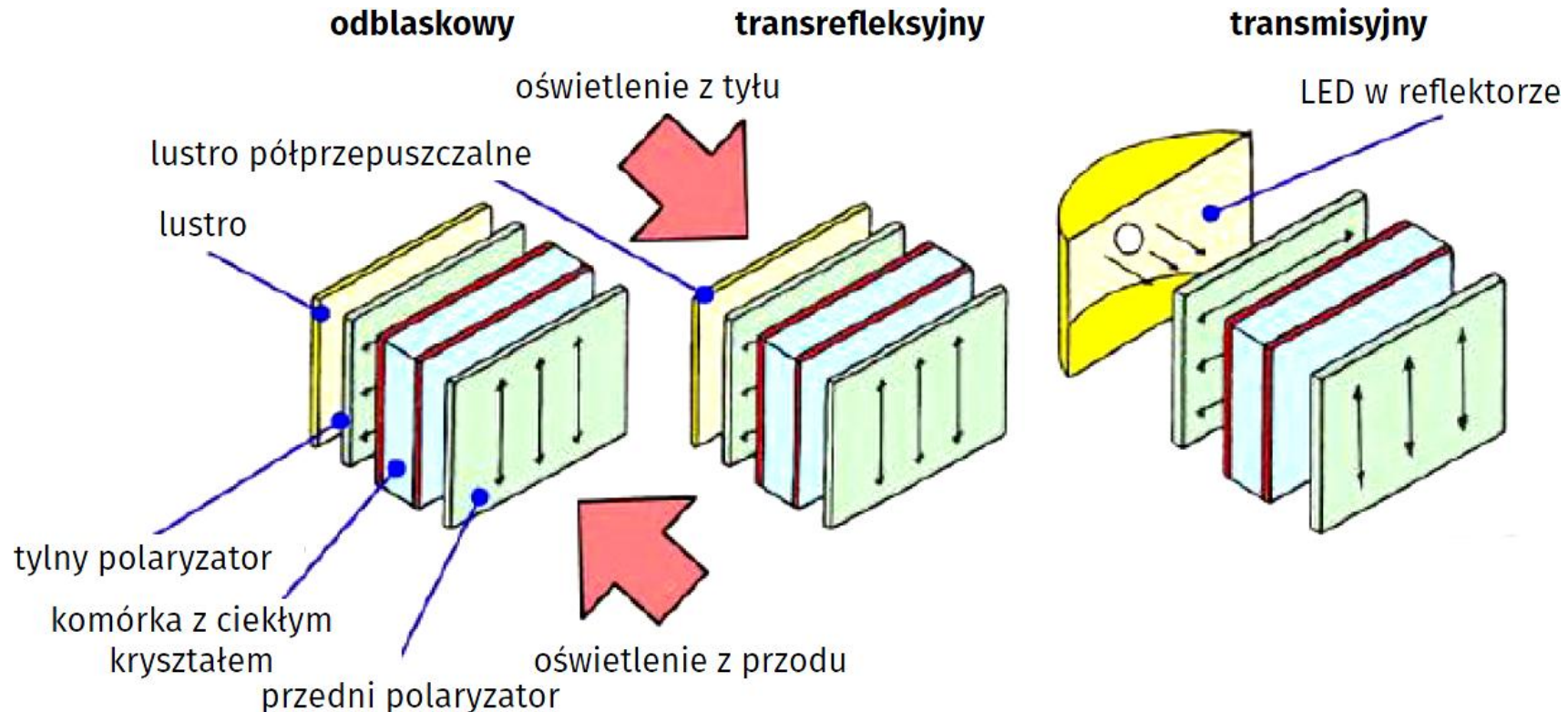


# Podświetlanie wyświetlaczy ciekłokrystalicznych

Wyświetlacze LCD są z definicji pasywne - same nie emitują światła, a jedynie działają poprzez odbijanie światła padającego lub przepuszczanie światła tła.

Istnieją trzy praktyczne realizacje podświetlanych wyświetlaczy ciekłokrystalicznych:

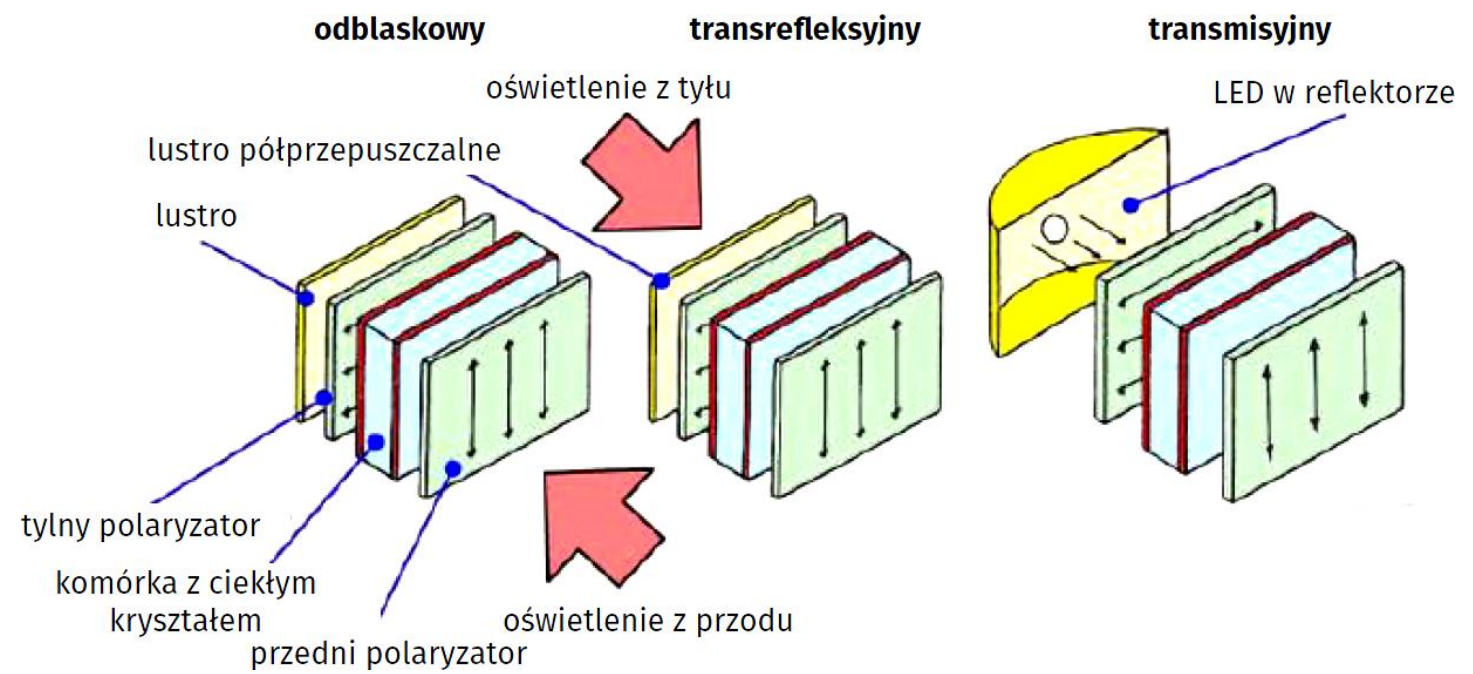
- odblaskowe,
- transrefleksyjne,
- przepuszczające.



**Odblaskowe LCD** mają z tyłu powierzchnię odbijającą światło. Komponenty te pracują więc tylko z odbiciem padającego światła otoczenia. Jest ono przekazywane prawie bez przeszkód przez nie zasilaną część wyświetlacza. Światło padające na segmenty aktywne elektrycznie jest rozpraszaane.

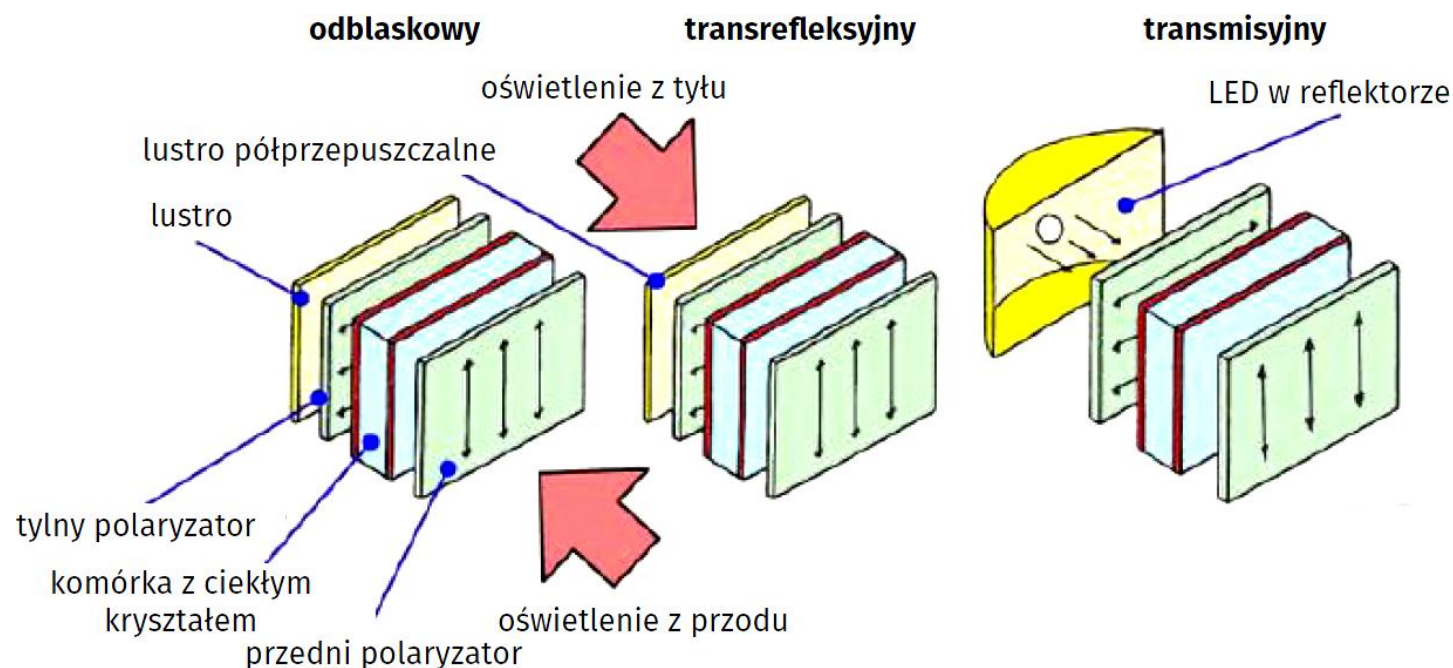
Ta niewielka część, która dociera do lustra jest całkowicie tłumiona przy drugim przejściu.

Charakteryzują się typowym kolorem ołowianej szarości dla części przezroczystej i głęboką czernią dla części pochłaniającej.



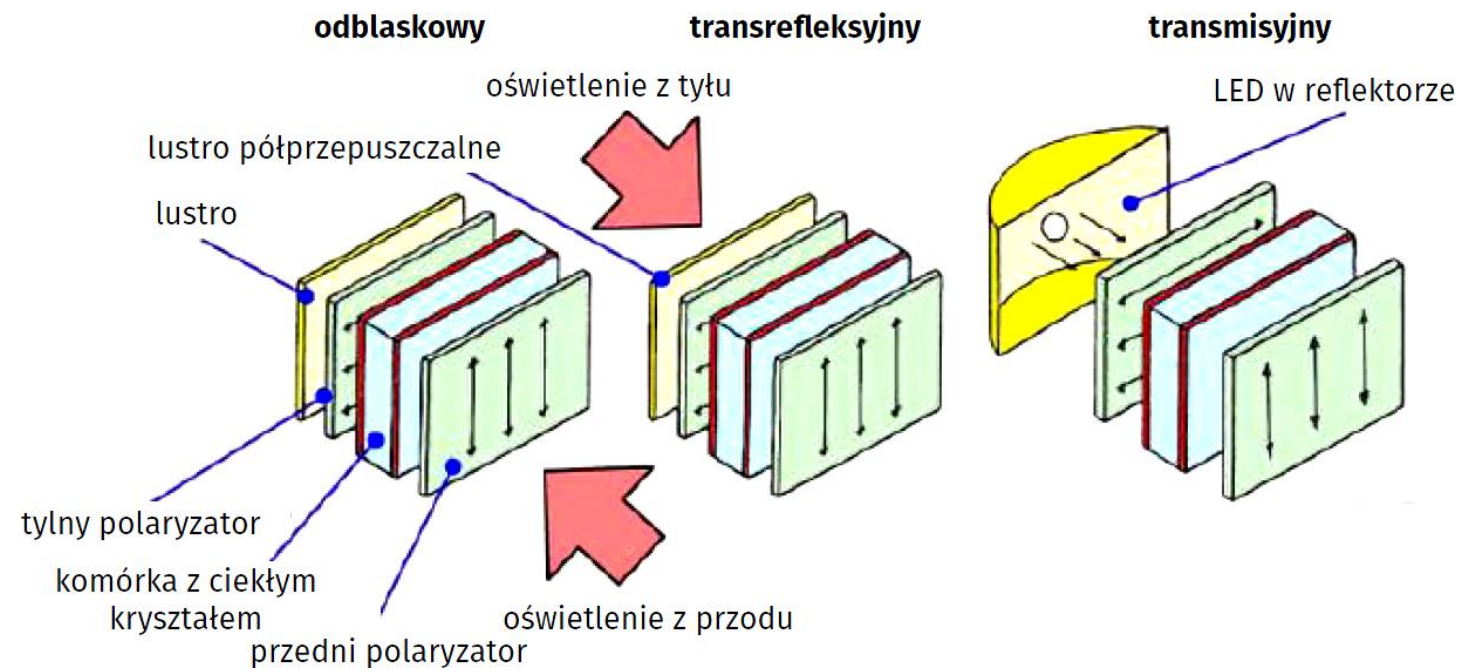
W **transrefleksyjnych LCD** jako odbłyśnik stosuje się półprzezroczyste lustro. W rezultacie otrzymujemy wyświetlacz, który może być podświetlany zarówno od przodu, jak i od tyłu. Za pomocą prostego układu sterującego można włączyć podświetlenie tylnej płaszczyzny, gdy natężenie światła otoczenia spadnie poniżej pewnego progu.

Wyświetlacze te mogą być zatem odczytywane zarówno w dzień, jak i w nocy i zużywają dodatkową moc na podświetlenie tylko wtedy, gdy jest to naprawdę konieczne.



**Transmisyjne LCD** działają tylko z podświetleniem.

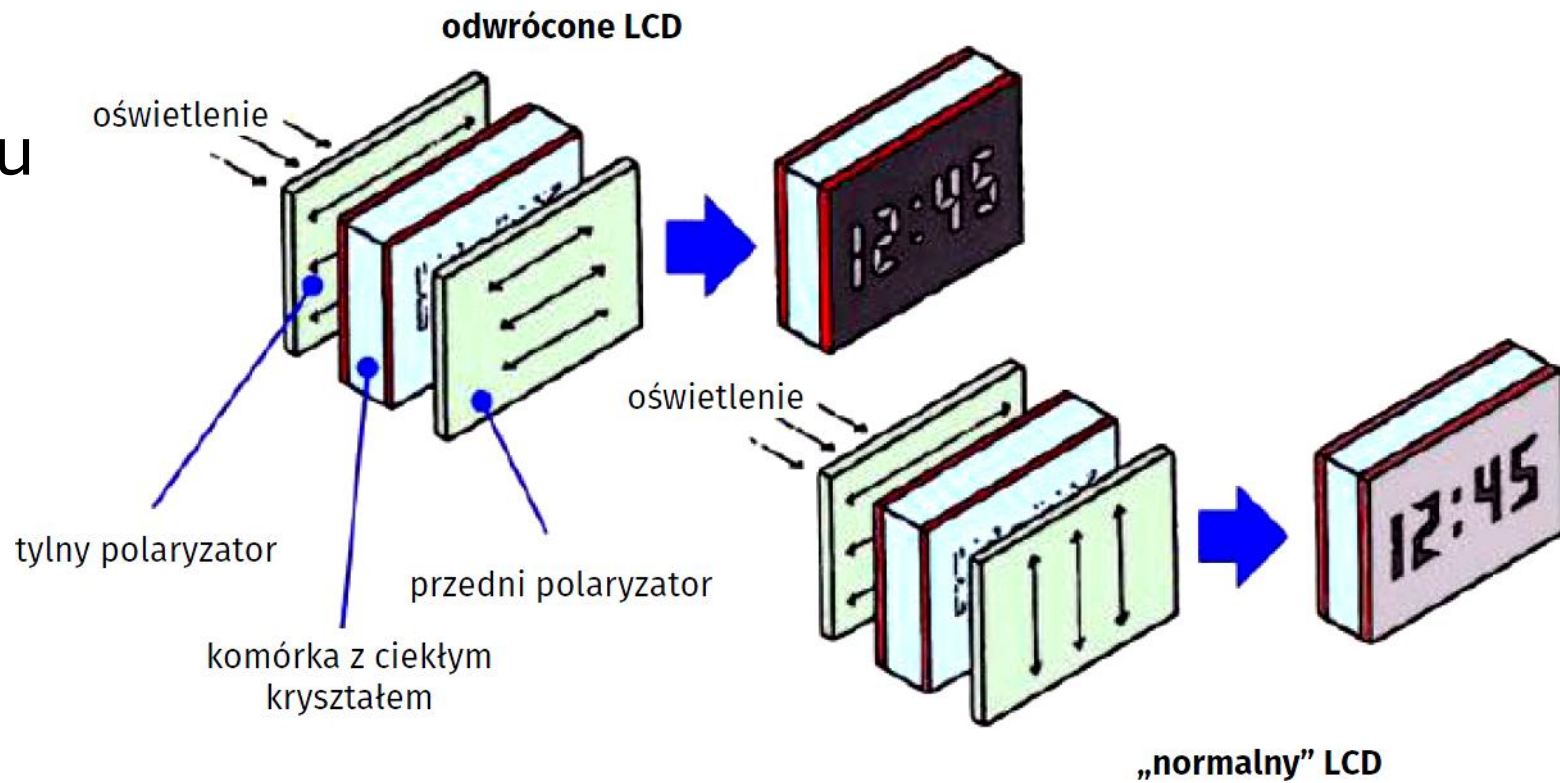
Nie ma więc warstwy odbijającej światło. Źródło światła jest umieszczone za wyświetlaczem. Może to być dioda (diody) LED (najczęściej) lub warstwa fluorescencyjna, która ma tę zaletę, że prawie nie zużywa energii.



Omawiana do tej pory struktura wyświetlaczy ciekłokrystalicznych opiera się na dwóch prostopadłych do siebie polaryzatorach. W efekcie części odczytu pod napięciem są czarne (absorpcja), a części nie pod napięciem są przezroczyste.

Możliwe jest jednak odwrócenie tych efektów poprzez zastosowanie obu polaryzatorów w tym samym kierunku.

Części odczytu, które nie są wtedy aktywne, będą absorbować, części aktywne staną się przezroczyste.



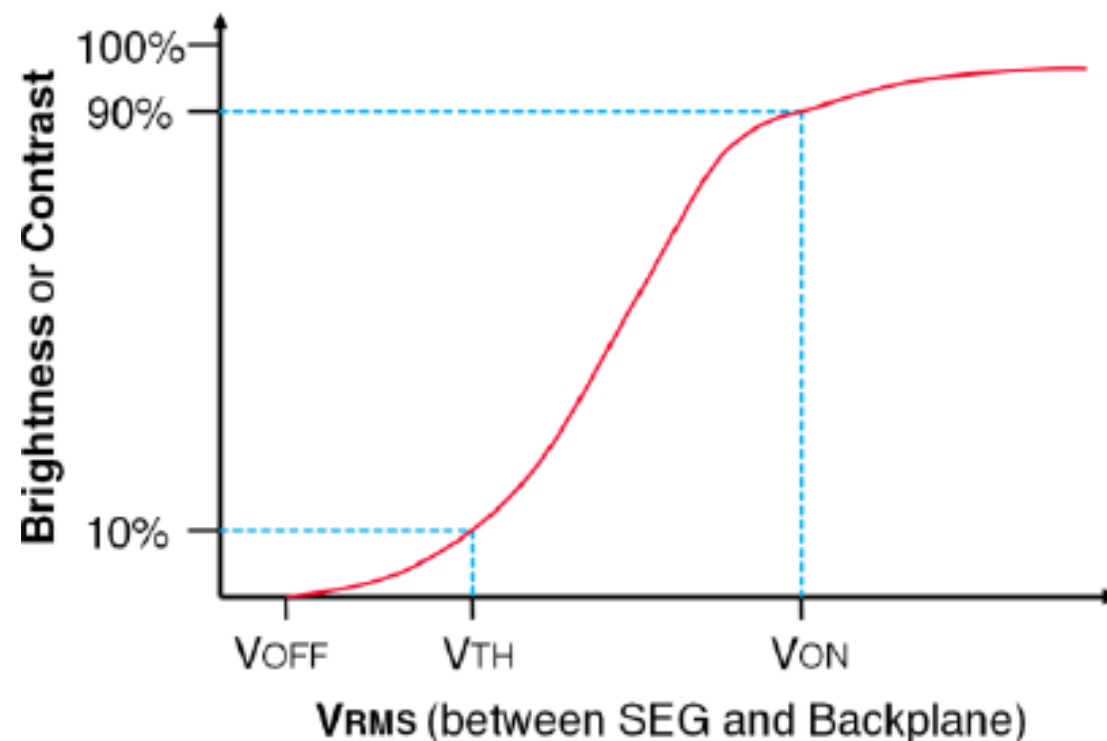
Można wtedy uzyskać przezroczyste segmenty lub ikony na czarnym tle.  
Może to poprawić czytelność.



## Kontrast a napięcie zasilania

Cząsteczki substancji ciekłokrystalicznej nie polaryzują się wszystkie naraz. W miarę wzrostu napięcia coraz więcej molekuł będzie zmuszonych do rezygnacji ze swojej naturalnej orientacji.

Istnieje pewien próg napięcia, poniżej którego natężenie pola jest zbyt małe, aby wymusić na molekułach rezygnację z ich pozycji. Kontrast jest wtedy równy zeru. Istnieje również maksymalny próg, przy którym wszystkie cząsteczki substancji poddały się uporządkowaniu przez pole elektryczne.



## Kontrast a temperatura

Gdy temperatura wzrasta, maksymalny kontrast osiągnany jest już przy niższym napięciu zasilania – wykres staje się bardziej stromy.

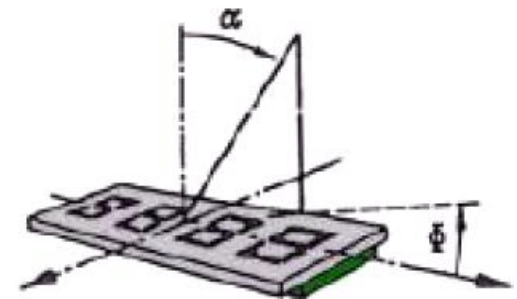
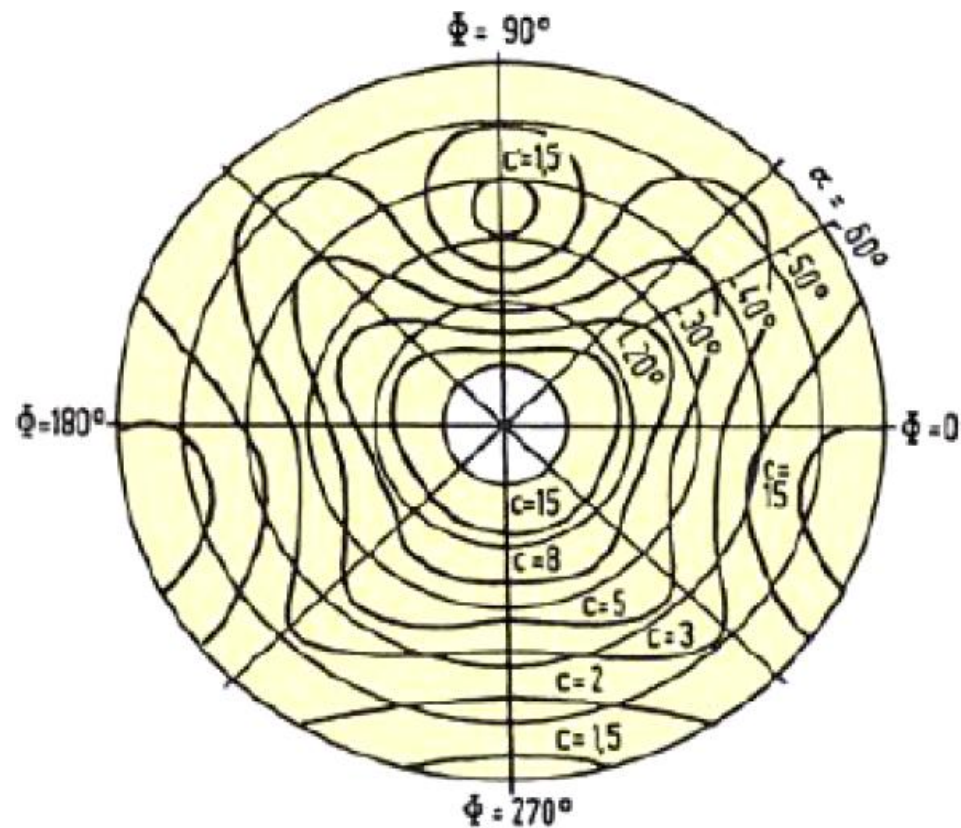
Warto pamiętać, że właściwości ciekłokrystaliczne substancji występują w bardzo ograniczonym zakresie temperatur - między temperaturą topnienia a temperaturą polaryzacji.

Możliwe jest zastosowanie substancji, które mogą być używane w zakresie od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+85^{\circ}\text{C}$ . Jednak dolna granica jest wtedy określona bardziej przez bardzo powolne czasy przełączania substancji niż przez temperaturę topnienia. Np. w temperaturze  $-25^{\circ}\text{C}$  trzeba się liczyć z czasami przełączania rzędu sekund przy włączaniu i kilku sekund przy wyłączeniu.

## Kontrast a kąt widzenia

Ponieważ wyświetlacze ciekłokrystaliczne z definicji transmitują lub odbijają spolaryzowane światło w jednym kierunku, kąt widzenia jest dość krytyczny. Patrząc bardziej ukośnie na odczyt, zauważymy, że uaktywnione ciemne segmenty są coraz mniej wyraźnie odbieralne jako takie.

Zależność tę określają tak zwane „krzywe izostatyczne”. Są to krzywe powstałe przez połączenie wszystkich punktów obserwacji o tym samym kontraście.



## **Żywotność LCD**

Pierwsza generacja LCD zwykle nie wytrzymywała dłużej niż dwa lata.

Nowoczesne wyświetlacze ciekłokrystaliczne mają gwarantowaną żywotność 50 000 godzin, co odpowiada sześciu latom ciągłego użytkowania.

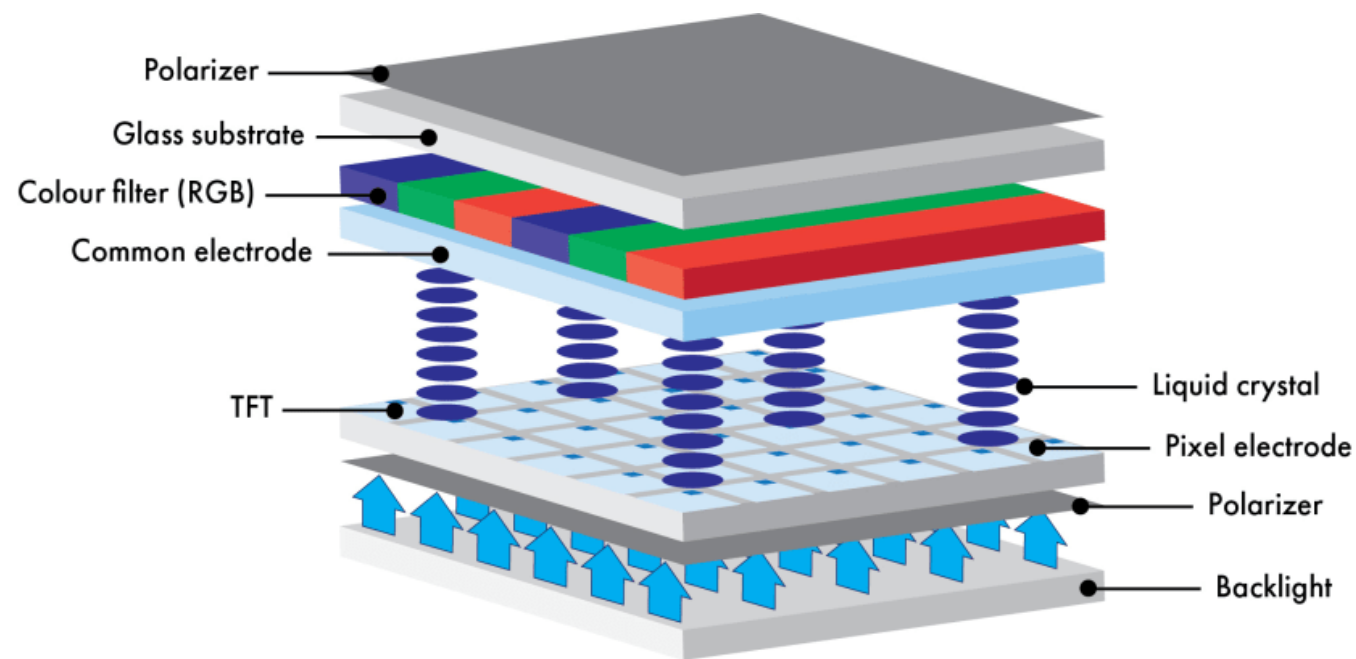
## Rodzaje matryc LCD

Wyświetlacze LCD mogą mieć matryce pasywne i aktywne.

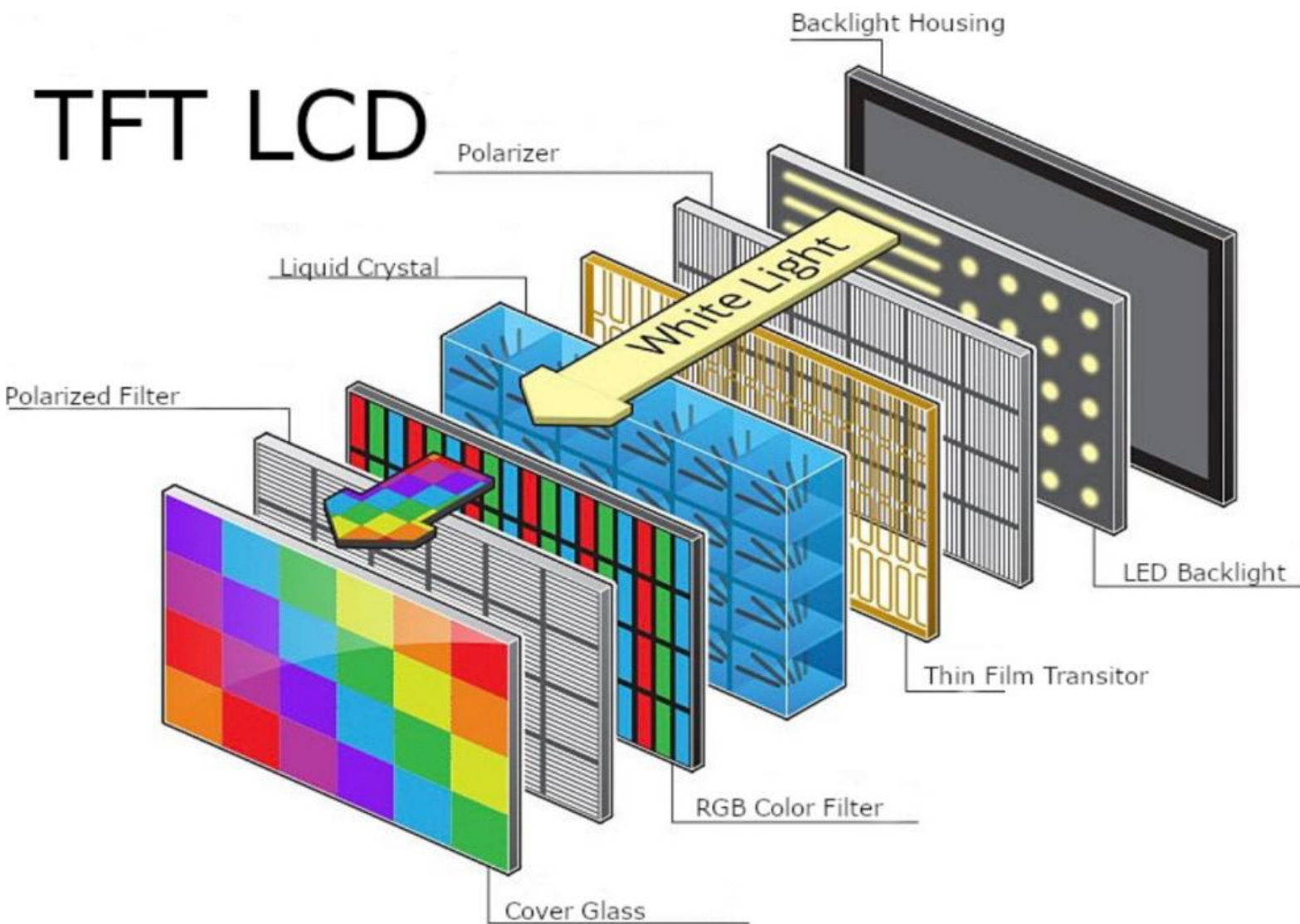
W przypadku **PMLCD** (Passive Matrix LCD) sterowanie pikselami odbywa się poprzez sterowanie elektrodami wierszy i kolumn z cyklicznym odświeżaniem stanów pikseli. Taki sposób sterowania jest charakterystyczny dla wszystkich wyświetlaczy monochromatycznych. Wyjątkiem są wyświetlacze o niewielkiej liczbie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



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).



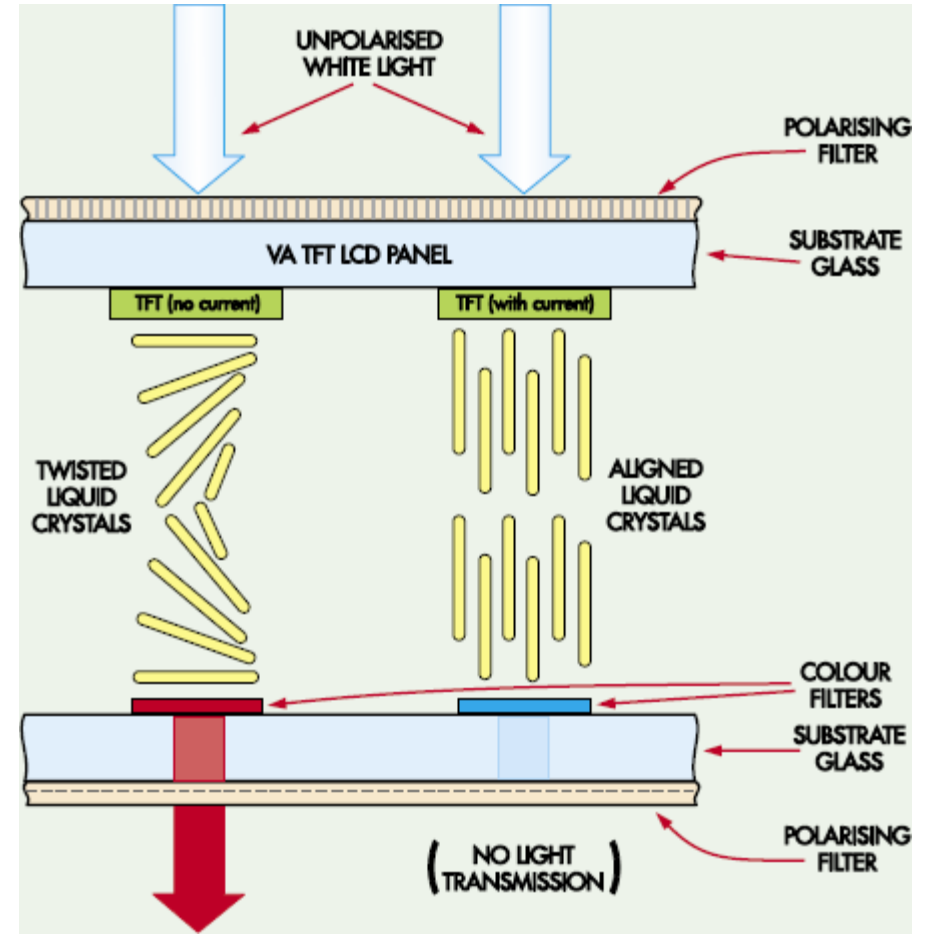
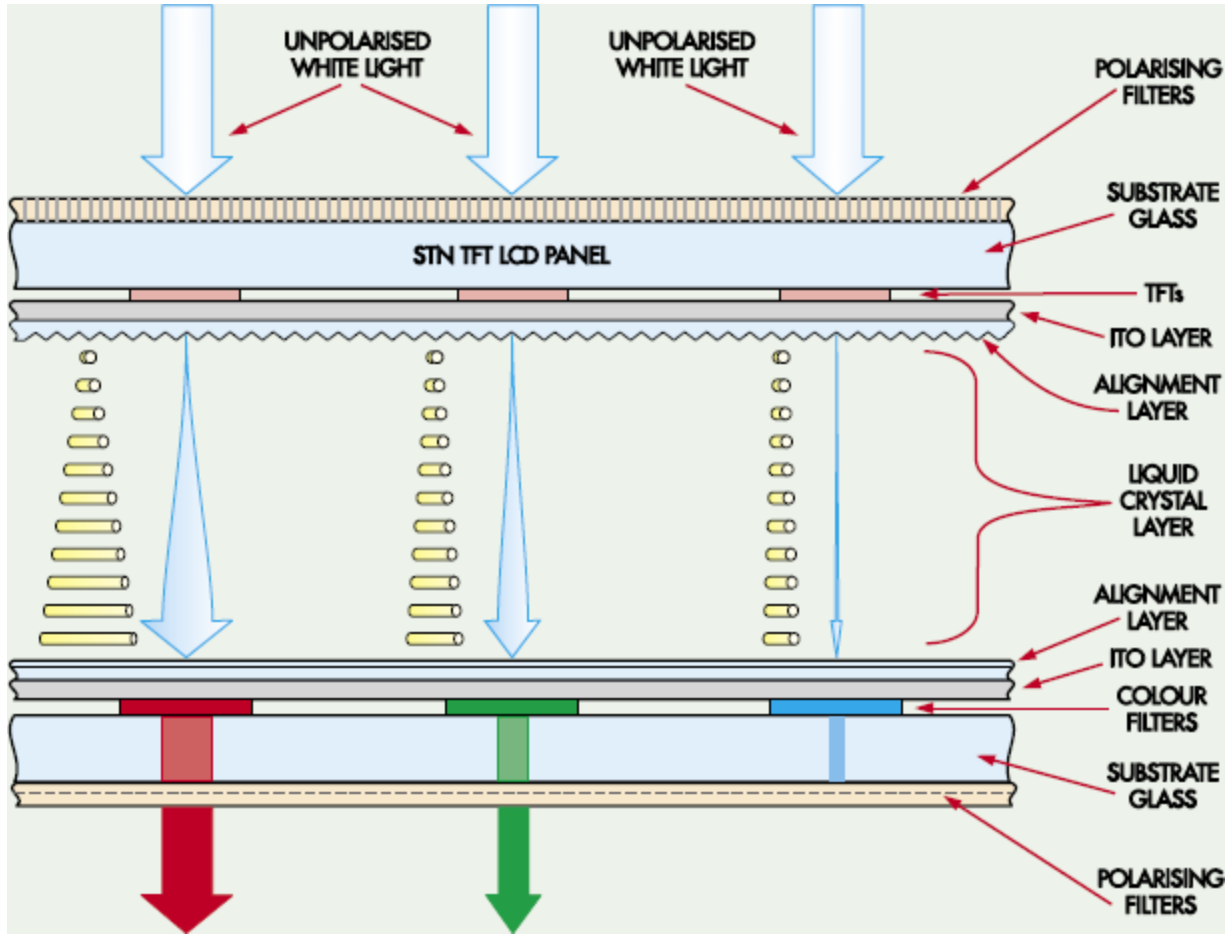
Matryce tego typu są znacznie droższe w produkcji niż ich pasywne odpowiedniki i zużywają więcej energii elektrycznej, jednak cechują się znacznie lepszymi parametrami, a zastosowanie tej techniki pozwala budować matryce o dużych rozmiarach i zarazem o krótkim czasie reakcji na sygnał sterujący.



Technologie TN, IPS i VA są różnymi sposobami realizacji matryc TFT.

Najpopularniejszym rodzajem paneli TFT są matryce w technologii TFT TN, które oferują typowo 6 bitów na kanał koloru, co daje paletę około 262 tysięcy kolorów.

Innymi technologiami stosowanymi w matrycach ciekłokrystalicznych są IPS (In-Plane Switching) oraz VA (Vertical Alignment), zapewniające lepsze odwzorowanie barw i szersze kąty widzenia.



## IPS, VA czy TN?

- Nowoczesne panele VA mają przyzwoite kąty widzenia, jednak panele IPS są nadal zauważalnie lepsze. Słaby kąt widzenia nie tylko oznacza, że nie można zbytnio poruszać głową, ale nawet przy jej statycznej pozycji rogi ekranu mogą wydawać się wyblakłe lub zmieniać kolory w odniesieniu do środka. Panele IPS mają również najlepsze odwzorowanie kolorów.

- Panele VA mają wyższe współczynniki kontrastu, głębszą czerń i wyższe częstotliwości odświeżania. Jednak obecnie dostępne są ekrany IPS z odświeżaniem 144 Hz, co sprawia, że rozróżnienie częstotliwości odświeżania staje się mniej krytyczne.
- Z kolei jedynym powodem, dla którego warto stosować ekran TN, jest chęć uzyskania bardzo wysokiej częstotliwości odświeżania, np. 240 Hz lub wyższej. Co prawda obraz wygląda o wiele gorzej, ale niektórzy preferują tak wysokie częstotliwości, np. w grach.

To także za sprawą wyświetlaczy LCD spopularyzował się interfejs dotykowy. Szybkie, estetyczne, kolorowe animacje oraz duże powierzchnie ekranów pozwala na tworzenie ergonomicznych i ciekawych interfejsów użytkownika, jakich nie da się przygotować za pomocą tradycyjnych klawiszy.



Co więcej, w przypadku złożonych urządzeń, sięgnięcie po ekran dotykowy jest tak naprawdę tańsze niż integrowanie mnóstwa oddzielnych przycisków albo dużej klawiatury.

Stąd bardzo wiele nowoczesnych wyświetlaczy jest zintegrowanych z panelami dotykowymi lub specjalnie przystosowanych do pracy w takiej konfiguracji.



Kolejnym trendem obserwowanym w ostatnim czasie jest zwiększenie poziomu abstrakcji, na którym odbywa się sterowanie nimi.

Staje się to możliwe dzięki coraz bardziej zaawansowanym sterownikom, w efekcie czego w niektórych konstrukcjach użytkownik może bezpośrednio przesyłać do sterownika pliki graficzne i za pomocą prostych komend decydować o ich prezentacji w określonych obszarach wyświetlacza.

Pozwala to na bardzo łatwe i szybkie przygotowywanie animacji, rysowanie atrakcyjnych wizualnie interfejsów użytkownika i prezentowanie dowolnego rodzaju danych. Wraz z postępem w technologiach cyfrowych układów scalonych, wbudowanie zaawansowanego sterownika wiąże się z coraz mniejszym kosztem.

W ostatnim czasie przybyło też dużych maszyn, które instalowane są w miejscach dostępnych publicznie, często na otwartym powietrzu.

Narzucają one inne wymagania na montowane w nich wyświetlacze niż typowa elektronika konsumencka.

Ekran musi być bardzo jasny, by mógł pracować także przy dużym nasłonecznieniu, musi znosić bardzo niskie i wysokie temperatury, a do tego być wandaloodporny.



Całkiem niedawno na rynku pojawiły się ekrany z powłokami antybakteryjnymi.

Naniesienie jonów srebra na powierzchnię szkła wyświetlacza skutkuje uzyskaniem niemal stuprocentowej bakteriobójczości, a ponadto skutecznie zabijane jest też wiele rodzajów grzybów.

Naturalnie podstawowym rynkiem dla takich rozwiązań jest przemysł medyczny, ale zalety są doceniane także w innych branżach, w tym w spożywczej.



## AB32ZD – 32" 1080p Antibacterial PCAP Touchscreen Monitor

**Part Number: AB32ZD-OV-45P0**

**Category:** Antibacterial Touch Monitor

Gvision's antibacterial touch monitor can be used in environment where human hygiene is a concern, the AB32ZD 32-inch antibacterial monitor destroys bacteria and harmful microorganisms on contact. SGS Standards Technical Services tested and pass the value of antimicrobial activity against common bacteria.

- **32-Inch** Screen Size
- **1920x 1080 Full HD** Resolution
- Long Acting **Antibacterial** Screen
- **SGS Report** Pass the Value of **Antimicrobial** Activity
- **HDMI / VGA / DVI / Audio** Input Connectors
- **10-Point PCAP** Projected Capacitive Touch Technology
- **IP65** Rating: **Water / Dust** Resistance
- **LED** Backlight Unit



# OLED

Technologia OLED (Organic Light-Emitting Diode) w obecnych czasach podlega największym zmianom.

Technologicznie największa różnica jest taka, że w wyświetlaczu OLED każdy piksel sam emituje światło.

Innymi słowy:

- LCD - moduluje światło,
- OLED - generuje światło.

## Konsekwencje:

- brak podświetlenia - idealna czerń,
- brak polaryzatorów - doskonałe kąty widzenia,
- brak ciekłych kryształów - krótki czas reakcji,
- cienka struktura - elastyczne i zakrzywione ekrany.



Niemniej, o czym trzeba pamiętać:

- degradacja materiałów organicznych,
- burn-in, image retention/persistence,
- problem z długotrwałą pracą statyczną, niższa jasność maksymalna,
- koszt dużych paneli.

A to często rzeczy ważne/kluczowe w automatyce (HMI), przemyśle, zastosowaniach outdoorowych.

Zatem diody organiczne pozwalają uzyskać bardzo dobre kontrasty, bardzo dobre kąty obserwacji i mikrosekundowe czasy potrzebne na odświeżenie treści – czyli o rzędy wielkości lepsze niż w przypadku ekranów LCD.

Kolejną zaletą OLEDów to bardzo małe wymiary i masa, dzięki temu wyświetlacz OLED jest również cieńszy i lżejszy niż LCD, ponieważ nie wymaga podświetlenia i polaryzatorów, a uwzględniając kompatybilność z elastycznymi podłożami, otrzymujemy możliwość produkcji bardzo cienkich, wyświetlaczy elastycznych.



A propos elastyczności...

Zagadnienie to może dotyczyć dwóch pokrewnych, ale różnych typów wyświetlaczy:

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



- **Foldable OLED** - dotyczy ekranów cechujących się pewnym stopniem swobody ruchu już na etapie ich eksploatacji. Jest to najczęściej możliwość składania ich wzdłuż określonej osi.
- Innymi słowy jest to OLED składany.



Mały jest też pobór mocy. Podświetlenie LCD w normalnym trybie pracy pobiera maksymalną moc, żeby wyświetlić jakikolwiek obraz (niezależnie od jego kolorów).

**Wyświetlacze typu OLED zużywają energię w zależności od wyświetlanego obrazu.**

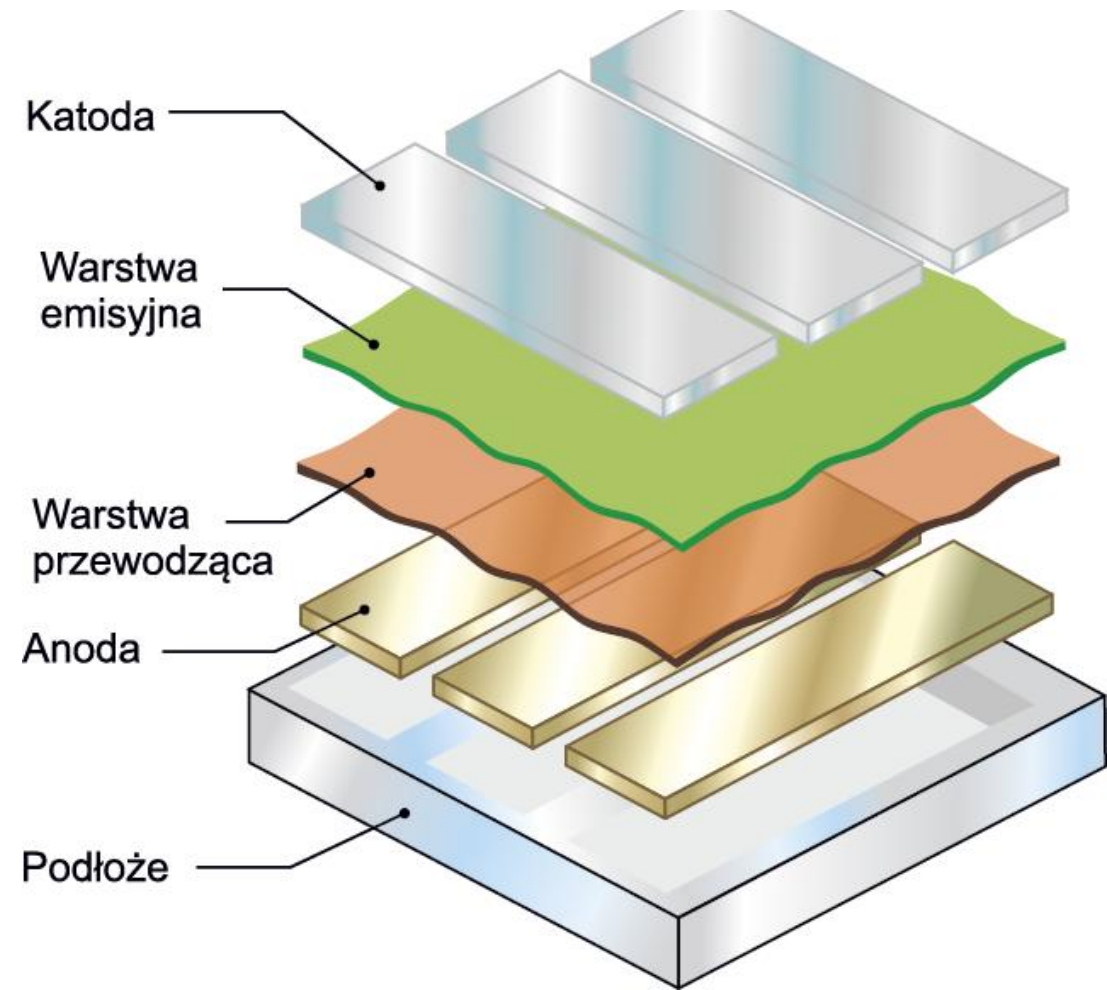
Czarne elementy pobierają najmniejszą ilość energii, a białe największą.

Jednakowoż to prawda, że OLEDy wciąż są nieco bardziej kosztowne niż porównywalne wyświetlacze LCD.



Podobnie jak dla LCD, istnieją dwa typy wyświetlaczy OLED. Pierwszy to tzw. PMOLED (Passive-Matrix Organic Light-Emitting Diode).

Zarówno katoda, jak i anoda mają kształt pasków, ale ułożone są prostopadle. 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.

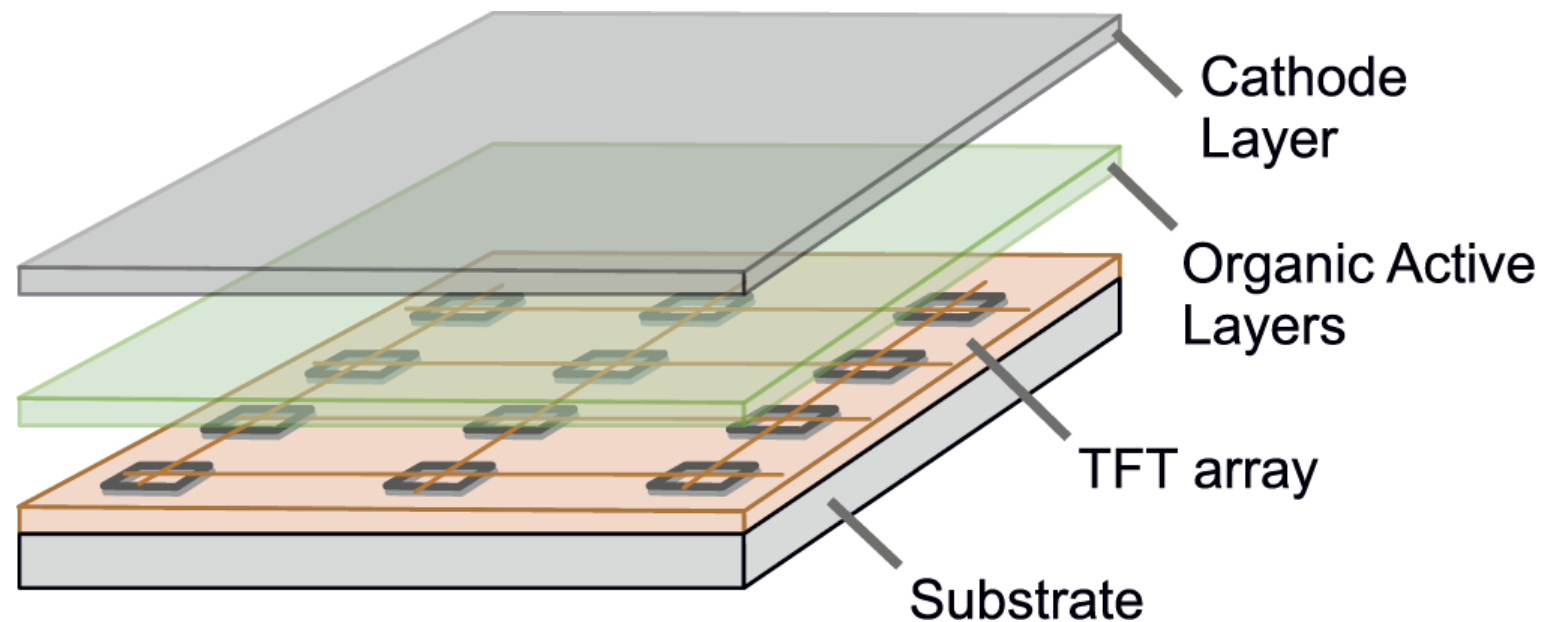


Wyświetlacze PMOLED są stosunkowo łatwe do wykonania, ale ich zastosowanie w praktyce ogranicza się do prezentacji jednobarwnego tekstu, ikon czy prostych grafik i najlepiej nadają się do małych ekranów o przekątnej do ok. 3 cali



Drugim typem wyświetlaczy OLED jest AMOLED (Active Matrix Organic Light-Emitting Diode). Katoda i anoda stanowią pełne warstwy, ale na powierzchni anody naniesiona jest siatka TFT, która umożliwia zaświecenie poszczególnych pikseli. Wyświetlacze tego typu oferują lepszą jakość obrazu niż wyświetlacze PMOLED i dysponują pełną paletą barw.

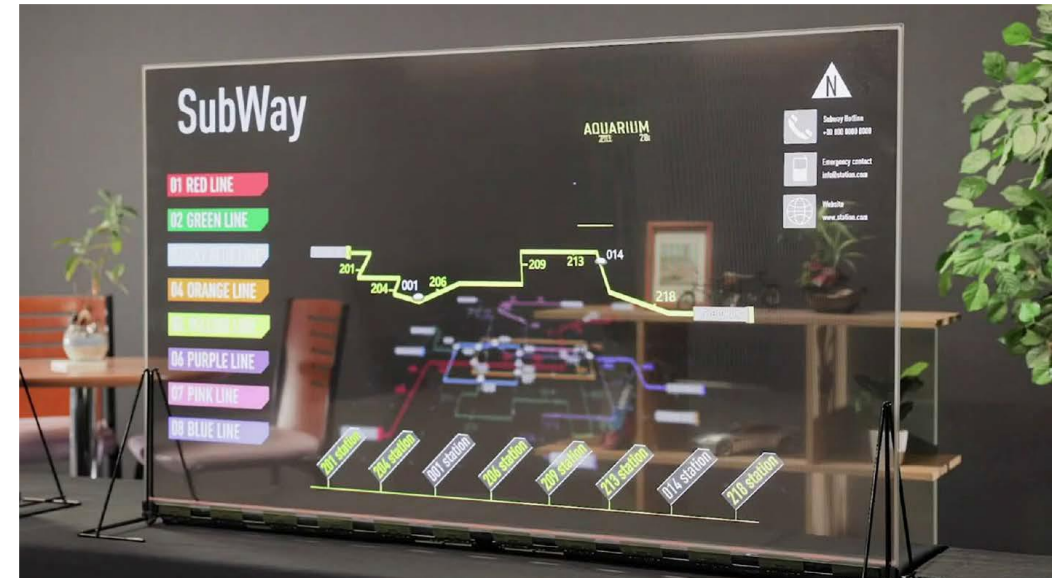
Dzięki wysokiej częstotliwości odświeżania są odpowiednie dla treści wideo, a dodatkowo zużywają mniej energii niż klasyczne wyświetlacze OLED.



Typem wyświetlaczy OLED, które są intensywnie rozwijane, są wyświetlacze przezroczyste - transparent OLED = TOLED.

Każda warstwa takiej matrycy 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.



Kluczowym problemem OLEDów pozostają sytuacje, w których na ekranie ma być prezentowana przez długi czas dokładnie ta sama treść. Może ona spowodować wypalenie się konkretnego wzoru na matrycy, w czego konsekwencji będzie on widoczny jako stały cień.



## Skąd wypalanie?

- Każdy piksel jako źródło światła - w przeciwieństwie np. do LCD, gdzie podświetlenie jest wspólne, OLED ma własne źródło światła w każdym pikselu;
- Nierównomierne zużycie - długotrwałe, ciągłe wyświetlanie statycznych elementów (np. logo, tła) powoduje, że te piksele są bardziej intensywnie używane i szybciej się starzeją, tworząc permanentne ślady;
- Materiały organiczne - ekrany OLED konstruowane są z materiałów, które w procesie starzenia się mogą zmieniać właściwości (szczególnie emitowania światła).

Można temu zapobiec modyfikując sposób prezentowania treści.

Dobrym zabiegiem jest wprowadzanie niewielkiej losowości w rysowane wzory, tak by nie znajdowały się one zawsze w tych samych miejscach.

Do tego adekwatny dobór kolorów pozwala doprowadzić do bardziej równomiernego zużycia pikseli, dzięki czemu powidok się nie pojawia lub zostaje znacząco zminimalizowany.

Warto także zadbać o korzystne temperatury pracy wyświetlacza OLEDowego (zależność pomiędzy temperaturą a czasem życia jest logarytmiczna) i nie nadużywanie wysokiej jasności.

Nowoczesne OLEDy to także wyświetlacze całkiem żywotne, jednak specyfika obecnych technologii sprawia, że różne barwy wypalają się w różnym tempie:

- najdłużej swoją sprawność zachowują ekrany, na których prezentowanych jest dużo żółtych treści,
- najkrócej te, które korzystają z dużej ilości koloru niebieskiego,
- różnica pomiędzy nimi wynosi nawet rząd wielkości!

## **Dlaczego?**

Niebieski OLED cechuje się najkrótszą żywotnością spośród kolorów RGB (czerwony, zielony, niebieski) – ok. 5–14 tys. godzin pracy, gdzie czas pracy czerwonego i zielonego OLEDa może wynosić nawet od 46 do 230 tys. godzin pracy.

## Co jeszcze warto wiedzieć...

OLEDy umożliwiają bezawaryjną (i bez smużenia) pracę w szerokim zakresie temperatur, zwykle  $-40\dots+80^{\circ}\text{C}$ .

Tym samym, rozpiętość temperaturowa dla wyświetlaczy OLED jest znacznie szersza niż dla większości szerokotemperaturowych wyświetlaczy LCD.

Jasność OLEDów oscylujące w okolicy  $100\text{ cd/m}^2$ .

Wyświetlacze LCD dają dużo większe możliwości - pozwalają osiągnąć jasność nawet  $1000\text{ cd/m}^2$ .

# LED

**W przeciwieństwie do LCD i OLED, pojęcie wyświetlacz LED odnosi się tu do bezpośrednio świecących matryc diod, a nie do podświetlenia.**

Technologia LED świetnie sprawdza się tam, gdzie pożądanym rozmiar wyświetlacza jest bardzo duży. Jest też niezastąpiona, gdy potrzebna jest bardzo duża jasność ekranu, a gęstość upakowania pikseli nie ma dużego znaczenia.

Wyświetlacze tego typu buduje się z matryc diod LED, czyli w praktyce składa z wielu segmentów. Te z założenia w większości przypadków projektowane są z myślą o zastosowaniach na zewnątrz budynków, choć różnią się między sobą szczegółami odnośnie wytrzymałości i odporności na trudne warunki środowiskowe.

Ekran LEDowe są najczęściej wykorzystywane do systemów informacyjnych lub do tworzenia multimedialnych billboardów.



99	Piatkowska		4min
11	Piatkowska		5min
15	skiego	WSTRZYMANIE RUCHU	7min
3	Wilczak	WSTRZYMANIE RUCHU	7min
15	Os. Sobieskiego		7min
10	Potabska		7min
15	skiego	WSTRZYMANIE RUCHU	7min
3	Wilczak	WSTRZYMANIE RUCHU	8min
			UWAGA! WS

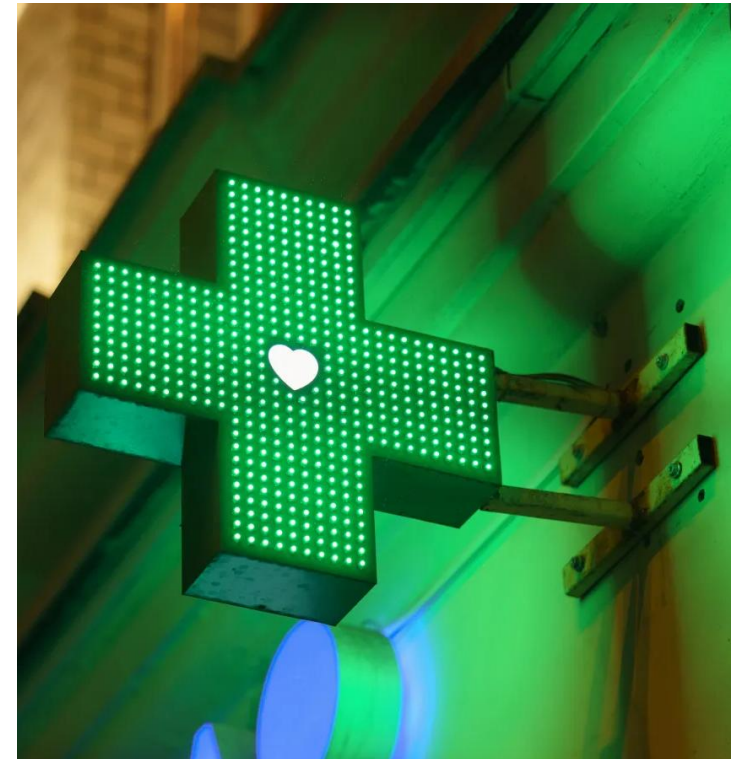
Ekran diodowy oferowane są w wersjach monochromatycznych i kolorowych.

Te pierwsze właśnie służą raczej jako tablice informacyjne, używane do prezentacji prostych informacji, nazw firm, reklam tekstowych, kursów walut i podobnych.

Tablice kolorowe są najczęściej używane do wyświetlania reklam graficznych.

Kształt ekranów LEDowych u wielu producentów może być swobodnie dobierany, co wynika z ich modularnej budowy.

Dostępne są też ekrany o popularnych, nietypowych kształtach – np. w postaci krzyży używanych jako symbole dla aptek.



Typowe rozmiary matryc LED stosowanych w reklamie to kilka lub kilkanaście metrów kwadratowych. Nierzadko spotyka się wyświetlacze o powierzchni kilkudziesięciu metrów kwadratowych, a największe przekraczają nawet 100 m<sup>2</sup>.

Dobierając wyświetlacz LEDowy, należy zwrócić uwagę też na inne parametry niż w przypadku LCD czy OLED.

W matrycach LED znaczenie mają przede wszystkim jasność i gęstość upakowania diod.

Istotne są też: dostępna liczba kolorów (zależna głównie od sterownika), pobór mocy, wytrzymałość temperaturowa, klasa odporności na wilgoć i kurz, a także masa całkowita oraz masa w przeliczeniu na metr kwadratowy.

Cechy te zależą przede wszystkim od rodzaju zastosowanych diod, a w dominującej mierze od tego, czy użyto komponentów przewlekanych, czy też montowanych powierzchniowo. Ważne jest również, czy poszczególne kolory składowe uzyskiwane są w ramach trzech diod scalonych w jednej obudowie, czy z użyciem oddzielnych diod czerwonych, zielonych i niebieskich.

Oba podejścia mają swoje zalety i wady:

- Modele z oddzielnymi diodami składowymi nie pozwalają uzyskać tak dużej gęstości upakowania pikseli, jak ekrany ze zintegrowanymi diodami RGB;
- Jednakże zazwyczaj to właśnie modele o oddzielnych diodach czerwonych, zielonych i niebieskich cechują się większą jasnością. Dochodzi ona nawet do kilkunastu tysięcy  $\text{cd/m}^2$  (OLED -  $100 \text{ cd/m}^2$ , LCD -  $1000 \text{ cd/m}^2$ ).

Co ciekawe, tak duże jasności uzyskuje się dzięki zastosowaniu diod LED średniej mocy.

Użycie obecnie dostępnych modeli bardzo dużej mocy pogorszyłoby w praktyce parametry wyświetlacza.

Najmocniejsze diody wymagają bardzo efektywnego chłodzenia, więc trudno byłoby je tak samo gęsto upakować.

Co więcej, obraz w przypadku wyświetlaczy o jasności rzędu kilku tysięcy kandeli na metr kwadratowy jest i tak wystarczająco jasny, by był w pełni czytelny z dużej odległości, nawet w silnym świetle słonecznym.

Poza tym diody dużej mocy cechują się najczęściej znacznie gorszymi parametrami niż diody mocy średniej. Mają mniejszą skuteczność świetlną, a więc uzyskanie tego samego strumienia świetlnego wymaga dostarczenia większej mocy. Do tego gorzej odwzorowują kolory, a szeroka paleta barw jest dosyć istotna w wielu zastosowaniach reklamowych.

Zatem – LED średniej mocy są bardziej żywotne, łatwiejsze w użyciu i tańsze, dzięki czemu idealnie nadają się do tworzenia wysokiej jakości matryc.

W nowych konstrukcjach, dzięki zastosowaniu wysoce skutecznych diod LED, matryce nie wymagają chłodzenia, a więc nie zawierają wentylatorów – elementów mechanicznych, które są bardziej podatne na uszkodzenia i skracają czas poprawnej pracy wyświetlacza.

Różnią się też głębią obsługiwanej palety barw – 24-bitowa, maksymalna, pozwala na osiągnięcie 16 milionów kolorów

Nowoczesne modele pozwalają stosować strefowe przyciemnianie, by zaoszczędzić energię.

Celem ograniczenia zużycia energii oraz dostosowania sposobu pracy matrycy do warunków otoczenia instaluje się też czujniki natężenia światła. Pozwalają one dopasowywać jasność świecenia diod, tak by były równie dobrze czytelne w środku dnia, co w nocy, a także by nie oślepić przechodniów wieczorami.



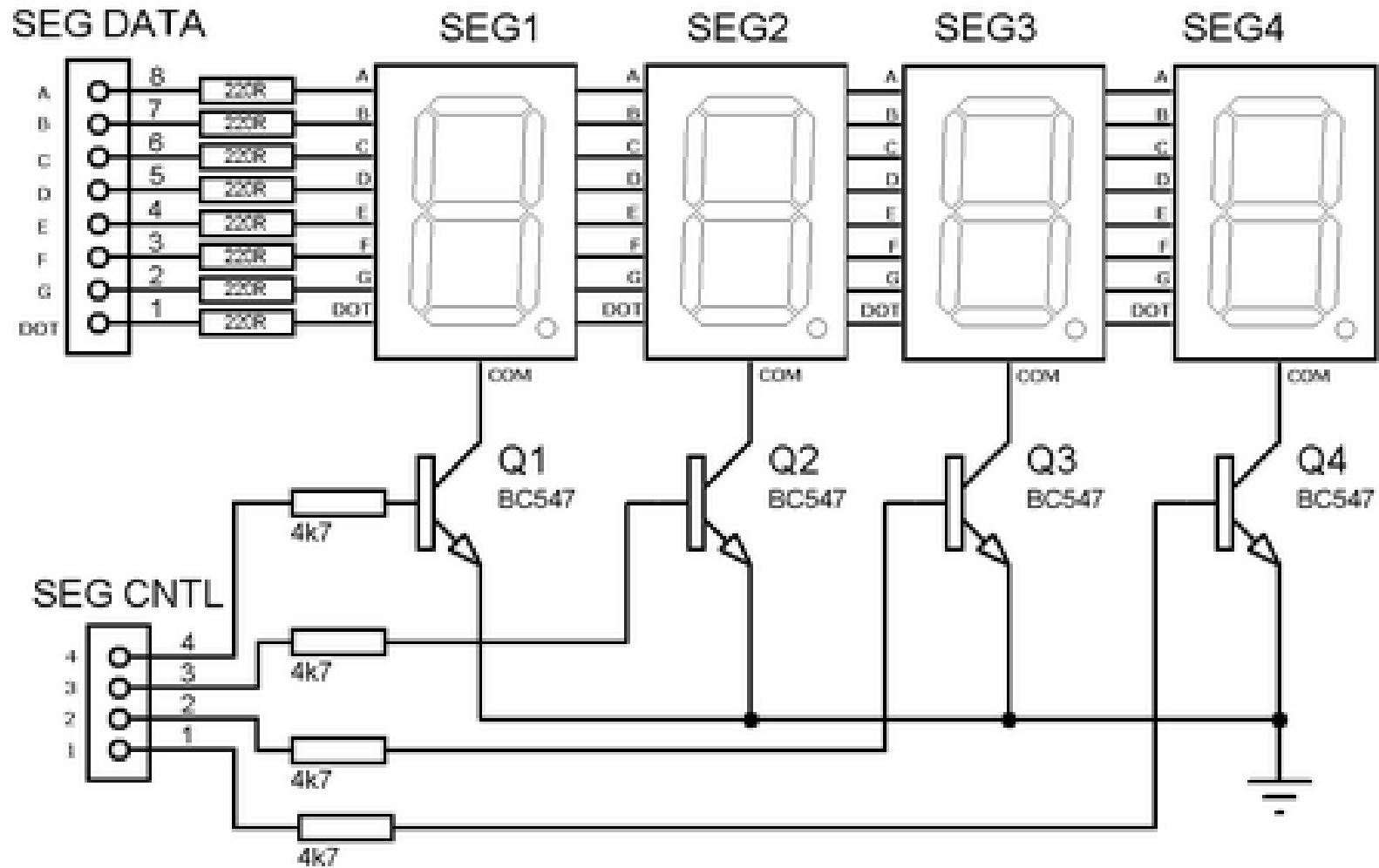
DZIEŃ NOC

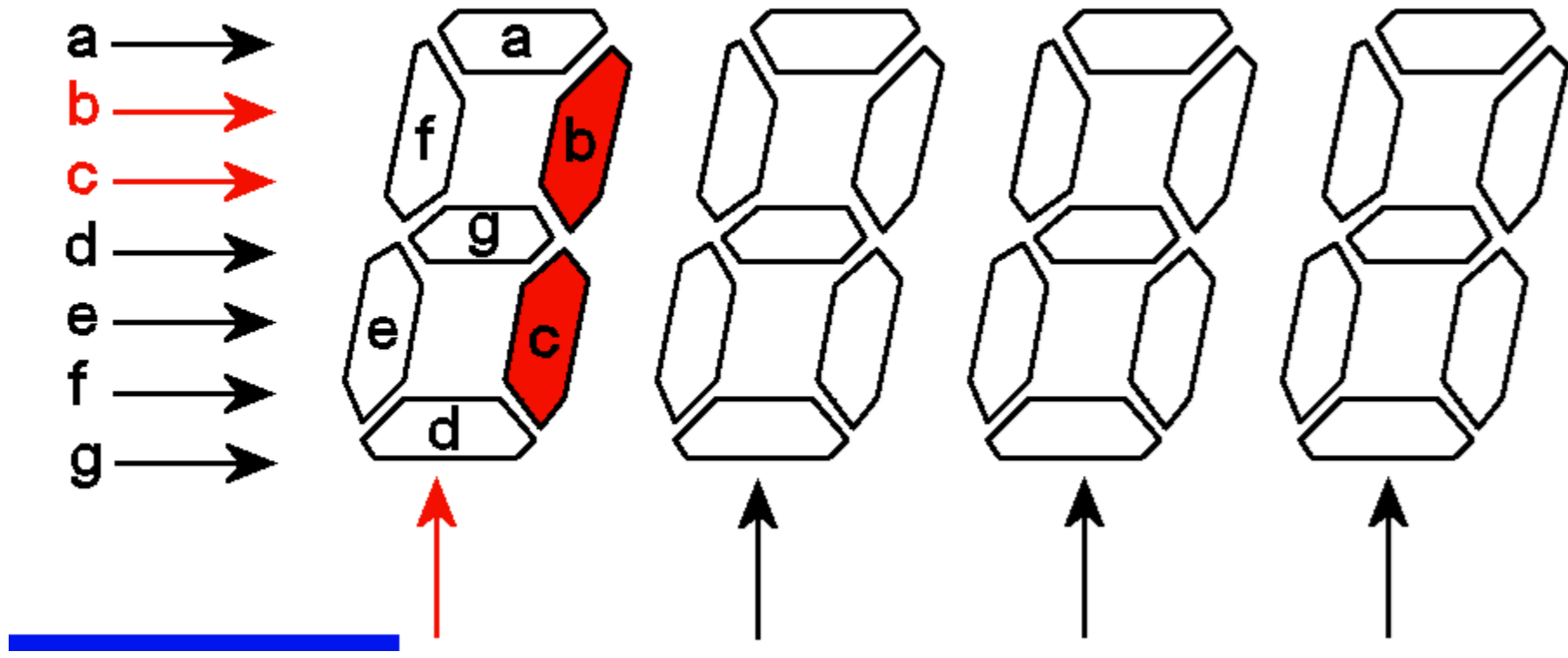


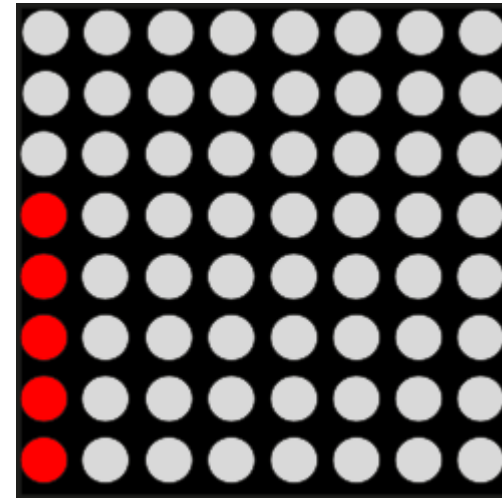
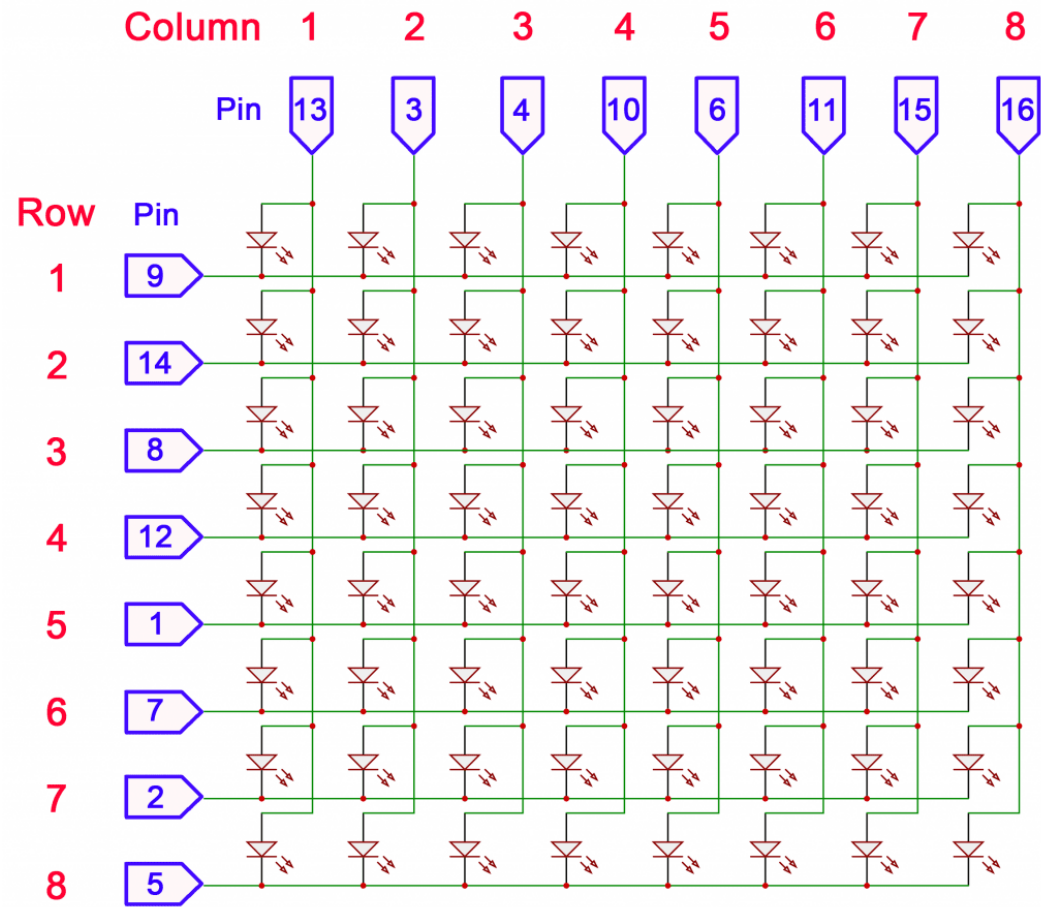
Duże pole do popisu mają twórcy sterowników do matryc LEDowych. Podzespoły te będą się różniły, w zależności od budowy ekranów.

Poszczególne sterowniki umożliwiają kontrolę pracy ekranów o różnych wielkościach, proporcjach, a przede wszystkim rozdzielczościach...

# Dygresja – multipleksowanie wyświetlaczy







Typowa grubość wyświetlaczy z matryc LED to kilka centymetrów. Ponieważ często składają się one z segmentów, z których każdy ma osobne połączenie kablem do sterownika, najczęściej mają postać cienkiej, płytki o grubości kilku centymetrów, z wystającymi na każdym segmencie, kilkucentymetrowymi obudowami układów elektronicznych.

Przy dużych konstrukcjach istotna może być ich masa.

Tę zwyczajowo podaje się z uwzględnieniem aluminiowych ram, potrzebnych do montażu lub po prostu w przeliczeniu na mały segment.

Pobierana moc również przeliczana jest na jednostkę powierzchni. Jej wartość silnie jednak zależy od prezentowanych treści – im one jaśniejsze, tym konieczna jest większa moc.

Moc maksymalna mieści się najczęściej w zakresie do kilkuset watów na metr kwadratowy. Oczywiście moc maksymalna będzie tym większa, im gęściej upakowane są diody i im diody te mocniejsze.

Typowa gęstość upakowania dla segmentów dużych matryc LEDowych wynosi od ok. 0,5 do ponad 4 diod na cal.

W przypadku prostych tablic monochromatycznych, przeznaczonych do wyświetlania znaków, sterowniki mogą mieć zintegrowaną małą klawiaturę i wyświetlacz tekstowy, za pomocą których wprowadza się ustawienia prezentowanych treści.

Mogą też być wyposażone w interfejs szeregowy, który służy do przesyłania aktualnie prezentowanych treści, np. z komputera.

Większe i nowocześniejsze ekrany mają sterowniki podłączane do komputerów oraz oferowane są z zaawansowanym oprogramowaniem.

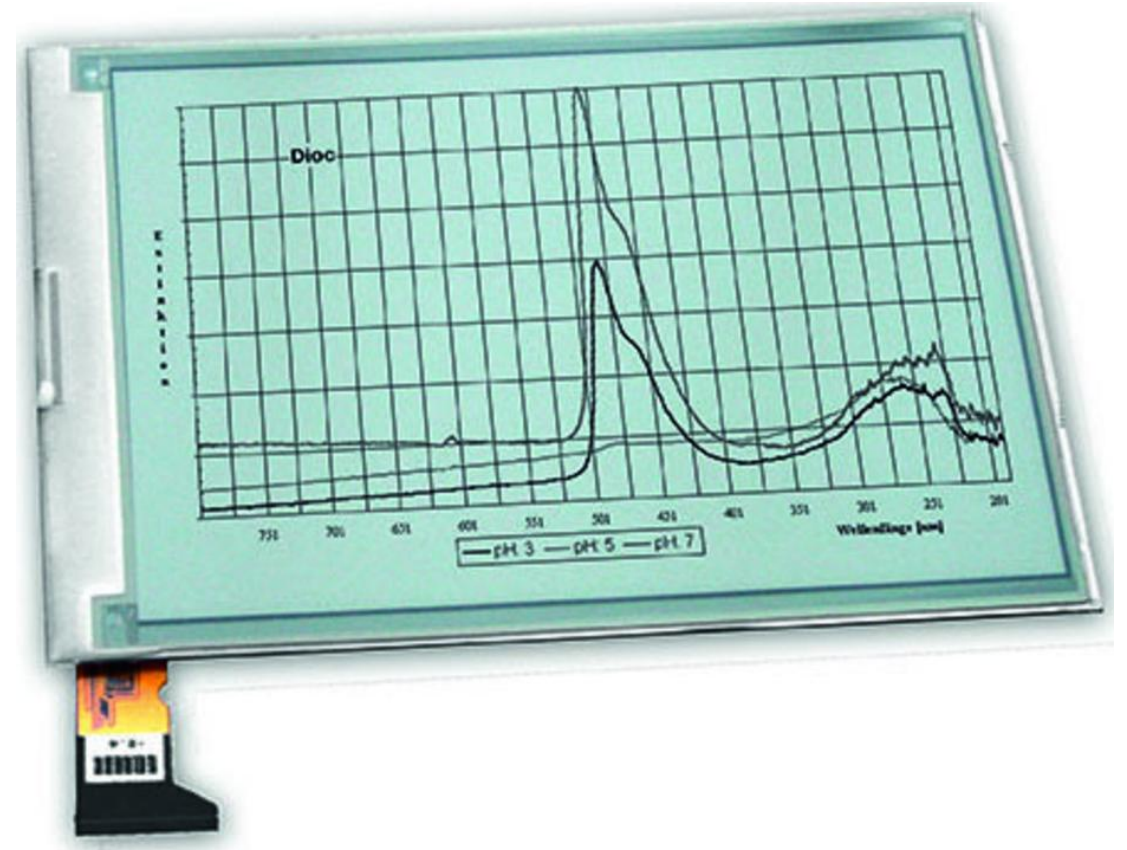
Umożliwia ono sterowanie jasnością LEDów z poziomu komputera (włączanie i wyłączenie automatycznego dopasowania, harmonogramowanie) oraz wygodne odtwarzanie dowolnych treści na panelach. Ekran może być traktowany po prostu jak zwykły monitor podłączony do komputera.

Wielu producentów oferuje też oprogramowanie do zarządzania kampaniami reklamowymi – programy te automatycznie, cyklicznie prezentują treści graficzne i multimedialne z zadanych katalogów, zliczają liczbę odtworzeń i pozwalają np. obliczać statystyki.

# EPD - Electronic Paper Display

Elektroniczny papier to określanie stosowane do wyświetlaczy prezentujących treść w taki sposób, że imituje ona treść naniesioną atramentem na zwykły papier.

Zatem, w przeciwieństwie do wielu nowoczesnych wyświetlaczy, wyświetlacze EP nie emitują światła, a, podobnie jak papier, odbijają światło otoczenia.



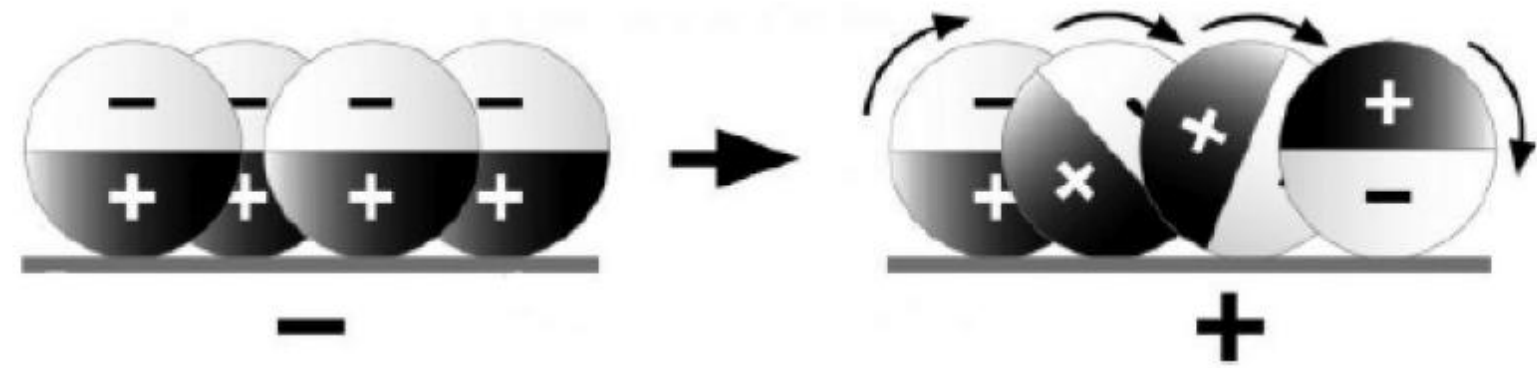
Ta właściwość w naturalny sposób ogranicza zapotrzebowanie na energię zasilania.

Jednak to nie wszystko – drugą wspólną cechą EP jest fakt, że treść pozostaje na ekranie nawet po całkowitym odłączeniu zasilania urządzenia.

Technologia papieru elektronicznego sprawia, że jest on użyteczny tylko w niektórych zastosowaniach, tj. tam, gdzie nie ma potrzeby prezentować obrazów podlegających szybkim zmianom.

Pierwsza wersja EP była oparta na miniaturowych kulkach polietylenowych o średnicy 75-106  $\mu\text{m}$ , zawieszonych w niewiele większych wnękach wypełnionych olejem, pokrywających powierzchnię arkusza z tworzywa sztucznego.

Każda kulka miała jedną stronę zabarwioną na czarno i ta strona wykazywała dodatni ładunek, natomiast druga strona była biała i miała ładunek ujemny. Zatem każda kulka była dipolem.

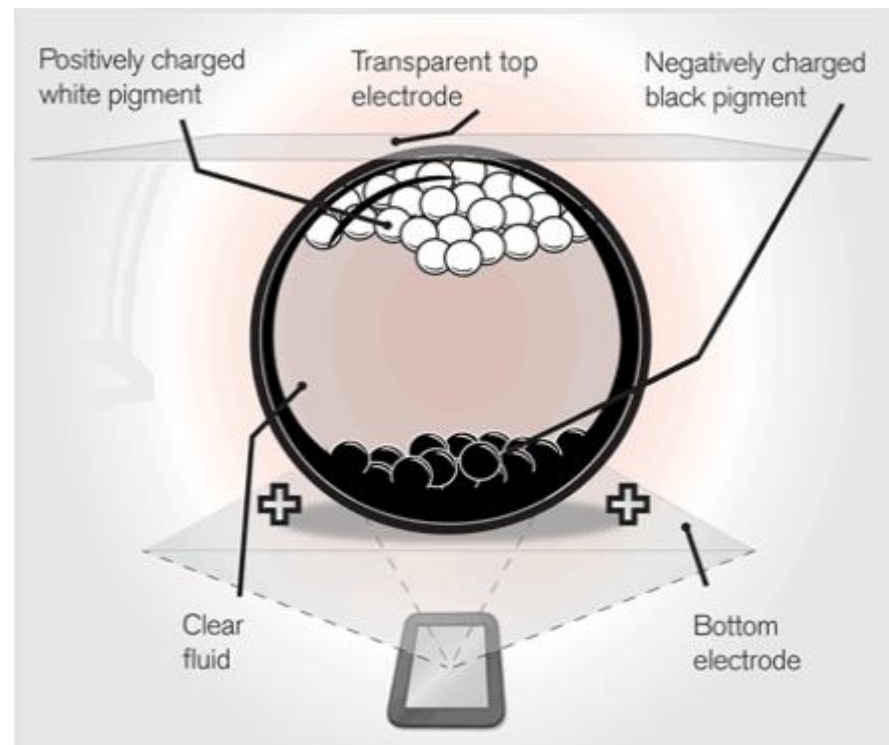


Przyłożenie elektrody w pobliże kulek i spolaryzowanie jej odpowiednim napięciem powodowało ich obracanie się i ustawianie ich w uporządkowany sposób – stroną czarną lub jasną w kierunku elektrody

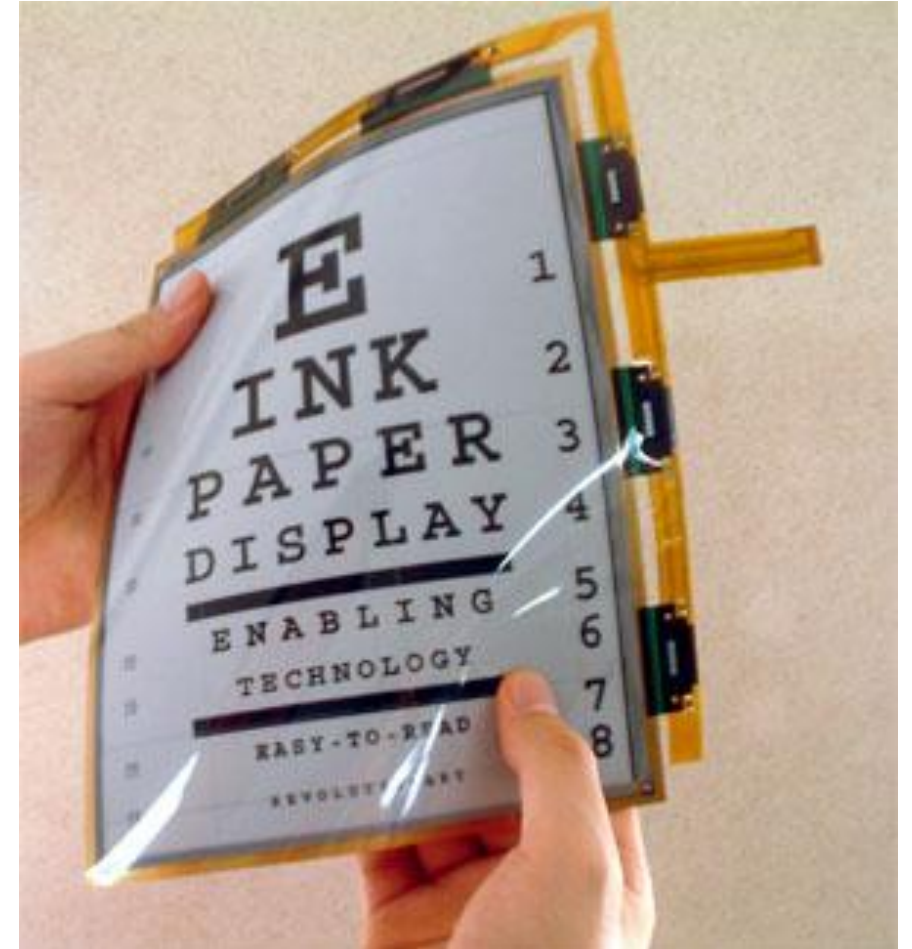
Innym rodzajem wyświetlacza jest Electrophoretic Display. Bazuje on na zjawisku elektroforezy, które polega na rozdzielaniu mieszaniny różnego typu cząstek pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego. Wyświetlacz składa się z miniaturowych kapsułek wypełnionych bezbarwnym olejem oraz mikroskopijnymi cząsteczkami zabarwionymi na różne kolory – w podstawowej wersji czarnymi i białymi.

Cząsteczki te mają różny ładunek elektryczny, dzięki czemu – po przyłożeniu zewnętrznego pola elektrycznego – przemieszczają się w określonym kierunku.

W taki sposób można sterować barwą każdego piksela (kapsułki) oraz treścią całego ekranu.



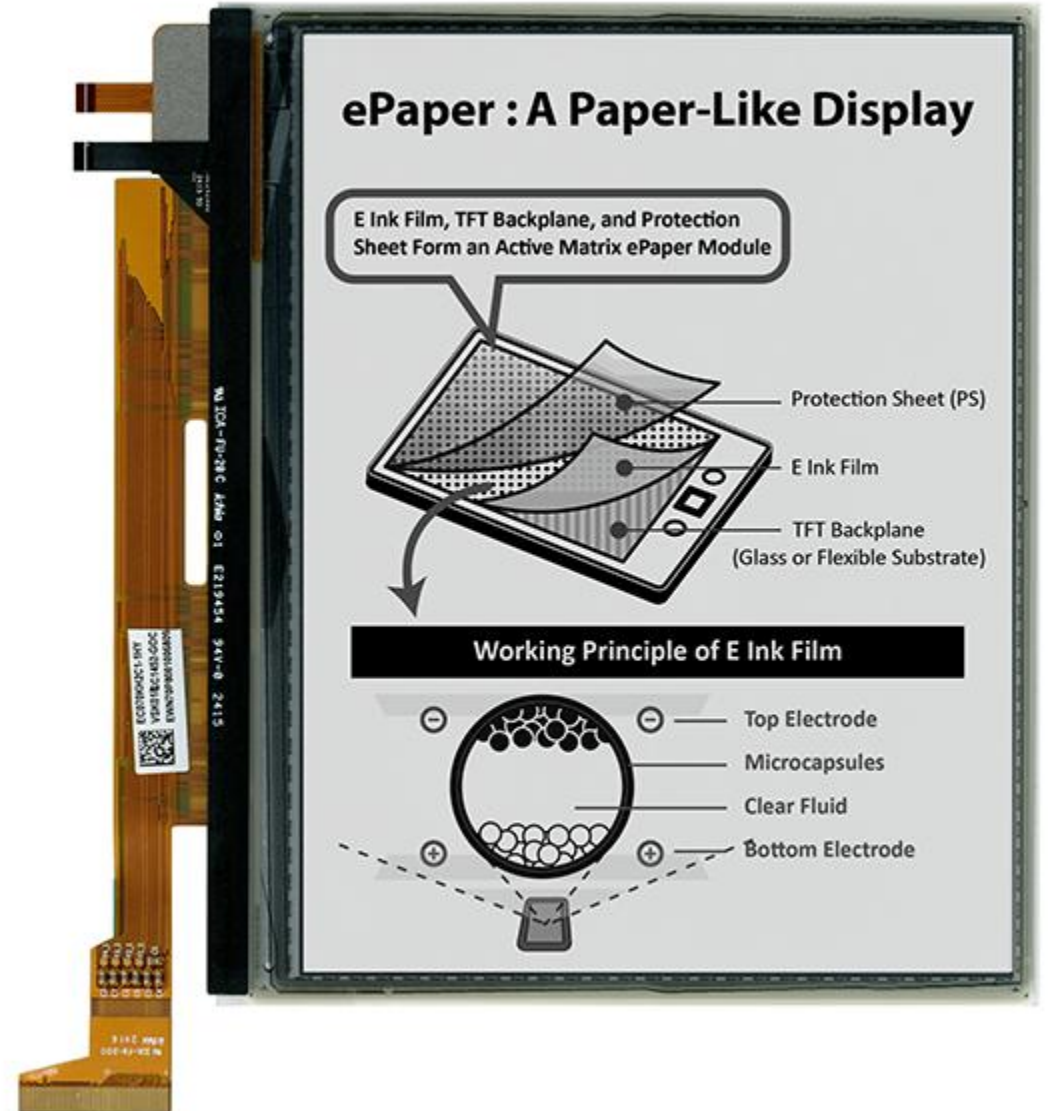
Wyświetlacze EPD są zbudowane z elektroforetycznej folii obrazowej, która może być nanoszona w procesie sitodruku i można nią pokryć szkło, plastik, tekstylia, a nawet papier. W przeciwieństwie do obrazu tworzonego np. na ekranach LCD, obraz na wyświetlaczu zbudowanym w tej technologii wygląda tak samo, niezależnie od kąta obserwacji i oświetlenia. Obraz nie ulega także zakłóceniu podczas dotykania lub zginania wyświetlacza, dzięki czemu można tworzyć całkowicie giętkie urządzenia.



Kluczowy problem EPD leży w odświeżaniu zawartości ekranu, które po prostu długo trwa.

Wynika to z dwóch czynników:

- Po pierwsze sam proces przemieszczenia pigmentów z jednej strony wyświetlacza na drugą, co skutkuje zmianą obserwowanego koloru, trwa niemało czasu.



- Po drugie, w czasie tej operacji konieczne jest utrzymanie odpowiedniej polaryzacji pojedynczej komórki wyświetlacza – pojedynczego piksela.

Ponieważ wyświetlacze EPD są zazwyczaj wykorzystywane do prezentacji tekstu i muszą być czytelne podobnie jak treści wydrukowane na papierze, konieczne jest zapewnienie dużej rozdzielczości.

A jeśli ta jest duża, nie ma możliwości doprowadzenia do ekranu tak wielkiej liczby niezależnie sterowanych elektrod, by można było całkowicie określać, które piksele mają być zmieniane jednocześnie w danym momencie.

Tymczasem zastosowanie mechanizmów przemiatania, jakie sprawdzają się w wyświetlaczach LEDowych oraz w LCD tu nie znajdzie zastosowania, gdyż czas przez jaki trzeba utrzymywać polaryzację jest zbyt długi.

W praktyce za sprawne działanie takiego wyświetlacza odpowiada złożony kontroler, który ma określoną liczbę wyprowadzeń, jakimi może jednocześnie sterować. Odpowiednio napisany kod pozwala na skoncentrowanie się np. na małej strefie wyświetlacza, w której można wtedy szybko odświeżyć treść.

Jest to szczególnie użyteczne w przypadku różnych interfejsów użytkownika, w którym można w ten sposób łatwo i dynamicznie zobrazować np. wciśnięcie przycisku.



Niestety, już w przypadku multimedii, czyli gdy zmianom podlega cała zawartość ekranu w praktycznie każdej klatce filmu wideo, technologia EPD nie będzie nadążać za podawaną do wyświetlenia treścią.

Problem ten to jeden z ważnych powodów, jaki spowolnił tempo rozwoju papieru elektronicznego. Zainteresowanie tą technologią było ograniczone, bo nie było sensu jej stosować w tych dziedzinach elektroniki użytkowej, która rozwijała się najszybciej.

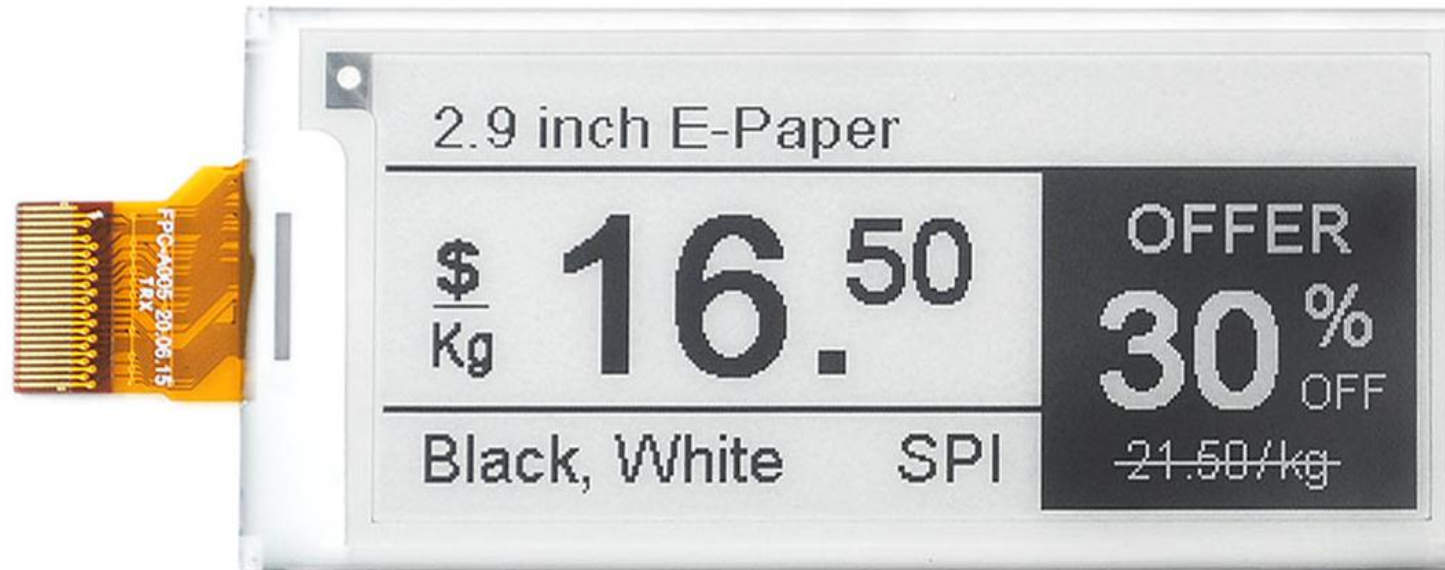
Konsumenci lubią multimedia, a zastąpienie wyświetlacza LCD lub OLED modelem EPD bardzo to utrudnia.

Obecnie sytuacja się zmienia, bo rozwój potrzeb konsumentów wykreował szereg nowych aplikacji, w których elektroniczny papier może być bardzo dobrym, a nawet idealnym wyborem.

Elektroniczny papier to np. świetny sposób na zaprezentowanie prostych danych w urządzeniach, które wzbudzone mają być tylko raz na długi czas.

Zamiast zapalać diodę, która musi się wciąż świecić, albo tworzyć przyciski, które spowodują wyświetlenie informacji przez krótką chwilę, dane można zaprezentować w trwały sposób, przy minimalnym koszcie energetycznym, bez konieczności wyłączenia wyświetlacza.

Dobrym przykładem będą np. etykiety cenowe w sklepach, które muszą być trwale widoczne, a nie powinny pobierać energii.



Elektroniczny papier nieźle się sprawdza też w aplikacjach przemysłowych, gdzie może pokazywać dane – np. informować o stanie urządzeń w szafie.



## Schemat komunikacji miejskiej w Gminie Wołomin Public transport scheme in Wołomin

ważny od 1.06.2016 r. / Valid from 1.06.2016

- Automat biletowy / Ticket machine
- Przystanek / Stop
- Przystanek końcowy / Terminal
- Przystanek jednokierunkowy / One way stop
- Przejazd jednokierunkowy / One way trip



### Linie lokalne „L” / „L” local lines

**L35** WOŁOMIN: PKP Wołomin - Wleńka - Sosna Jadrowska - Rępczńska - Nowe Grable - Sosna Jadrowska - Duzki - Cichorackiej - Główna - Stare Grable

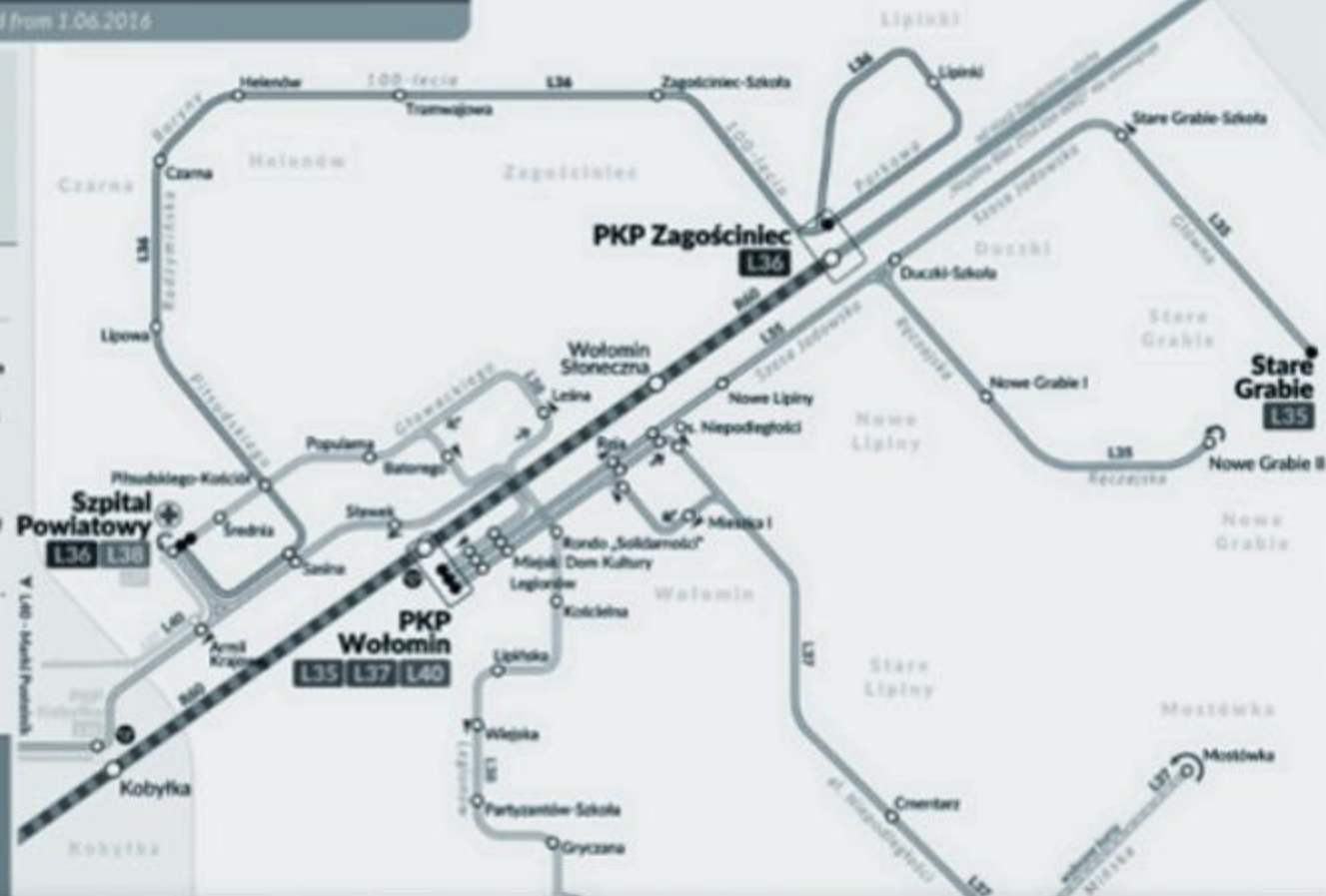
**L36** WOŁOMIN: Szpital Powiatowy - Okopowa - al. Armii Krajowej - Piłsudskiego - Radziwiłłowska - CZARNA, Włosa - HELENÓW - 100-Lecia - ZAGOŚCINIEC - 100-Lecia - LIPNO - Kłownia - PKP Zagościnek

**L37** WOŁOMIN: PKP Wołomin - Wleńka - Kociekna - al. Niepodległości - (rytmiczne kursy: Mostówka - Ciepkiel - Kasprzykiewicza - OSSÓW - Matarniczyca - TUROW - Hałera - KOBYLKA - Dąbrowskiego - Turów

**L38** WOŁOMIN: Szpital Powiatowy - Głęboka - Tęczowa - Skonkiego - Legionów - Graniczna

**L40** WOŁOMIN: PKP Wołomin - Wleńka - Skonkiego - al. Armii Krajowej - (Głęboka - Szpital Powiatowy) - Armii Krajowej - KOBYLKA - NADAMA - MARIK - Pułaski

! We wszystkich liniach autobusowych i pociągach Kolei Mazowieckich są honorowane wybrane bilety ZTM Warszawa w ramach oferty „Wspólny Bilet ZTM-KM-WKD”.



Na rynku pojawiają się moduły z elektronicznym papierem, na które można w bardzo łatwy sposób przesyłać konkretne treści do wyświetlenia, bez konieczności klasycznego łączenia ekranu z mikrokontrolerem.

Dane można przesyłać bezprzewodowo – np. przez NFC, Bluetooth, Wi-Fi lub sieć komórkową.

Wraz z rozwojem sterowników do elektronicznego papieru, na rynku pojawiły się rozwiązania pozwalające na pracę w różnych trybach o odmiennych częstotliwościach odświeżania ekranu, które wpływają na dokładność odwzorowania treści.

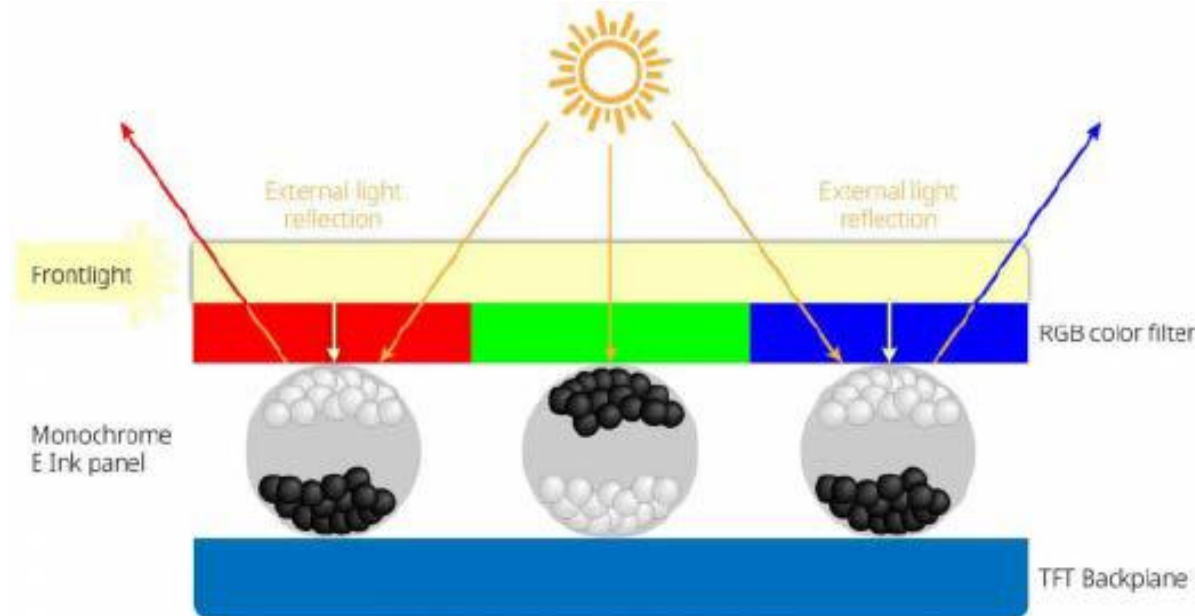
Inżynier może dzięki temu uzyskać bardziej płynną, ale mniej dokładną prezentację obrazu.

Innym trybem będzie przełączenie się w kolor jednobitowy, tj. taki, w którym nie ma odcieni szarości. Dzięki temu sterownik może bardziej „energicznie” przełączać piksele, redukując czas odświeżania nawet 4- czy 5-krotnie, względem 4-bitowej palety szarości. Dalsze ograniczenie precyzji pozwala na dalsze 2-krotne zmniejszenie czasu odświeżania i w konsekwencji już nawet na prezentowanie prostych, monochromatycznych animacji.

## Kolorowe wyświetlacze EPD

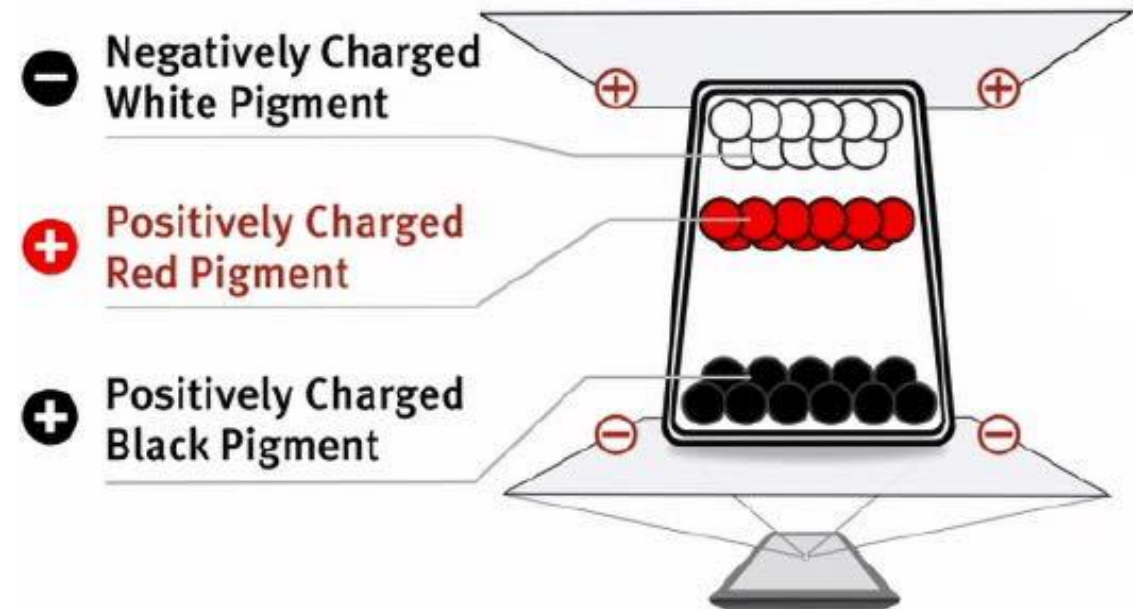
Jeden z pierwszych wyświetlaczy kolorowych wprowadzono na rynek w 2010 roku. Zawierał miniaturową sieć filtrów kolorów – CFA (Color Filter Array), nadrukowanych na warstwie szkła umieszczonej na standardowym czarno-białym wyświetlaczu EPD.

Rozwiązanie to jednak powoduje znaczne przyciemnienie wyświetlanej treści i zmniejsza ogólną rozdzielczość (np. z 300 dpi robi się 100 dpi).



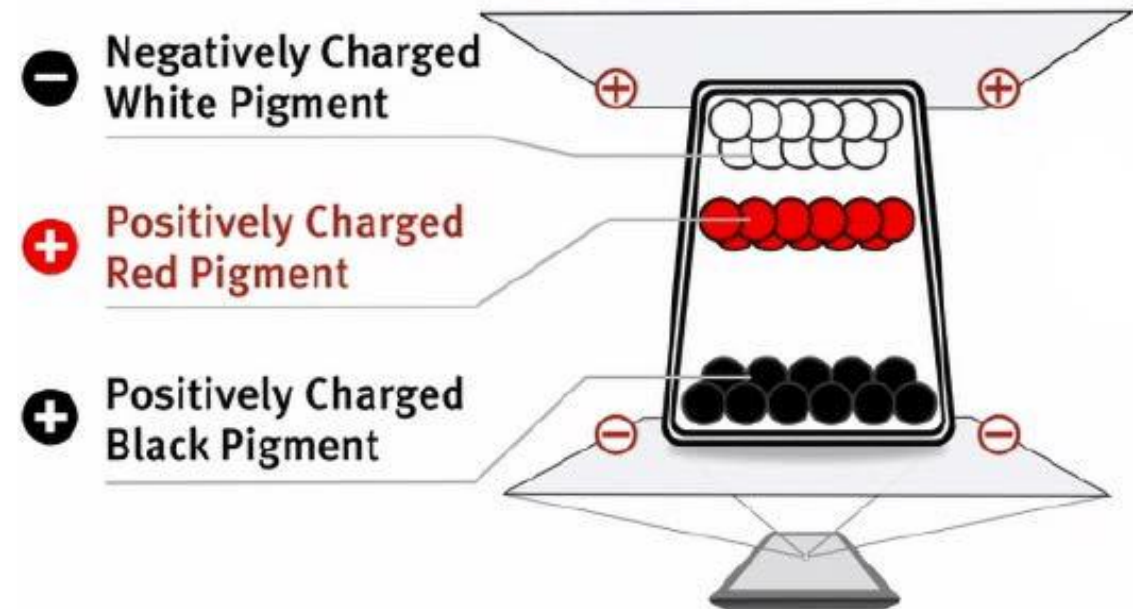
Kolejne rozwiązania zbudowane zostały na bazie miniaturowych kapsułek wypełnionych bezbarwnym olejem oraz mikroskopijnymi cząsteczkami zabarwionymi na czarno, biało oraz np. czerwono. Taki e-papier dzieli podstawowe cechy z monochromatycznymi poprzednikami, ale wymaga znacznie bardziej skomplikowanej chemii i sterowania.

Problem polegał na tym, żeby każdy rodzaj cząstek reagował jednoznacznie i niepowtarzalnie. Do tej pory wystarczyło, że cząsteczki jednego koloru były przyciągane, a inne odpychane.

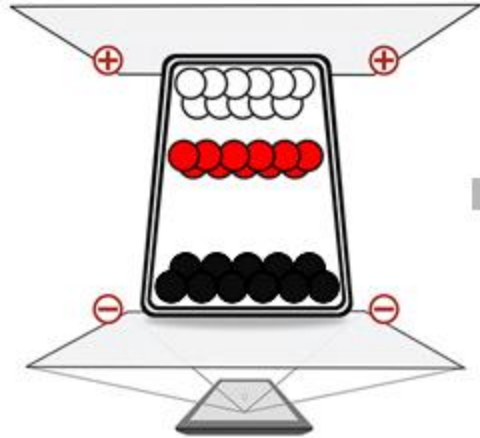


Posortowanie cząstek trzech rodzajów wymagało innych rozwiązań:

- Po pierwsze, należało wytworzyć cząsteczki o różnych rozmiarach – większe cząsteczki poruszają się wolniej w cieczy niż mniejsze.
- Kolejnym zadaniem było zróżnicowanie ładunku cząsteczek, z przyjęciem skali raczej analogowej niż cyfrowej. Dzięki temu ładunek cząsteczek może być silnie dodatni, częściowo dodatni, silnie ujemny lub częściowo ujemny.
- Zmieniono również kształt mikrokapsułek - zamiast przekroju okrągłego zastosowano trapez, co umożliwiło lepszą kontrolę nad pionowym położeniem cząsteczek.

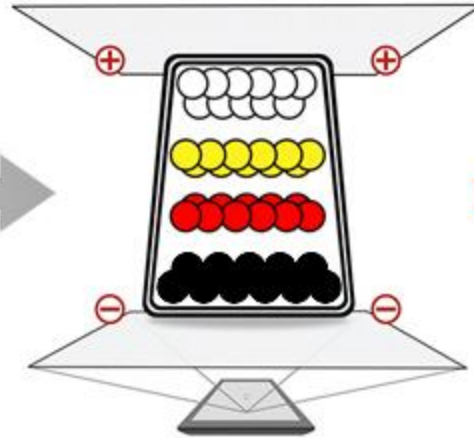


### Spectra 3000



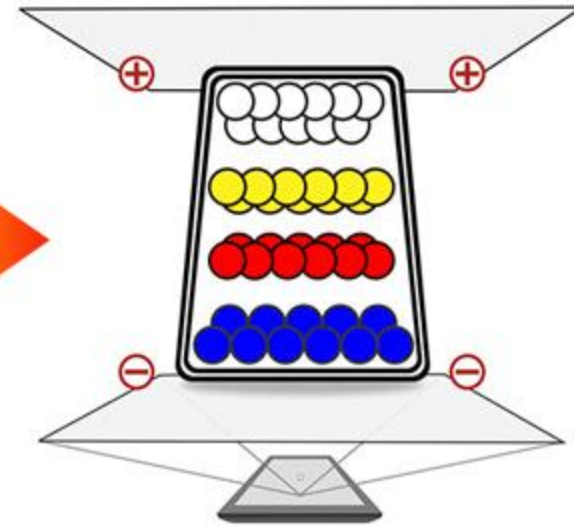
- Three-particle architecture
- Operation temperature 0~40°C
- Image refresh time: ~15s

### Spectra 3100



- Four-particle architecture
- Can display five colors
- Operation temperature 0~40°C
- Image refresh time: ~15s

### Spectra 6



- Four-particle architecture
- Can display **six colors** (red, green, blue, yellow, black and white)
- Operation temperature **0~50°C**
- Image refresh time: **~12s**

General	
Dimension (L×H×W)	760 × 460 × 50 mm
Weight	15 kg (44.1 lb)
Mounting type	Embedded (VESA 200 M8)
Display	
Display resolution	2560×1440 pixels (Grayscale) or 1280×720 pixel (Color)
Active display area	690 × 390 mm
Color	Grayscale (16 levels of gray) or Color (4 bit levels for each RGBW channel)
Display operating mode	Reflective mode
Illumination	Embedded LED front illumination
Ambient light sensor	Yes
Connectivity	
Ethernet	10/100/1000 Mbps
Electrical	
Power supply	12 V DC (from AC Mains via power supply) or 12 V DC Solar panel
Power consumption (1 min data update)	100 mA (without illumination) 180 mA (illuminated) Support for full shutdown with timer
Power supply connector	Male 5-pin circular waterproof
Ethernet connector	Ethernet circular waterproof
Environment	
Operating temperature	32 °F to +122 °F
Protection	IP54



Pewnym problemem z technologią EPD jest trudność pracy w ujemnych temperaturach, kiedy to barwnik zawieszony w poszczególnych komórkach wyświetlacza zaczyna wolniej się poruszać przez gęstnienie zawiesiny. Niemniej na rynku pojawia się coraz więcej wyświetlaczy, które w różne sposoby radzą sobie z tym zjawiskiem.

Można więc dostać już papier elektroniczny, przeznaczony do pracy na zewnątrz budynków czy też papier w bardzo cienkich obudowach (open frame), umożliwiającym montaż w ciasnych przestrzeniach.

**EPD nie konkuruje z LCD, OLED ani LED — uzupełnia je tam, gdzie kluczowy jest minimalny pobór energii.**

## **Dobór technologii wyświetlacza powinien wynikać z wymagań aplikacji, a nie z samej dostępności lub trendów rynkowych.**

Przy wyborze kluczowe są następujące kryteria:

- dynamika prezentowanych treści (statyczna informacja, interfejs użytkownika, wideo, animacje),
- warunki środowiskowe pracy (oświetlenie, temperatura, wilgotność, zastosowania indoor / outdoor),
- wymagania energetyczne (zasilanie bateryjne, praca ciągła, czas uśpienia systemu),
- rozmiar i rozdzielczość wyświetlacza (gęstość informacji, odległość obserwacji),
- oczekiwana jakość obrazu (kontrast, jasność, kąty widzenia, odwzorowanie kolorów),
- aspekty systemowe i ekonomiczne (koszt, żywotność, integracja z elektroniką sterującą).

## **W praktyce:**

LCD – rozwiązanie uniwersalne, dobry kompromis parametrów,

OLED – wysoka jakość obrazu, niskie czasy reakcji, design,

LED – bardzo duże rozmiary i ekstremalna jasność,

EPD – minimalny pobór mocy i trwała prezentacja informacji.

**Najczęstszym błędem projektowym jest wybór technologii wyświetlacza na podstawie samej jakości obrazu, a nie rzeczywistych wymagań systemu.**

# Wyświetlacze vs. słońce

# Sunlight readable displays

Określenie Sunlight readable tłumaczymy jako czytelne w świetle słonecznym.

Jest to określenie grupy wyświetlaczy, które gwarantują takie parametry wyświetlanego obrazu, że jest on widoczny przy oświetleniu dziennym, także w bezpośrednim świetle słonecznym.

Ekran bez takiej funkcjonalności nie gwarantują odpowiedniego obrazu, gdy pada na nie światło słoneczne – prezentowana treść jest ciemna i wyblakła pomimo ustawionej maksymalnej jasności.

Jakie zatem rozwiązania konstrukcyjne stosują producenci, aby przystosować ekrany do pracy w zastosowaniach typu outdoor?

Widoczność treści wyświetlacza zależy od różnicy jasności wyświetlacza i światła otoczenia.

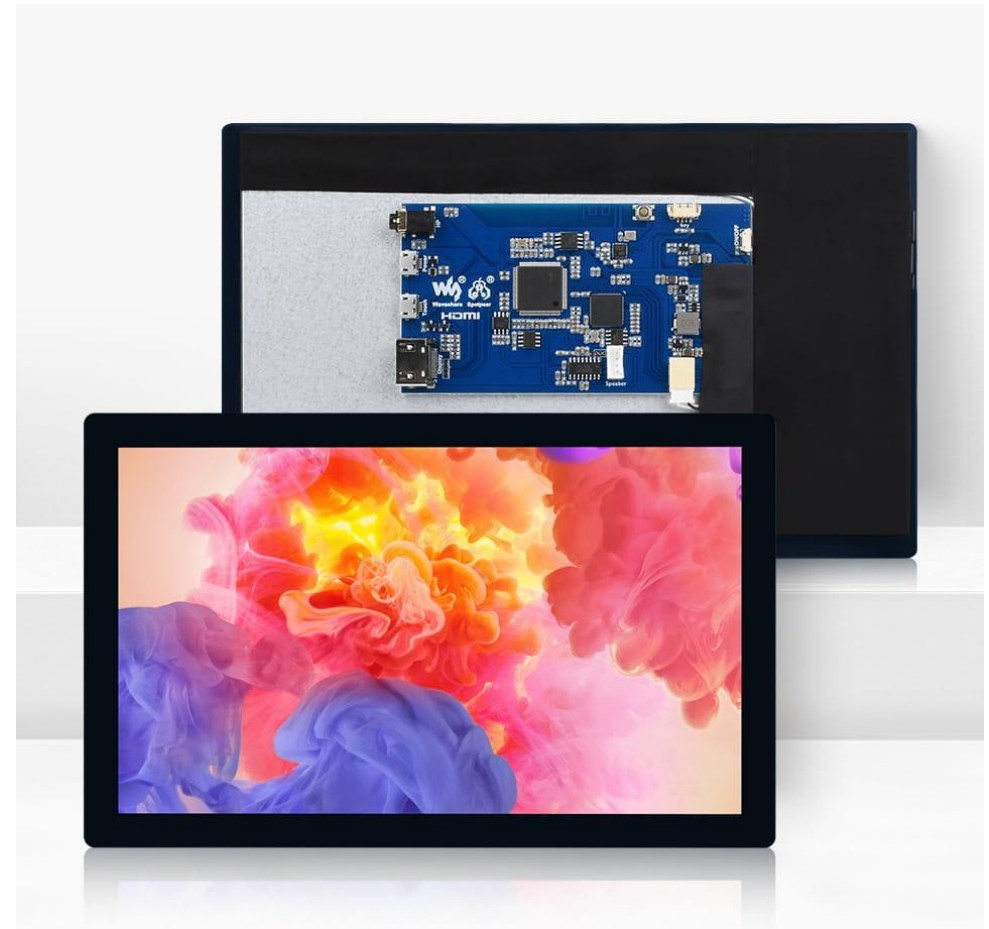
Oświetlenie stosowane w pomieszczeniach nie jest tak intensywne, jak światło dzienne, dlatego jasność ekranów przeznaczonych do pracy wewnątrz budynków, np. ekranów komputerowych nie jest wysoka i zwykle mieści się w granicach 250...500 cd/m<sup>2</sup>.

W aplikacjach wymagających prezentowania informacji lub treści reklamowej w przestrzeni publicznej na zewnątrz budynków, w naturalny sposób narażonej na światło słoneczne wymagane są wyświetlacze o wysokiej jasności, nawet do 2000 cd/m<sup>2</sup>.

Jeszcze bardziej wymagające są aplikacje przemysłowe i motoryzacyjne, które muszą odznaczać się wyższą jasnością i specjalnymi powłokami niwelującymi wszelkiego rodzaju odbicia, odbłaski i refleksy na powierzchni ekranu.

Weźmy przykładowy wyświetlacz o średniej jasności 450 cd/m<sup>2</sup>:

Item	Description	Unit
Model	9HP-CAPQLED-B	
Size	9.0	Inch
Viewing Angle	178	Deg
Resolution	1280×720	Pixels
Touch Screen Size	222.51(H)×139.95(V)×7.00(D)	mm
Display Area	196.61(H)×114.05(V)	mm
IPS Color Gamut	92%NTSC	
Brightness	450	cd/m <sup>2</sup>
Brightness Adjustment	DDC/CI Software Dimming	
Contrast	1000:1	
Color Depth	16.7M	
Refresh Rate	60	Hz
Communication Interface	HDMI Port	



- Wystawiamy wyświetlacz na zewnątrz, na światło słoneczne, gdzie możemy spodziewać się jasności ok. 10 000 cd.
- W takich warunkach światło z wyświetlacza będzie nakładało się na światło odbite od wyświetlacza...
- Możemy założyć ok. 4,5% odbicia (zwykle mieści się ono właśnie w zakresie 4-5%). Niby niewiele, ale...
- W tym przypadku wyświetlacz będzie odbijał około  $10\ 000 \times 0,045 = 450$  kandel na całej powierzchni, zarówno na jasnych, jak i ciemnych fragmentach treści.
- Wartość współczynnika kontrastu dla takich danych wyznacza się następująco:

$$C_r = (450 + 450) / 450 = 2$$

- Odnieśmy wartość  $Cr=2$ , do wytycznych:

**1:1 – 20:1**

Effective Contrast Ratio (ECR)	LCD Outdoor Readability
<b>1-2</b>	Unreadable in sunlight
<b>3-4</b>	Adequately readable in shade; barely readable in sunlight
<b>5-9</b>	Adequately readable in sunlight; looks OK
<b>10</b>	Very readable in sunlight; looks good
<b>15</b>	Outstanding readability; looks great
<b>20</b>	Totally awesome; excellent readability; can't be improved

- Gdyby z kolei nasz wyświetlacz miał jasność np. 1000 cd, wówczas

$$Cr=(1000+450)/450=3,2$$

z kolei dla np. 1500 cd

$$Cr=(1500+450)/450=4,3$$

itd.

**1:1 – 20:1**

Effective Contrast Ratio (ECR)	LCD Outdoor Readability
1-2	Unreadable in sunlight
3-4	Adequately readable in shade; barely readable in sunlight
5-9	Adequately readable in sunlight; looks OK
10	Very readable in sunlight; looks good
15	Outstanding readability; looks great
20	Totally awesome; excellent readability; can't be improved

Jak widać, zwiększanie jasności jest jednym ze sposobów zwiększenia czytelności wyświetlaczy w słońcu...

Innym może być oczywiście zastosowanie powłoki antyrefleksyjnej.

Taka powłoka, zależnie od jakości, zmniejsza współczynnik odbicia do wartości 1% - 2,5%, a zatem, np. dla 2%:

$$Cr=(1000+200)/200=6$$

**1:1 – 20:1**

Effective Contrast Ratio (ECR)	LCD Outdoor Readability
1-2	Unreadable in sunlight
3-4	Adequately readable in shade; barely readable in sunlight
5-9	Adequately readable in sunlight; looks OK
10	Very readable in sunlight; looks good
15	Outstanding readability; looks great
20	Totally awesome; excellent readability; can't be improved

Pamiętać jednak należy, że jeśli mamy wyświetlacz LCD montowany na zewnątrz, potrzebujemy nie tylko warstwy antyrefleksyjnej, aby zredukować odbicia, ale także zabezpieczenia.

Musimy chronić wyświetlacz przed wandalizmem, ale także przed samym otoczeniem – wodą, kurzem, innymi słowy wszystkim, czego możemy spodziewać się na zewnątrz.

Dodajemy więc szkło ochronne.

Ma ono wiele zalet: ochrona mechaniczna, ekonomiczny, łatwy montaż, a w przypadku zniszczenia szkła wyświetlacz może nadal działać prawidłowo, możemy też wymienić samo szkło bez konieczności wymiany całego wyświetlacza.

Jednak z optycznego punktu widzenia to rozwiązanie ma wiele wad:

- Jeśli dodatkowe szkło nie jest zespolone optycznie z powierzchnią wyświetlacza, pomiędzy nimi znajduje się powietrze.
- To z kolei oznacza, że mamy więcej płaszczyzn odbijających. Mamy odbicia od samego szkła, od szkła do powietrza i znowu od wyświetlacza, ponieważ szkło to optycznie inne środowisko niż powietrze.
- W efekcie nawet **10%** współczynnik odbicia dla układu jako całości.

- Znow przykładowo, dla 10% odbicia, nawet przy zwiększeniu jasności do 2000 kandeli,  $Cr=(2000+1000)/1000=3$

**1:1 – 20:1**

Effective Contrast Ratio (ECR)	LCD Outdoor Readability
1-2	Unreadable in sunlight
3-4	Adequately readable in shade; barely readable in sunlight
5-9	Adequately readable in sunlight; looks OK
10	Very readable in sunlight; looks good
15	Outstanding readability; looks great
20	Totally awesome; excellent readability; can't be improved

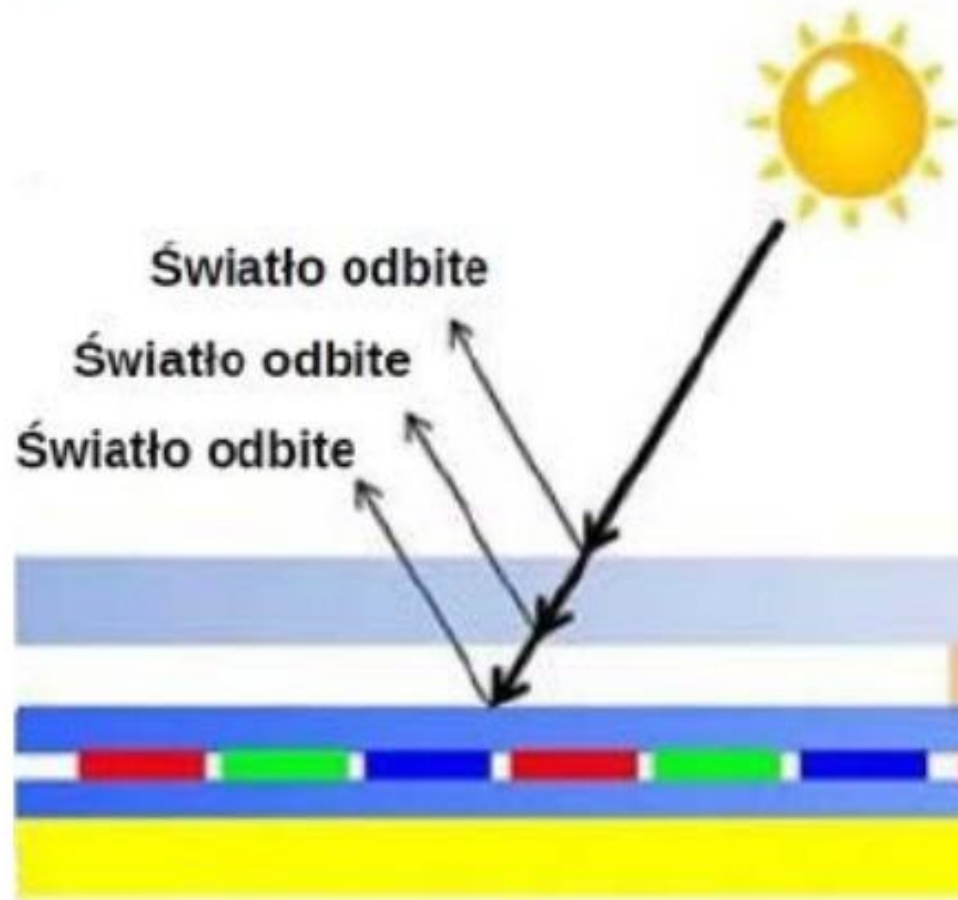
- Jak sobie z tym poradzić?

Rozwiązaniem jest zastosowanie wiązania optycznego – optical bonding.

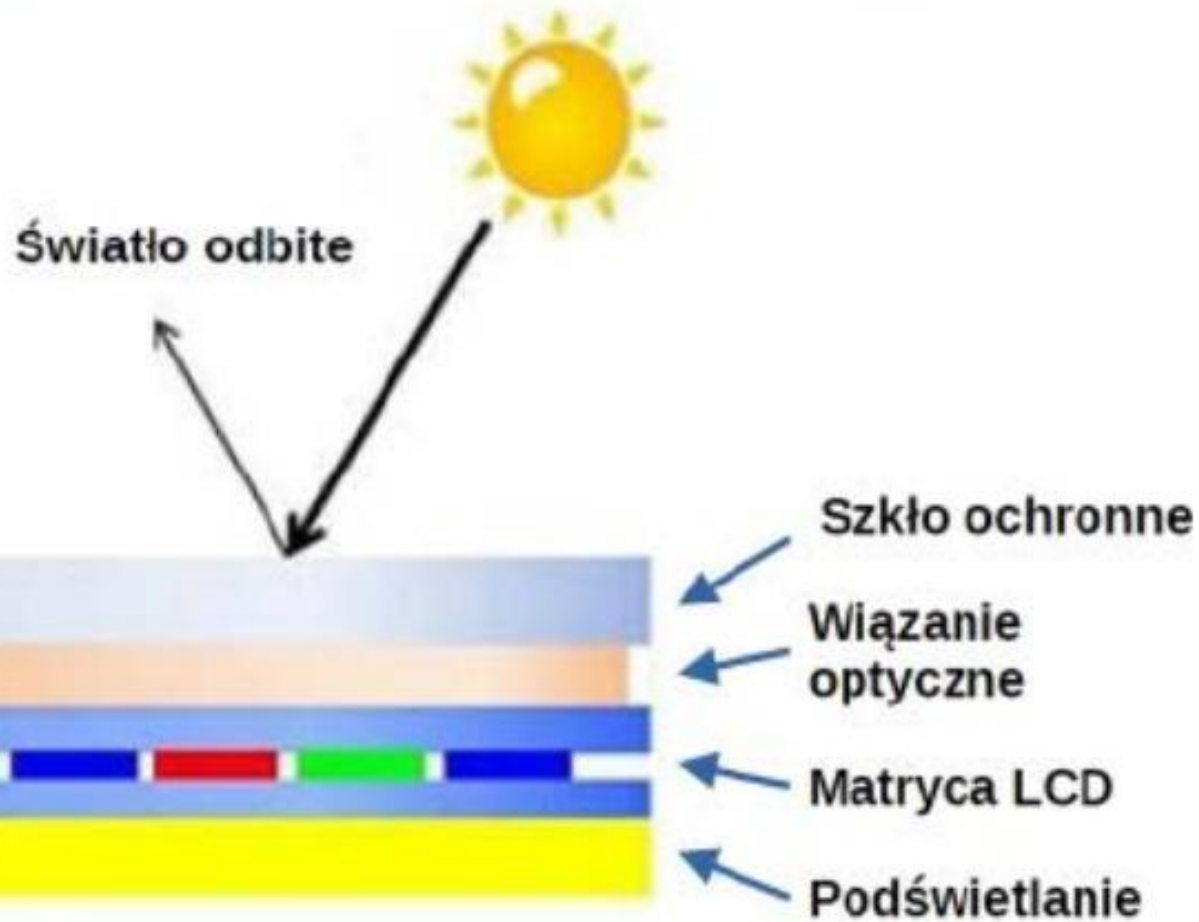
Na czym to polega?

- Należy usunąć powietrze pomiędzy wyświetlacza i szkła osłonowego, a materiał łączący optycznie, zastępujący powietrze powinien mieć parametry najbliższe własnościom szkła i wyświetlacza.
- Wówczas, z punktu widzenia światła, będzie to to samo środowisko.
- W ten sposób minimalizujemy dodatkowe odbicia...

Ekran bez wiązania optycznego



Ekran z wiązaniem optycznym  
- optical bonding



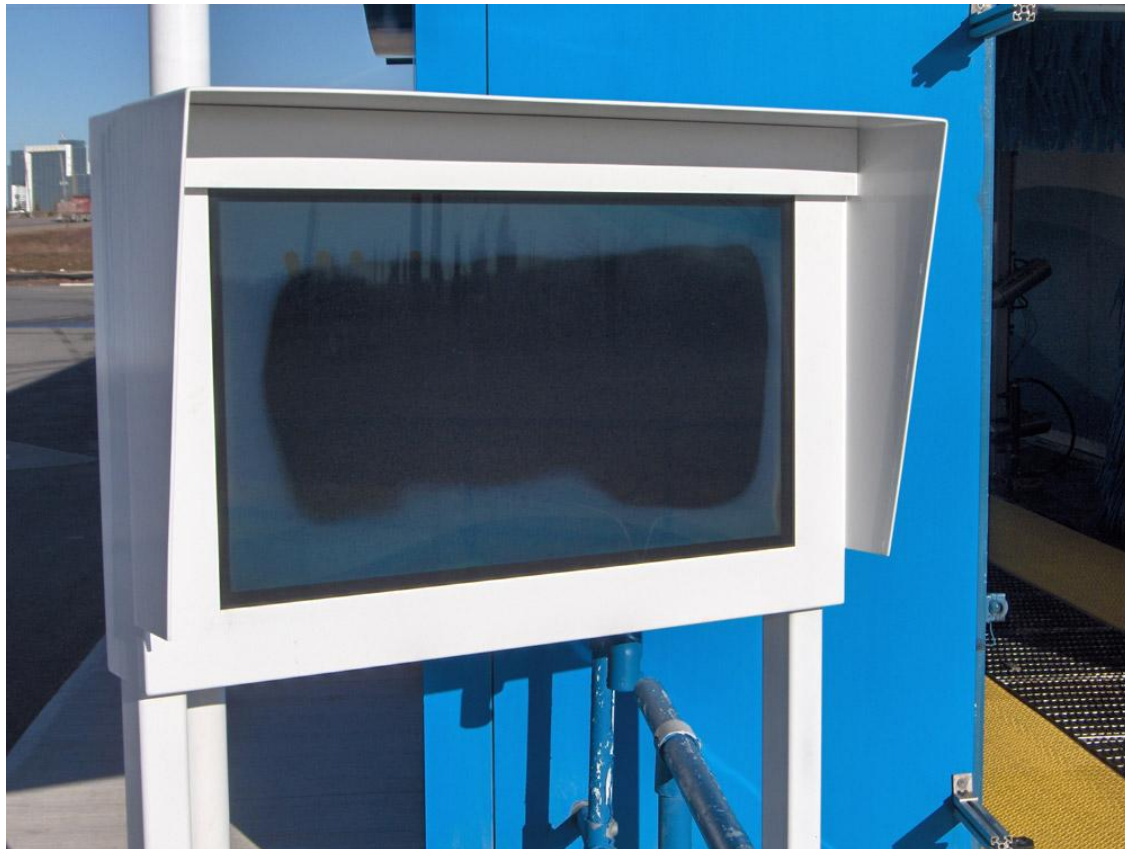
- Szkło ochronne
- Wiązanie optyczne
- Matryca LCD
- Podświetlanie

- Wiązanie optyczne nie tylko redukuje współczynnik odbicia, a także poprawia jasność wyświetlacza, ponieważ szczelina powietrzna powoduje odbicia światła z samego wyświetlacza.
- Jeśli mamy wiązanie optyczne, światło z podświetlenia przechodzi niezakłócone do powierzchni wyświetlacza i obraz będzie wyraźniejszy.
- Optical Bonding jest istotne nie tylko w kontekście czytelności w świetle słonecznym, ale także sprawia, że ekran jest bardziej wytrzymały fizycznie.
- Dodatkowa warstwa kleju amortyzuje wstrząsy, zapewniając wysoką trwałość, co jest szczególnie ważne w miejscach o dużym natężeniu użytkowania lub trudnych warunkach.
- Zapobiega również przedostawaniu się kurzu i cieczy pomiędzy warstwy.

## **Co jeszcze warto wiedzieć w kontekście zewnętrznych wyświetlaczy?**

- Kiedy mówimy o wyświetlaczach do zastosowań zewnętrznych, musimy też pomyśleć o ich odporności na warunki atmosferyczne.
- Ekstremalne temperatury, zarówno niskie, jak i wysokie, silne nasłonecznienie, wilgotność, kurz czy promieniowanie UV – to wszystko jest dla tradycyjnych wyświetlaczy wyzwaniem, które może zdecydować o ich żywotności.
- Wyświetlacze powinny być tak skonstruowane i wyprodukowane, aby były w stanie przetrwać każde możliwe warunki.

Oznacza to zastosowanie specjalistycznych materiałów i technologii, takich jak na przykład matryce LCD-TFT wyposażone w technologię **hi-TNI**, która zapewnia ochronę ciekłych kryształów przed uszkodzeniem pod wpływem promieniowania słonecznego.



- Implementacja wyświetlaczy w aplikacjach zewnętrznych wymaga uwzględnienia szeregu czynników, aby zapewnić ich prawidłowe działanie w różnych warunkach atmosferycznych.
- Kluczowym parametrem jest szeroki zakres temperatur pracy, który dla wielu modeli tego typu określany jest w przedziale od  $-20$  do  $70^{\circ}\text{C}$ , a czasem nawet od  $-30$  do  $85^{\circ}\text{C}$ .
- W skrajnych temperaturach panujących w terenie, dodatkowe elementy, takie jak grzałki czy wentylatory umieszczone w obudowie urządzenia końcowego, mogą być niezbędne do utrzymania temperatury wymaganej dla przetrwania komponentów elektronicznych...

Wyświetlacze dotykowe

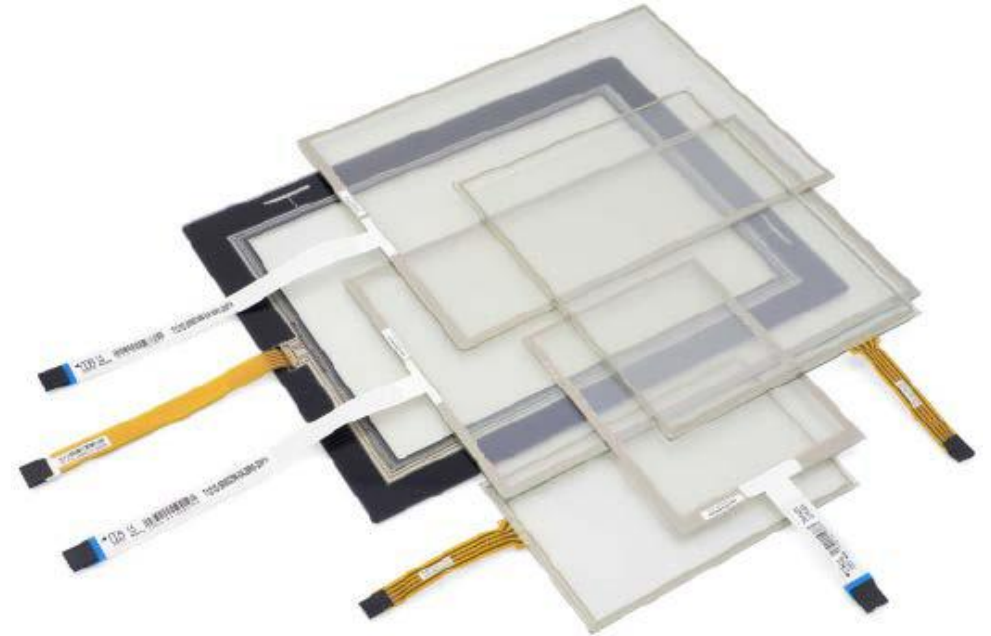
Panele dotykowe zostały zdominowane przez dwie technologie: pojemnościową i rezystancyjną.

Niemniej pamiętać należy, że dostępne są jeszcze inne rozwiązania m.in. optyczne, czy ultradźwiękowe.

- Panele rezystancyjne są niedrogie w produkcji i łatwe w obsłudze z poziomu aplikacji, dlatego są chętnie stosowane w ekranach o mniejszych rozmiarach przeznaczonych do prostych aplikacji.
- Panele pojemnościowe z kolei mogą być obsługiwane poprzez delikatne dotknięcia, niemal zawsze obsługują wiele punktów dotyku (multi touch) i są bardzo trwałe.

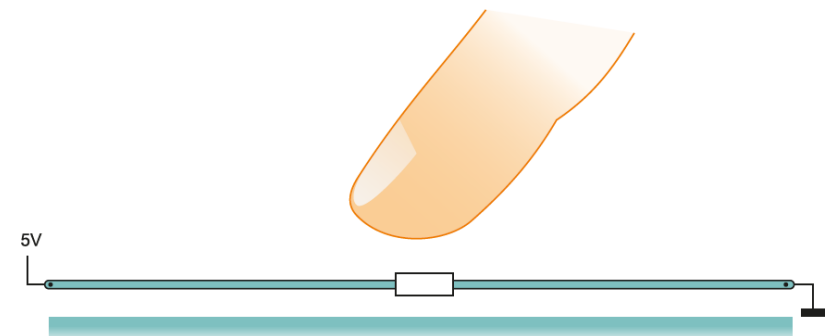
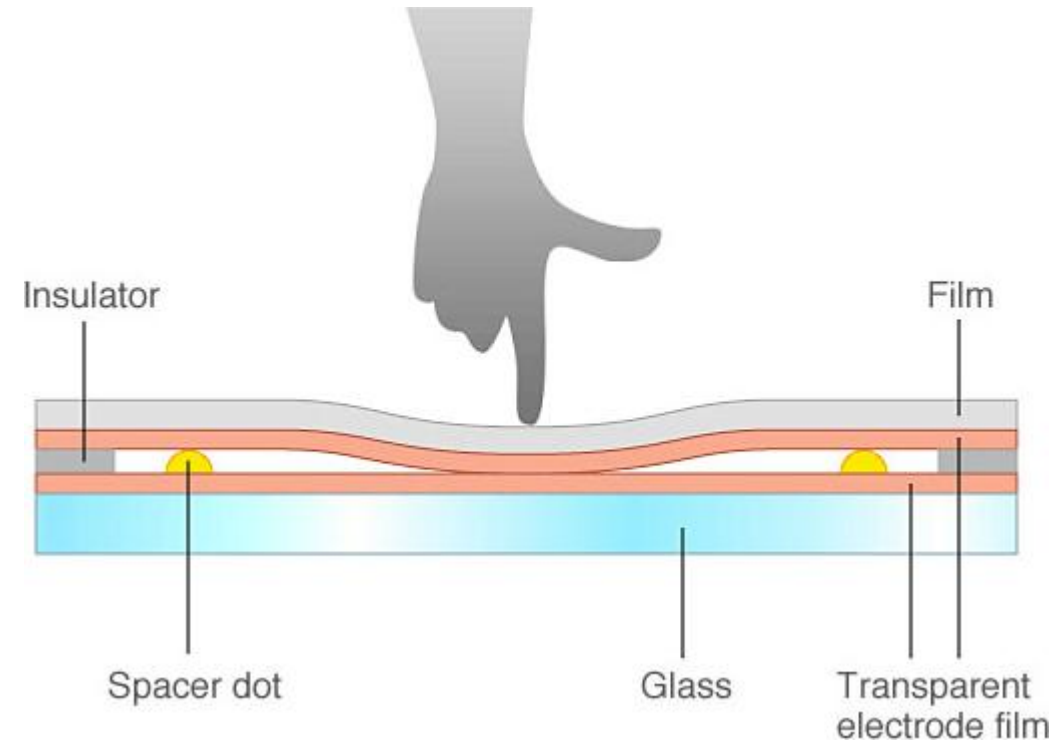
# Panele rezystancyjne

- Rezystancyjne panele dotykowe RTP (Resistive Touch Panel) to urządzenia autonomiczne, które nie zawsze muszą pracować w połączeniu z wyświetlaczem.
- Składają się z kilku warstw, z których najważniejsze są dwie warstwy oporowe oraz jedna (zwykle o strukturze siatki) pełniąca rolę dystansu pomiędzy nimi.
- Miejsca dołączenia wyprowadzeń elektrod na krawędziach obu warstw krzyżują się, ale nie są ze sobą zwarte, ponieważ pomiędzy nimi jest umieszczona warstwa dystansująca.

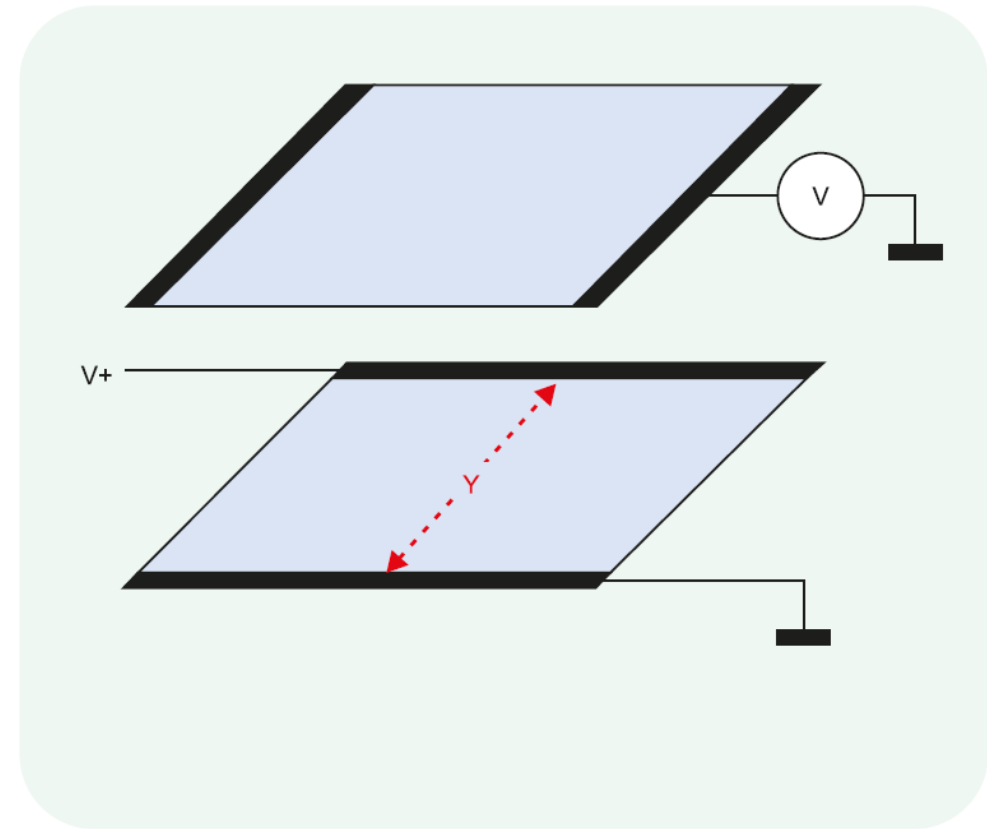
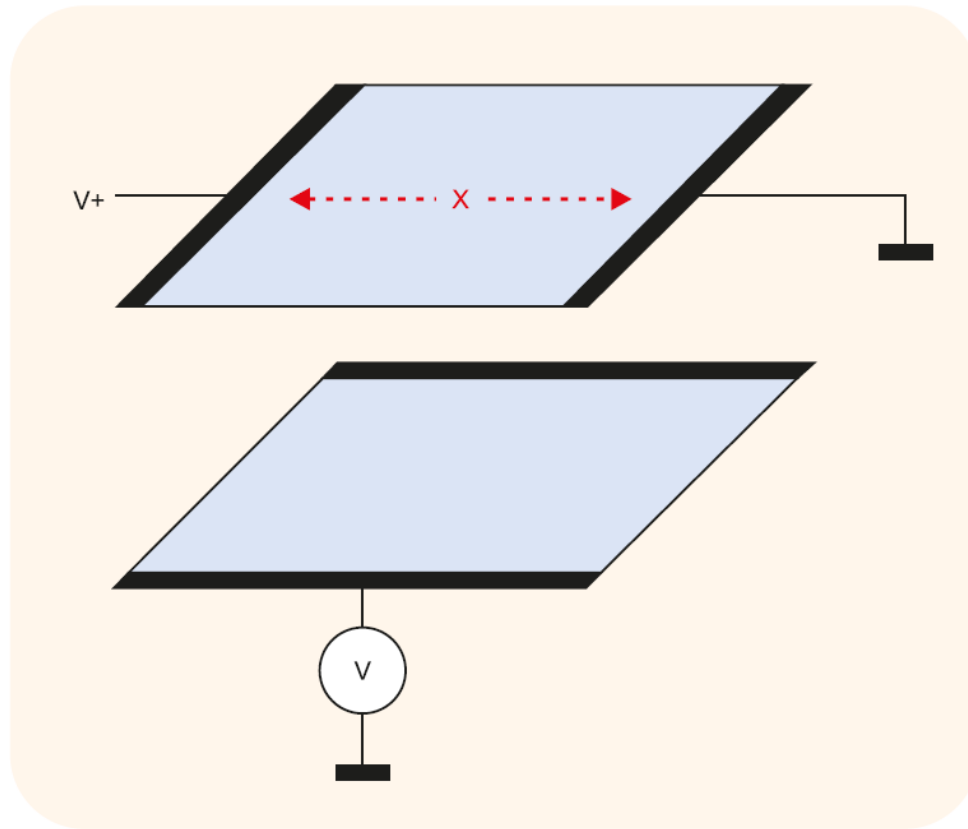


Odczytanie miejsca dotyku wymaga wykonania prostej sekwencji czynności:

- Napięcie zasilające jest przykładane do jednej z warstw.
- Na skutek docisku warstwy zwierają się.
- W ten sposób na zasilanej warstwie tworzy się dzielnik rezystancyjny o napięciu wyjściowym charakterystycznym dla danego miejsca.
- Napięcie to można odczytać z drugiej warstwy, która w tym momencie nie jest zasilana.
- Następnie należy zamienić działania na warstwach.



Zatem obsługa takiego panelu sprowadza się do pomiaru dwóch napięć za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego i określaniu na tej podstawie współrzędnych X i Y punktu nacisku.



- Użytkownik musi użyć niewielkiej siły, aby ścisnąć dwie warstwy folii i spowodować zwarcie ich powierzchni - dlatego ekranów rezystancyjnych nie da się obsługiwać samym dotykiem.
- Obniża to ich trwałość i powoduje niewielki dyskomfort obsługi.
- Wśród wad należy też wymienić nieznaczne pogorszenie kontrastu i jasności świecenia wyświetlacza leżącego pod panelem na skutek przejścia światła przez warstwy z naniesionymi ścieżkami rezystancyjnymi i niską odporność mechaniczną samego panelu.
- Dodatkowo, na skutek rozrzutu parametrów oraz starzenia się, panel rezystancyjny wymaga kalibracji przed użyciem i czasami w trakcie eksploatacji.

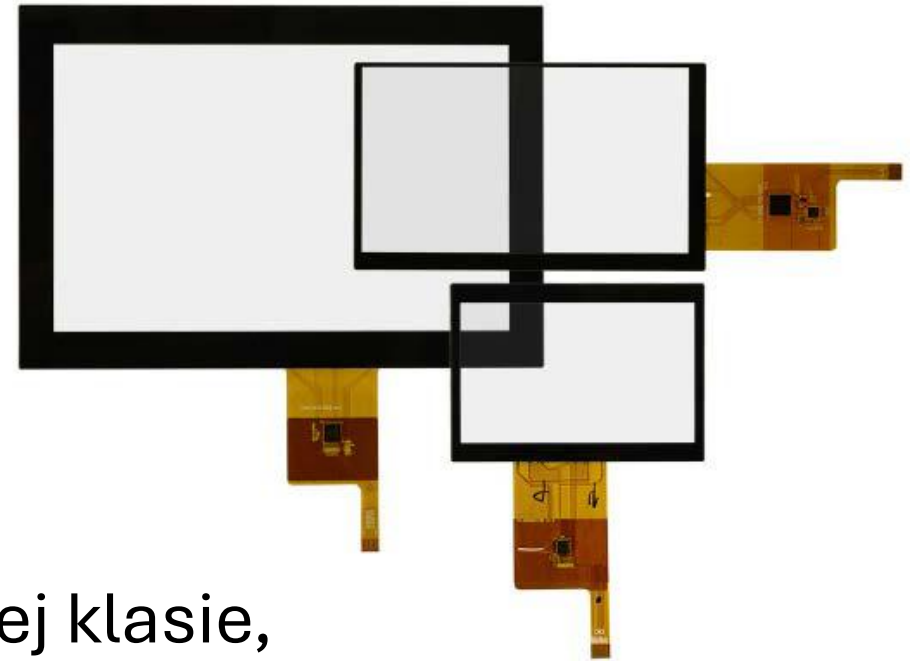
- Głównymi zaletami tej technologii są jej niska cena oraz odporność na oddziaływanie środowiska.
- Panel rezystancyjny, nawet mokry lub zakurzony, nadal będzie działał, o ile tylko woda nie dostanie się pomiędzy warstwy przewodzące.
- Ponadto, same panele są stosunkowo cienkie.

# Panele pojemnościowe

Wśród dotykowych paneli pojemnościowych można wyróżnić dwie główne technologie.

Powierzchniowe panele pojemnościowe, SCT (ang. Surface Capacitive Touch) mają konstrukcję zdecydowanie najprostszą w swojej klasie, stąd ich najpowszechniejsze zastosowania to większe ekrany dotykowe o ograniczonych wymogach w zakresie rozdzielczości i dokładności lokalizacji punktów dotyku.

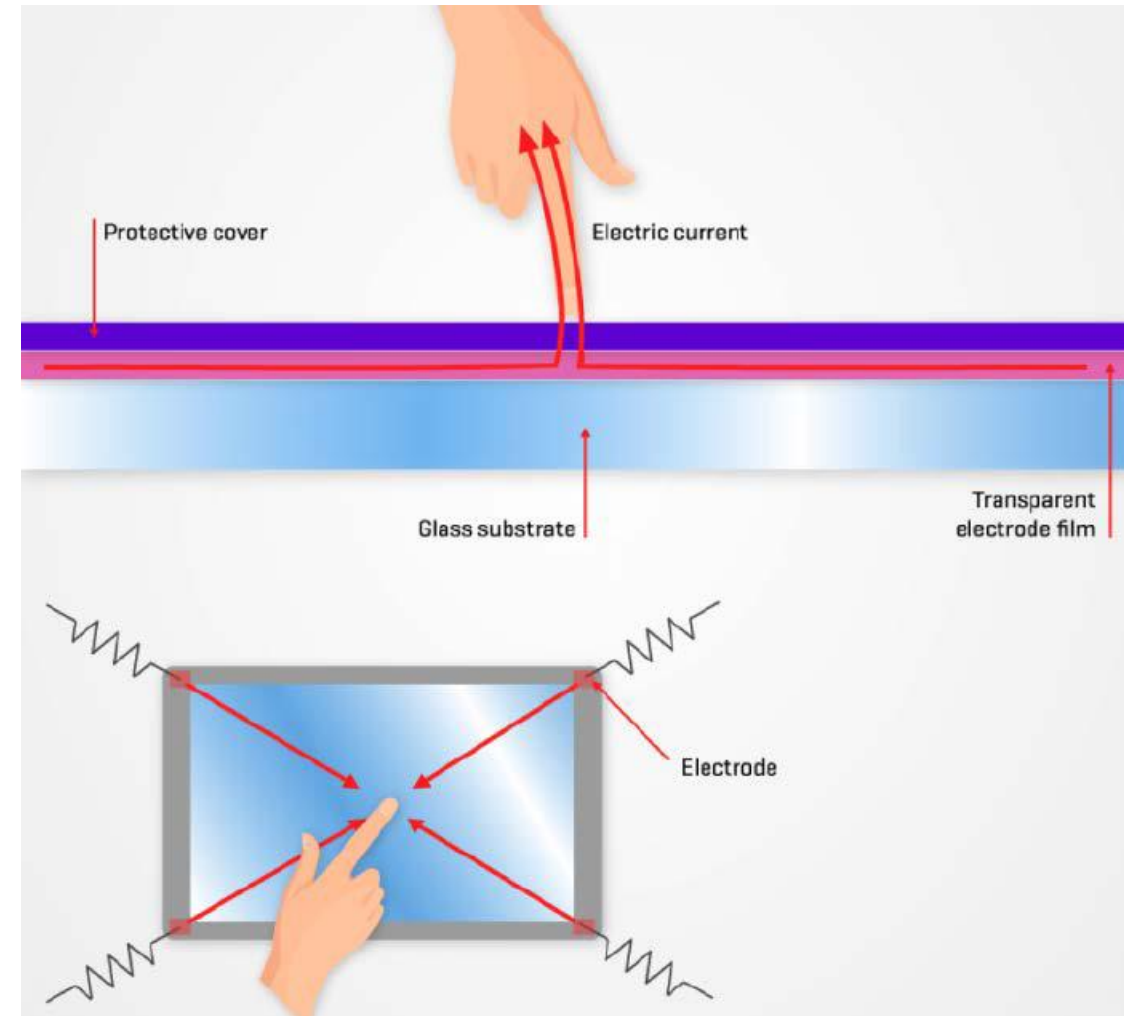
Ich konstrukcja opiera się na pojedynczej, jednolitej warstwie przewodzącej, wyposażonej w ścieżki linearyzujące na bazie srebra i podłączonej do czterech elektrod, znajdujących się w rogach ekranu



Przyłożenie napięcia przemiennego do narożnych elektrod powoduje wytworzenie pola elektrostatycznego.

Przewody doprowadzone do poszczególnych punktów nie są jednak ze sobą zwarte: kontroler wytwarza cztery przebiegi o identycznej fazie, częstotliwości i amplitudzie.

Przyłożenie palca lub rysika **przewodzącego** powoduje zaburzenie tej równowagi, przez co do poszczególnych elektrod doptywa prąd o nieco różniących się natężeniach – amplituda poszczególnych prądów jest bowiem proporcjonalna do odległości punktu kontaktowego od danej elektrody.



Z uwagi na zastosowanie pojedynczej warstwy i tylko czterech elektrod pracujących synchronicznie nie da się zrealizować w ten sposób panelu zdolnego do rozróżnienia wielu punktów dotyku jednocześnie.

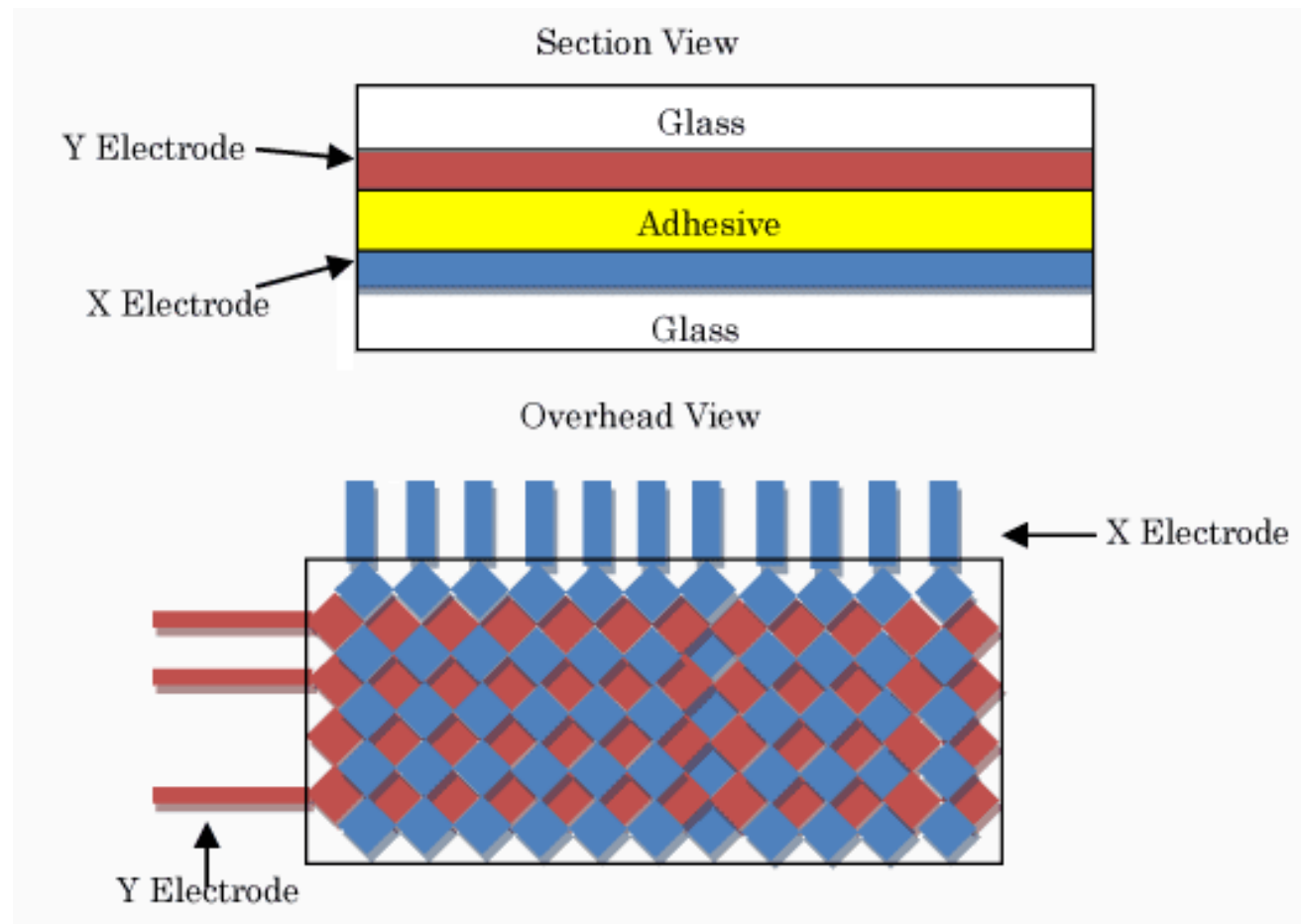
Innym problemem jest wymóg relatywnie stabilnej masy, stanowiącej odniesienie dla układu pojemności: ekran-użytkownik-ziemia.

Z tego też względu ekrany w technologii SCT lepiej nadają się do instalacji stacjonarnych (np. infokiosków), niż do urządzeń przenośnych.



Inne możliwości daje technologia pojemnościowych paneli projekcyjnych (ang. Projected Capacitive Touch).

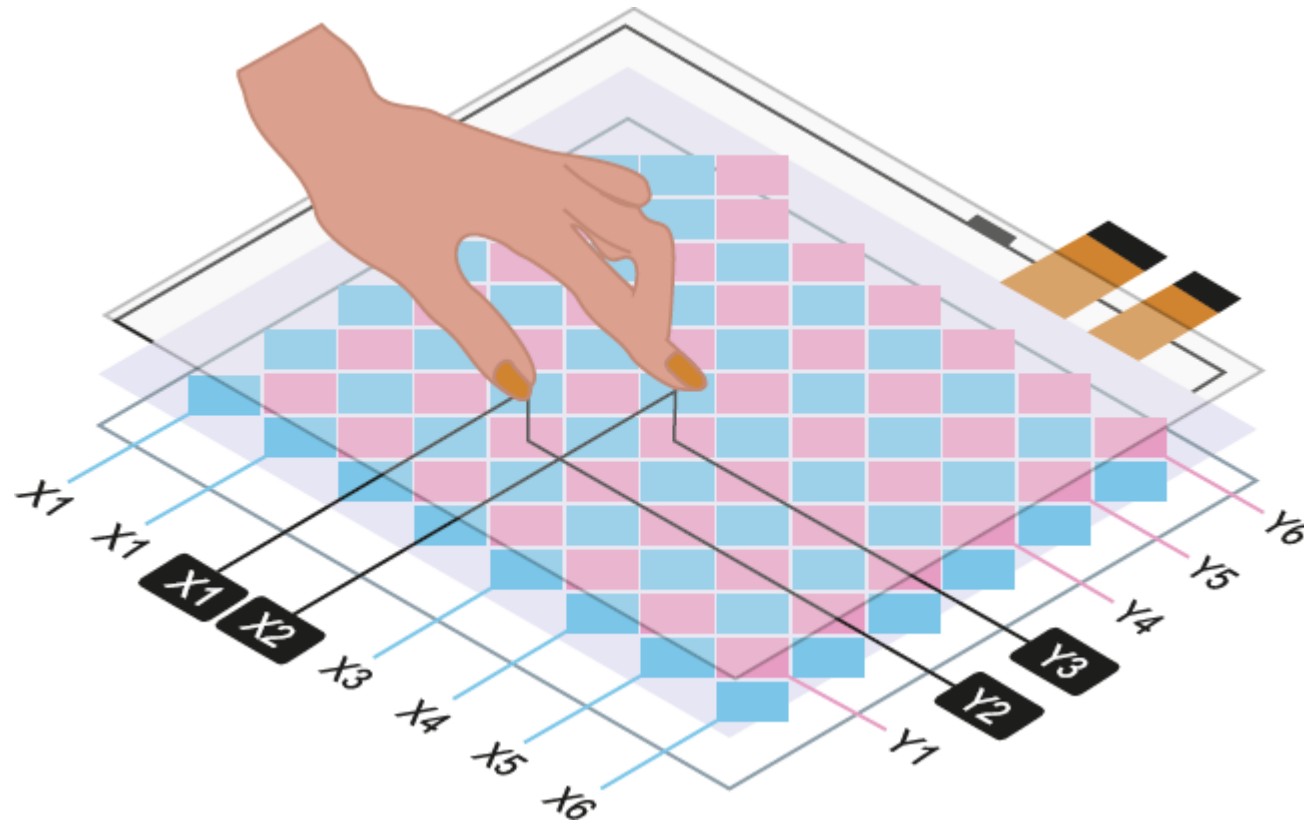
W tym przypadku stosowane są dwie warstwy elektrod, ułożonych w układzie macierzowym (X-Y), przemiatanym przez sterownik.



Istnieją dwie odmiany techniki projekcyjnej.

- Pierwsza z nich opiera się na pomiarze pojemności własnej danej elektrody, czyli odczyt jest dokonywany w odniesieniu do masy urządzenia. Przyłożenie palca do ekranu w danym miejscu zwiększa widzianą przez kontroler dotyku pojemność, zatem położenie punktu kontaktowego jest wyznaczane na drodze poszukiwania maksimum pojemności.
- Druga metoda polega na pomiarze pojemności pomiędzy dwiema sąsiadującymi elektrodami. W tym przypadku dotknięcie ekranu powoduje „zabranie” części ładunku przez pojemność reprezentowaną przez ciało użytkownika – kontroler musi zatem poszukiwać pary elektrod o pojemności niższej niż pojemność bazowa.

Niezależnie od zastosowanej odmiany technologii, projekcyjne panele pojemnościowe należą do najczulszych i najbardziej responsywnych. Ponadto ze względu na zastosowany układ macierzowy elektrod umożliwiają one realizację funkcji multi-touch.



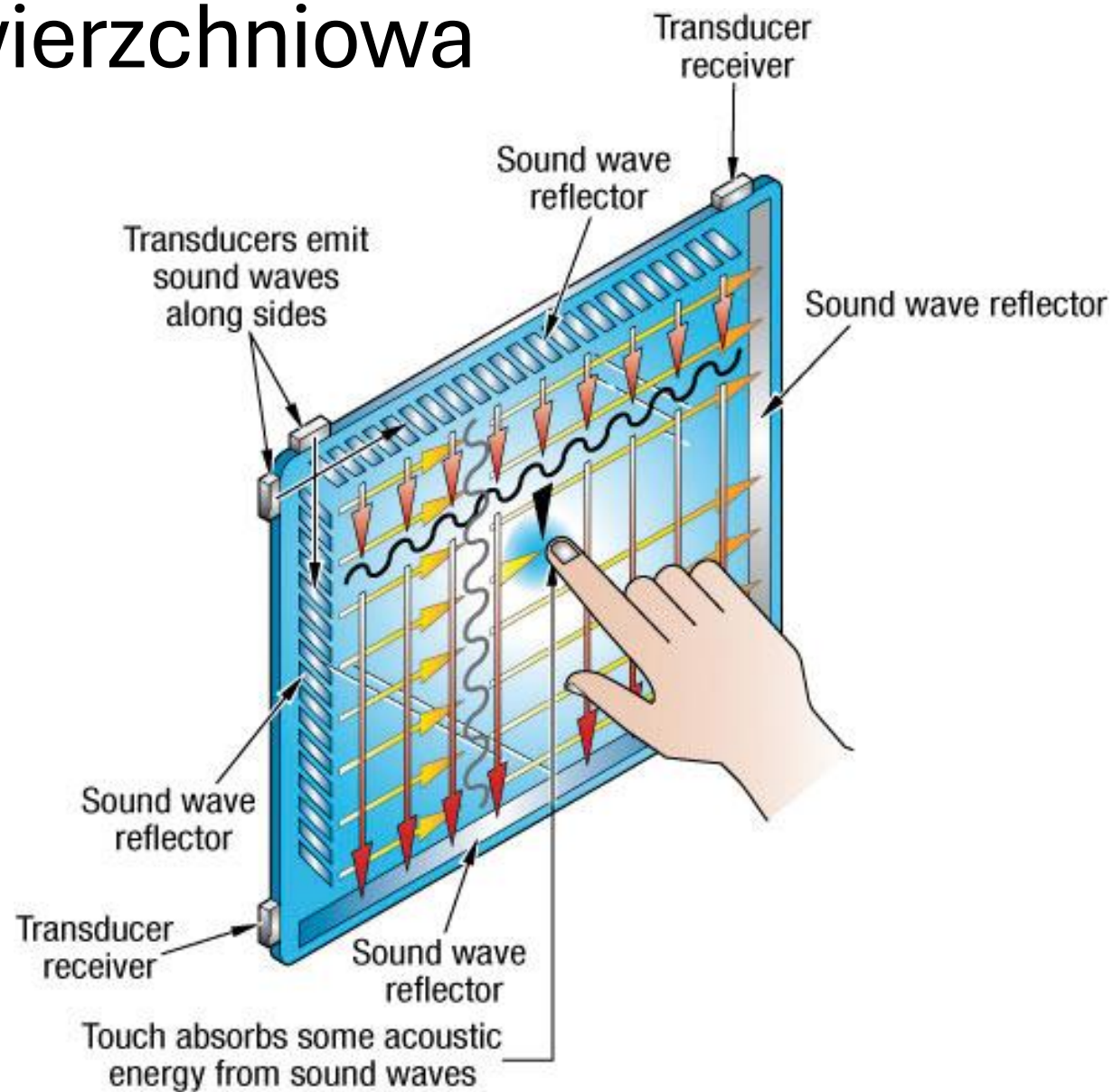
Zdolność do rozpoznawania dotyku wielopunktowego (a więc także wsparcie obsługi gestów) oraz szybkość, responsywność i precyzja działania paneli projekcyjnych spowodowała, że technologia ta zdominowała najbardziej wymagające (pod względem doświadczeń użytkownika) obszary aplikacyjne elektroniki konsumenckiej – głównie rynek urządzeń mobilnych.

Praca w środowiskach, w których ekran PCAP może być narażony na działanie cieczy lub wilgoci, w tym płynów przewodzących, takich jak słona woda, jest możliwa dzięki wyspecjalizowanym algorytmom kontrolera i strojeniu. Technologia PCAP może też wspierać obsługę rękawic medycznych i grubych rękawic przemysłowych, a także obsługę pasywnego rysika.

# Akustyczna technologia powierzchniowa

Panele dotykowe można budować także w oparciu o powierzchniową falę akustyczną (ang. Surface Acoustic Wave, SAW), tzw. falę Rayleigha – propagującą praktycznie tylko na powierzchni oraz na niewielkim obszarze w głąb materiału.

W praktyce stosowane są fale ultradźwiękowe o częstotliwości rzędu 5 MHz – stosunkowo łatwe do wygenerowania i odebrania za pomocą przetworników piezoelektrycznych.



Panele zbudowane na bazie technologii SAW mają szereg zalet:

- zapewniają doskonałą przezierność (jedynym elementem przed wyświetlaczem jest szyba),
- są odporne na zarysowania i uderzenia (zależnie od wytrzymałości szkła),
- relatywnie proste w konstrukcji,
- niezawodne i skalowalne (kilka – kilkadziesiąt cali).

Wysoka odporność środowiskowa i mechaniczna pozwala na stosowanie dotykowych paneli akustycznych w aplikacjach outdoorowych.

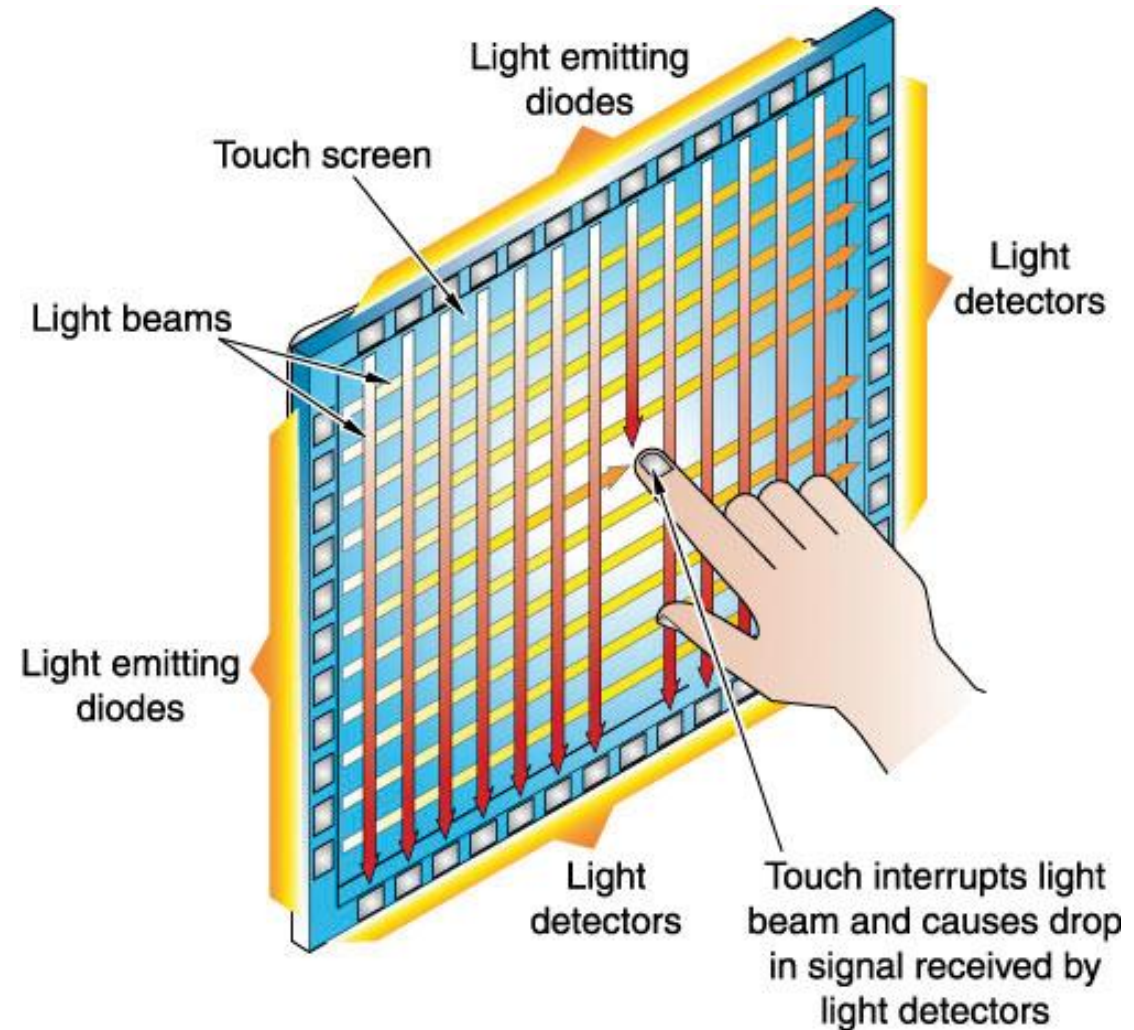


# Panele dotykowe na podczerwień

Ostatnia z technologii dotykowych, to panele oparte na dwuwymiarowych kurtynach wiązek podczerwieni

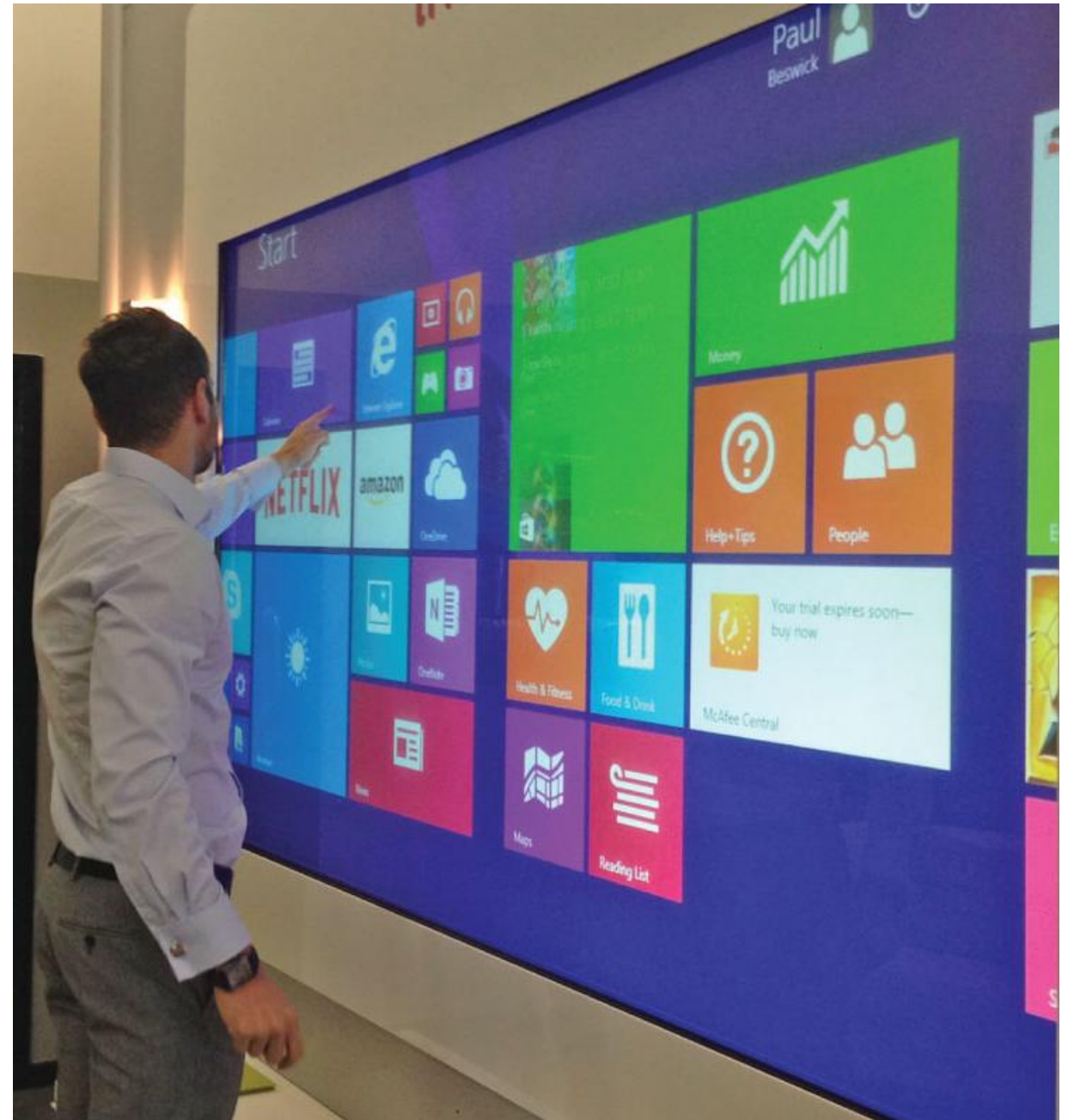
Zasada działania jest banalnie prosta – zbliżenie palca na odległość wystarczającą do przzerwania wiązek światła powoduje, że określone fotodetektory, zamontowane na krawędziach ramki są przestłaniane.

Przerwanie danej bariery optycznej jest jednoznacznym wskazaniem współrzędnej w osi X lub Y.



Technologia ta obsługuje funkcję multi-touch, a ponadto idealnie nadaje się do realizacji ogromnych paneli o przekątnych na poziomie nawet 150 cali.

Dlatego też duże infokioski, interaktywne instalacje rozrywkowe czy edukacyjne oraz wszelkiego rodzaju inne rozwiązania wymagające wykrywania dotyku na sporej powierzchni są oparte właśnie na technologii kurtyn IR.



Ponadto optoelektroniczna rama może być łatwo zamontowana do dowolnego ekranu wielkoformatowego, przez co projektant systemu zyskuje ogromny wybór pod względem wyboru dostawcy i modelu wyświetlacza.



Podstawowa i zarazem największa wada paneli dotykowych IR wynika wprost z samej technologii - uzyskanie relatywnie wysokiej rozdzielczości wymaga stosowania setek, a nawet tysięcy fotoelementów i diod LED, montowanych na długich i rozbudowanych płytkach drukowanych.

To wprost idealny przepis na drogą technologię, która jest równie skalowalna, co wrażliwa na ceny i liczbę zastosowanych komponentów...



Kilka studiów przypadku...

# **1. Projektujemy panel operatorski (HMI) dla urządzenia przemysłowego pracującego:**

- w trybie ciągłym (24/7),
- w hali produkcyjnej oraz okresowo na zewnątrz,
- z możliwością obsługi w rękawicach,
- zasilany z sieci (ale z ograniczeniami energetycznymi).

## **Co musi robić wyświetlacz?**

- prezentować dane procesowe i alarmy w czasie rzeczywistym,
- zachować czytelność w silnym oświetleniu,
- umożliwiać prostą interakcję użytkownika,
- pracować niezawodnie przez wiele lat.

## **Ograniczenia i warunki brzegowe:**

- temperatura pracy:  $-20\dots+60$  °C,
- duża ilość treści statycznych (interfejs, ramki, etykiety),
- odporność mechaniczna (wstrząsy, drgania),
- umiarkowany budżet,
- ograniczona możliwość serwisowania.

## **Analiza możliwości:**

- **OLED - NIE**  
Problem burn-in przy statycznym HMI, ograniczona jasność outdoor, koszt.
- **LED - NIE**  
Zbyt duży rozmiar piksela, nieergonomiczny dla bliskiej obserwacji.
- **EPD - NIE**  
Brak dynamiki, zbyt wolne odświeżanie dla alarmów.

## **Decyzja:**

LCD TFT o wysokiej jasności, z:

- powłoką antyrefleksyjną,
- optical bonding,
- szerokim zakresem temperatur,
- dopasowanym podświetleniem.

Panel dotykowy?

- rezystancyjny.

## **Konsekwencje wyboru:**

- konieczność sterowania jasnością,
- zarządzanie ciepłem,
- grubość zespołu wyświetlacza,
- wpływ podświetlenia na pobór mocy,
- dodatkowe koszty optical bonding i front glass.

## **2. Projektujemy urządzenie IoT służące do prezentacji danych pomiarowych (np. temperatura, wilgotność, status systemu):**

- urządzenie montowane na ścianie lub obudowie,
- brak stałego zasilania sieciowego,
- komunikacja bezprzewodowa,
- obsługa sporadyczna, bez ciągłej interakcji.

### **Co musi robić wyświetlacz?**

- czytelna prezentacja kilku wartości liczbowych,
- możliwość wyświetlenia stanu alarmowego,
- dobra czytelność w świetle dziennym,
- brak konieczności częstego odświeżania obrazu.

## **Ograniczenia i warunki brzegowe:**

- zasilanie bateryjne (wymagana praca  $\geq 1$  rok),
- bardzo długi czas uśpienia,
- niska moc w trybie czuwania,
- niskie koszty urządzenia,
- szeroki zakres temperatur (np.  $-10\dots+50$  °C).

## **Analiza możliwości:**

- **LED - NIE**  
Zbyt duży pobór mocy, brak sensu dla małej ilości informacji.
- **OLED - NIE**  
Samoemisyjny = wysoki pobór mocy przy długotrwałym wyświetlaniu, ryzyko wypalania przy statycznych treściach.
- **LCD - NIE**
  - wymaga podświetlenia,
  - pobór mocy nawet przy braku zmian treści,
  - ograniczona czytelność w słońcu bez zwiększania jasności.

## **Decyzja:**

EPD - elektroniczny papier:

- zerowy pobór mocy po odświeżeniu treści,
- doskonała czytelność w świetle dziennym,
- brak podświetlenia,
- idealny do treści statycznych lub rzadko zmienianych.

Panel dotykowy?

- Nie.

## **Konsekwencje wyboru:**

- wolne odświeżanie (sekundy zamiast ms),
- konieczność innego podejścia do UI (strefowe zmiany),
- ograniczona paleta barw,
- większa rola sterownika i algorytmów odświeżania.

### **3. Projektujemy panel informacyjny (np. przystanek, dworzec, kampus), służący do:**

- wyświetlania map, rozkładów, komunikatów,
- pracy przez całą dobę,
- użytkowania w przestrzeni półotwartej lub całkowicie zewnętrznej.

#### Lokalizacja:

- bezpośrednio światło słoneczne,
- duże zmiany pory dnia i roku,
- obserwacja z różnych odległości.

## **Co musi robić wyświetlacz?**

- bardzo dobra czytelność w pełnym słońcu,
- widoczność z kilku–kilkunastu metrów,
- półstatyczne treści (mapy, info, reklamy),
- praca 24/7,
- szybkie odświeżanie treści w razie alarmów.

## **Co narzuca przestrzeń publiczna?**

- ekstremalne temperatury ( $-30\dots+60$  °C),
- deszcz, kurz, promieniowanie UV,
- wandalizm,
- bardzo ograniczony serwis,
- wysoka awaryjność elementów mechanicznych.

## **Analiza możliwości:**

- EPD - NIE  
Zbyt wolne odświeżanie, brak dynamiki, brak sensu dla dużych formatów.
- OLED - NIE  
Ograniczona jasność, degradacja w słońcu, bardzo wysoki koszt dużych paneli.
- LCD - Możliwe, ale:
  - ekstremalnie wysoki pobór mocy,
  - potrzeba bardzo jasnego podświetlenia,
  - skomplikowana konstrukcja (bonding, szkło, chłodzenie).

## Decyzja:

LED — bezpośrednio świecąca matryca diod:

- jasność rzędu kilku–kilkunastu tysięcy  $\text{cd}/\text{m}^2$ ,
- brak polaryzatorów i podświetlenia,
- doskonała widoczność z dużych odległości,
- naturalna skalowalność (segmenty),
- odporność na warunki atmosferyczne.

Panel dotykowy?

- Nie.

## **Konsekwencje wyboru:**

- niska gęstość pikseli (uzależniona od odległości obserwacji),
- wyższy pobór mocy przy jasnych treściach,
- ciężka i gruba konstrukcja mechaniczna,
- konieczność zaawansowanego sterowania jasnością i temperaturą barw.

Dziękuję za uwagę