

Magazyn Elektroniki Użytkowej

bezpłatny
dodatek
do
miesięcznika



P o z n a ć i z r o z u m i e ć s p r z ę t

Misją Magazynu Elektroniki Użytkowej (MEU) jest zagwarantowanie Czytelnikom EdW minimum wiedzy o elektronicznym sprzęcie używanym przez współczesnego człowieka w życiu codziennym.

Wiem, Drogi Czytelniku, że interesujesz się głównie konstrukcją układów elektronicznych, ale w Twoim środowisku, w kręgu rodziny i znajomych uchochodzisz zapewne za guru elektronicznego. Do Ciebie zwracają się z pytaniami dotyczącymi sprzętu audio, wideo, komputerów, telefonów komórkowych, itp. Oczywiście, nie możesz się na tym wszystkim dobrze znać, ale przecież są zagadnienia, których po prostu nie wypada nie znać. Właśnie rolą MEU jest dostarczyć Ci minimum wiedzy o tematach i terminologii będącej w powszechnym użyciu. Musisz się w tych sprawach orientować, chociażby po to, żeby zachować autorytet guru elektronicznego w kręgu najbliższych Ci osób. Traktujemy też MEU jako wstępną lekturę, która ułatwi Ci rozumienie artykułów w pismach specjalistycznych, takich jak AUDIO, ŚWIAT RADIO, ESTRADA I STUDIO, itp.

Konstrukcja MEU jest bardzo prosta - opiera się na czterech wątkach:

* **Aktualności** - wiadomo, że służą "trzymaniu ręki na pulsie", żeby zawsze wiedzieć o wszystkich nowinkach;

* **O tym się mówi** - rozjaśnia zagadnienia, o których w ostatnim czasie jest bardzo głośno;

* **To trzeba wiedzieć** - wyjaśnia zagadnienia, których - szczerze mówiąc - elektronikowi nie wypada nie znać i nie rozumieć;

* **Leksykon** - ma przygotować Czytelników EdW do lektury pism specjalistycznych.

To trzeba wiedzieć

Nowoczesne wyświetlacze czyli... gdzie kupić cyfrowe głośniki?

To trzeba wiedzieć

Dźwięki i obrazy wokół nas są analogowe, jednak z roku na rok otacza nas coraz więcej różnorodnych urządzeń cyfrowych. Czarna, analogowa płyta gramofonowa i taśma magnetofonowa zostały nieodwołalnie wyparte przez cyfrową płytę kompaktową. Dźwięk jest przechowywany w postaci zer i jedynek. Przesyłany i magazynowany w takiej postaci nic nie traci na jakości. Od kilku lat nawet obróbkę sygnałów audio (korekcja barwy, opóźnienie, różne efekty) przeprowadza się numerycznie, przy wykorzystaniu cyfrowych procesorów sygnałowych (DSP). Cyfrowe miksery, cyfrowe korektory, cyfrowe systemy redukcji szumu stopniowo stają się codziennością. Ostatnio dużo mówi się też o cyfrowych wzmacniaczach audio, pracujących w tak zwanej klasie D. Niewiele od prawdy odbiega stwierdzenie, że w dziedzinie audio wszystko jest już cyfrowe.

Prawie wszystko - na razie nie ma doniesień o cyfrowych mikrofonach i cyfrowych głośnikach bezpośrednio przetwarzających dźwięk na liczbę i odwrotnie. Inaczej mówiąc, nie ma doniesień o przetwornikach dźwięk/cyfra oraz cyfra/dźwięk. Nie ma, i w najbliższej przyszłości nie będzie, cyfrowych mikrofonów i cyfrowych głośników. Umieszczanie na słuchawkach napisu *digital* jest tanim chwytym reklamowym - zwłaszcza gdy kosztują one 5...10zł.

Inaczej jest w dziedzinie przetwarzania obrazu. W ciągu ostatnich kilku lat technika cyfrowa weszła szerokim frontem do systemów rejestracji, obróbki i przesyłania obrazu. Jeszcze kilka lat temu poważną barierą były ograniczone możliwości mikroprocesorów przetwarzających sygnał wideo. Dziś w zasię-

gu ręki są różnego rodzaju przetworniki, modulatory, kodery i dekodery, nie tylko przetwarzające obraz na postać cyfrową, ale również zmniejszające ilość przesyłanej informacji bez straty jakości obrazu. Jeszcze kilkanaście lat temu zupełnie niemożliwe wydawało się „upchnięcie” pełnowartościowego cyfrowego sygnału telewizyjnego w paśmie częstotliwości mniejszym niż obecne kanały telewizyjne.

Dziś każdy może za kilkadziesiąt złotych kupić odbiornik telewizyjny, zawierający wyrafinowane obwody cyfrowej obróbki sygnału, a za dalsze kilkadziesiąt złotych cały system do odbioru cyfrowych programów z satelity (Wizja TV i Cyfra+). W niektórych krajach już funkcjonuje naziemna telewizja cyfrowa (T-DVB). Popularność zdobywają amatorskie cyfrowe kamery i magnetowidy standardu DV.

I oto można zauważyć nieoczekiwaną różnicę między techniką audio i wideo. O ile w technice audio pierwszy i ostatni etap wciąż realizowane są w technice analogowej (mikrofon i głośnik), o tyle w technice wideo wszystko od początku do końca można realizować cyfrowo.

Do kamer technika cyfrowa zawitała już dawno, gdy w latach siedemdziesiątych zamiast przetworników lampowych (plumbikon, widikon) zaczęto wykorzystywać półprzewodnikowe przetworniki obrazu CCD (Charge Coupled Device). Przetworniki CCD mają pewne cechy elementów cyfrowych, jednak uzyskany sygnał był obrabiany analogowo. Dopiero od niedawna dostępne są scalone przetworniki obrazu, dające od razu sygnał cyfrowy (dotyczy to przede wszystkim tzw. przetworników CMOS z wewnętrznym przetwornikiem A/D).

Podobnie jest na drugim końcu traktu. Do tej pory przetwornikiem była, a można powiedzieć - nadal jest lampa kineskopowa, która choć daje znakomity obraz, musi być zaliczona do przetworników analogowych. Do przetworników cyfrowych można natomiast zaliczyć wyświetlacze plazmowe oraz wyświetlacze oparte na ciekłych kryształach (LCD). Wyświetlacze LCD są stosowane obecnie w płaskich monitorach komputerowych. Przetworników takich na razie nie stosuje się do budowy odbiorników telewizyjnych ze względu na wysoką cenę przy niezbyt dużych wymiarach (przekątna do 21 cali, czyli nieco powyżej 0,5 metra). Pojawiają się natomiast na rynku pierwsze odbiorniki telewizyjne z wyświetlaczem plazmowym. Przekątna ekranu plazmowego zazwyczaj wynosi 1 metr lub nawet więcej. Odbiorniki z takim ekranem są obecne także na polskim rynku.

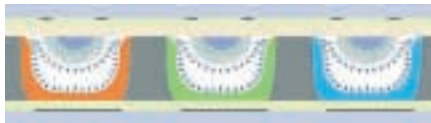
Znacznie mniej znane są w pełni cyfrowe przetworniki obrazu, stosowane w projektorach telewizyjnych. Pierwsze projektory telewizyjne zawierały odmianę lampy kineskopowej. Obecnie dominują projektory z przetwornikami z ciekłych kryształów (LCD) oraz z matrycą mikroluster (DMD).

O ile działanie stuletniej staruszki, lampy kineskopowej, rozumie niemal każdy, o tyle zasady działania ekranów plazmowych, przetworników ciekłokrystalicznych i z mikrolustriami są dla wielu całkowitą tajemnicą.

Wyświetlacze plazmowe

Generalna zasada działania wyświetlaczy plazmowych, zwanych PDP (Plasma Display Panel), związana jest z wyładowaniami elektrycznymi w gazach. Pierwsze wyświetlacze plazmowe pracowały na zasadzie najzwyczajszej neonówki. Wyświetlacz plazmowy to jedna wielka neonówka z mnóstwem elektrod. Doprowadzenie znacznego napięcia pomiędzy elektrody powodowało świecenie odpowiednich punktów ekranu w charakterystycznym kolorze pomarańczowym (amber). Później zastosowano odpowiednie mieszanki gazów, by uzyskać światło o niemal dowolnym kolorze. Taki ekran pozostawał jednak monochromatyczny. Aby uzyskać wyświetlacz pełnokolorowy, zastosowano inne interesujące rozwiązanie. Wyświetlacz jest podzielony na elementarne komórki, emitujące światło w kolorach podstawowych RGB (czerwonym, zielonym i niebieskim). Poszczególne komórki są od siebie oddzielone. Wyładowanie powstające w dowolnej komórce pod wpływem wysokiego napięcia wytwarza nie światło widzialne, tylko promieniowanie ultrafioletowe (UV). Dalej proces jest podobny jak w świetłowce. Promieniowanie UV pobudza do świecenia luminofor o odpowiednim kolorze (R, G, B). Aby była możliwość selektywnego zaświecania poszczególnych punktów ekranu, komórki umieszczone są między dwiema płytami

szklanymi, na których też naniesione są cieniutkie metalowe elektrody oraz warstwy izolacyjne. Uproszczony przekrój typowego kolorowego ekranu plazmowego pokazuje **rysunek 1**. Trzy elementarne komórki wyładowcze tworzą jeden punkt ekranu (piksel), który może świecić dowolnym kolorem.



Rys. 1 Budowa ekranu plazmowego



Fot. 2 Odbiornik telewizyjny z ekranem plazmowym



Fot. 3 Monitor z ekranem plazmowym

W ten sposób wytwarzane są ekrany dużych płaskich odbiorników telewizyjnych o przekątnej ponad 1 metr. Odbiorniki takie są dostępne na rynku, jednak ich cena jest jak na razie bardzo wysoka, ponad 20...30 tysięcy złotych dla najprostszycy modeli. **Fotografia 2** pokazuje telewizor z ekranem plazmowym TC-42PD1F firmy Panasonic. Ekran o przekątnej 106cm zawiera 408960 pikseli i zapewnia jasność do 550 kandel na metr kwadratowy przy kontraście 550:1.

Niektóre współczesne ekrany plazmowe mają rozdzielczość znacznie większą, niż wymaga tego standardowy przekaz telewizyjny PAL. Dostępne są już ekrany plazmowe o rozdzielczości 1280x1024 i przekątnej 25 cali (639mm), jak monitor komputerowy firmy Hitachi pokazany na **fotografii 3**.

Nie ulega wątpliwości, że do sterowania pracą takiego wyświetlacza zawierającego ponad trzy miliony elementarnych komórek wyładowczych potrzebne są skomplikowane cyfrowe układy sterujące. Choć nie wszystko odbywa się na drodze cyfrowej, wyświetlacz taki można zaliczyć do grona wyświetlaczy cyfrowych.

Pomimo licznych zalet, wielu specjalistów nie wróży tym przetwornikom większej popularności. Wyświetlacze plazmowe dają wprawdzie znakomity obraz o dużej jasności i dobrym kontraście, pobierają jednak dużo energii - około 300W, a niektóre mają nawet wbudowany wentylator. To są poważne wady. Dlatego niektórzy twierdzą, że ekrany plazmowe to ślepy zaułek w rozwoju płaskich wyświetlaczy. Czas pokaże, jak potoczą się ich losy, a jak rozwijać się będą wyświetlacze oparte na ciekłych kryształach.

Ciekłe kryształy

Historia ciekłych kryształów (LC- Liquid Crystal) zaczęła się w roku 1888, gdy austriacki botanik F. Rheinizer odkrył ich właściwości. Przez długie lata nie miały żadnego praktycznego znaczenia. Dopiero w roku 1968 po kilkuletnich badaniach firma RCA (USA) wykorzystała je do budowy pierwszego wyświetlacza. W roku 1973 firma Sharp wprowadziła na rynek pierwszy kalkulator z wyświetlaczem LCD - EL-8025.

Wyświetlacze ciekłokrystaliczne (LCD - LC Display) znane są więc od ponad trzydziestu lat.

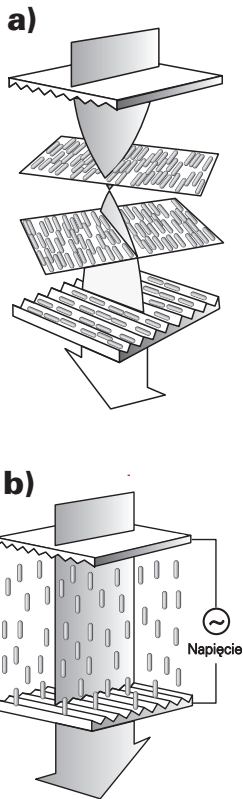
Generalna zasada działania tych wyświetlaczy związana jest z właściwościami światła oraz ze specyficznymi właściwościami pewnych ni to cieczy, ni to ciał stałych, które nieprzypadkowo nazywane są ciekłymi kryształami.

Mówiąc najprościej, fale świetlne drgają w różnych płaszczyznach. Istnieją filtry, które przepuszczają światło o jednym kierunku drgań. Są to tak zwane filtry polaryzacyjne lub polaryzujące - w skrócie polaryzatory. Nieuporządkowana wiązka „zwykłego światła” po przejściu przez polaryzator zawiera wyłącznie fale drgające w jednym kierunku. Pozostałe zostają odfiltrowane (co oznacza, że taki filtr przepuszcza co najwyżej 50% światła).

Wiązka światła spolaryzowanego skierowana na drugi polaryzator przejdzie przezeń bez zmian, jeśli płaszczyzna polaryzacji będzie taka sama, jak pierwszego filtru. Jeśli natomiast płaszczyzna polaryzacji drugiego fil-

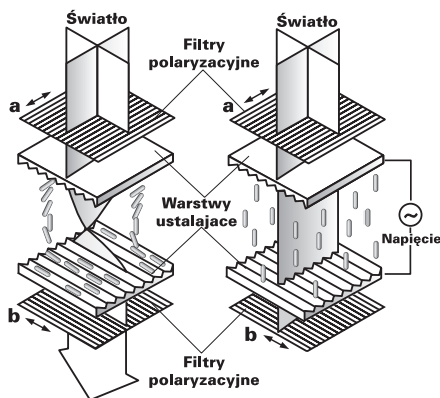
tru jest prostopadła w stosunku do pierwszego, światło przezeń nie przejdzie.

Warstewka ciekłych kryształów umieszczona między dwiema warstwami porządkującymi (alignment layers) ma dziwne właściwości - w spoczynku zmienia polaryzację przechodzącego przez siebie światła o 90 stopni (niejako przekręca wiązkę o 90°), natomiast po pobudzeniu za pomocą pola elektrycznego pozwala przejść światłu (o dowolnej polaryzacji) bez zmian. Ilustruje to rysunek 4.



Rys. 4

Uproszczony przekrój prostego wyświetlacza ciekłokrystalicznego pokazany jest na rysunku 5. Zawiera on w sumie trzy warstwy czynne, przy czym konieczne są dwa polaryzatory, które mają postać cienkiej folii. Trzeci kluczowy element to właśnie warstewka ciekłej (ciekły kryształ) umieszczona pomiędzy dwiema szklanymi płytkami. Potrzebne pole elektryczne wytwarzane jest za pomocą elektrod wykonanych z bardzo cienkich, przezroczystych warstwek metalu naporowanego na wewnętrzną stronę tych szklanych płytek. W ten sposób ciekły kryształ umieszczony jest między elektrodami kondensatora. Pomiedzy okładkami tego kondensatora, przez ciekły kryształ, prąd praktycznie nie płynie, więc sterowanie odbywa się na drodze napię-



Rys. 5 Budowa klasycznego wyświetlacza LCD

ciowej i moc potrzebna do sterowania jest znikoma - jest to bardzo istotna zaleta wszystkich wyświetlaczy LCD.

Rysunek 5 wskazuje też, że do prawidłowego działania klasycznego wyświetlacza LCD wymagane jest źródło światła umieszczone za ekranem. Ekran LCD nie świeci. Jak wynika z powyższego opisu, warstwa ciekłych kryształów nie jest też klasycznym filtrem polaryzacyjnym. Jest natomiast - mówiąc obrazowo - przełącznikiem polaryzacyjnym - bez napięcia „skręca wiązkę światła o 90°”, w obecności napięcia przepuszcza bez zmian. W każdym razie przy wykorzystaniu światła spolaryzowanego możliwe jest sterowanie jasnością wyświetlacza przez podanie napięcia (wytworzenie pola elektrycznego). Punkt nie-pobudzony jest jasny, pobudzony napięciem - ciemny (czarny). Możliwe jest także uzyskanie stopni szarości.

Na początku lat 70. pojawiły się wersje użytkowe oparte na opisanym właśnie efekcie oznaczonym dziś TN (Twisted Nematic - skręconej komórki). Zostały zastosowane w zegarkach i kalkulatorach. Te pierwsze wyświetlacze TN miały liczne wady: były powolne, miały słaby kontrast i ograniczony zakres temperatur pracy. Z czasem opracowano nowe, ulepszone wersje (oznaczane STN LCD, DSTN LCD, TSTN LCD - Double, Triple Super Twisted Nematic LCD, i FSTN - Film STN), gdzie „kanapka” zawiera jeszcze więcej warstw, niż pokazuje rysunek 5. Warstwy te dodatkowo skręcają wiązkę światła, nawet o 270 stopni. Zastosowano także nowe materiały. Pozwoliło to zdecydowanie polepszyć właściwości optyczne, zwiększyć kontrast, szybkość reakcji i trwałość. Zwiększono także liczbę segmentów (pikseli). A oto rys historyczny tego rozwoju z punktu widzenia liczby segmentów i sposobów sterowania.

Sposoby sterowania

1. W najprostszych wyświetlaczach LCD jedna elektroda jest wspólna dla wszystkich segmentów (Backplane), a każdy segment (czy piksel) ma oddzielną drugą elektrodę - ilustruje to rysunek 6. Na takiej zasadzie pracują wyświetlacze stosowane w starych zegarkach i kalkulatorach oraz te współpracujące z popularną kostką ICL7106. Sterowanie jest stosunkowo proste - na elektrody podaje się przebiegi zmienne (prostokąt o wypełnieniu 50%, w fazie zgodnej lub przeciwnej w stosunku do elektrody wspólnej). Taki prosty wyświetlacz ma wiele wyprowadzeń - tyle, ile segmentów, plus wyprowadzenie elektrody wspólnej. Du-



Rys. 6

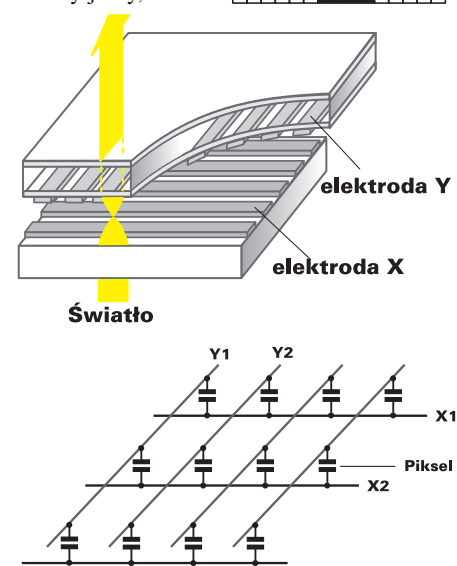
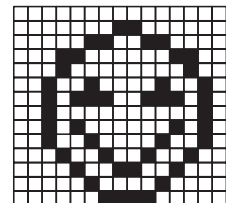
ża liczba wyprowadzeń jest poważną wadą w przypadku wyświetlaczy zawierających wiele segmentów.

2. Dlatego gdy liczba segmentów (pikseli) przekracza kilkadziesiąt, z reguły stosuje się tak zwane sterowanie multipleksowe. Zamiast jednej elektrody wspólnej (backplane) jest kilka elektrod wspólnych. W prostszych wyświetlaczach tego typu segmenty połączone są mniej więcej tak, jak pokazuje rysunek 7. Przebiegi sterujące o dość skomplikowanym, schodkowym kształcie wytwarza współpracujący układ scalony. Takie multipleksowe wyświetlacze stosowane są powszechnie we współczesnych zegarkach, przyrządach pomiarowych, itp.



Rys. 7

3. W wyświetlaczach graficznych, składających się z setek lub tysięcy jednakowych punktów, poszczególne punkty (piksele) są połączone w rzędy i kolumny. Wyświetlacze o takiej konfiguracji nazywamy matrycowymi, ściślej wyświetlaczami z matrycą pasywną (passive matrix). Zasadę budowy pokazuje rysunek 8. Połączenie matrycowe redukuje znacznie liczbę wyprowadzeń, jednak stwarza inny poważny problem - przebiegi sterujące są niepomiarowo bardziej skomplikowane, niż w najprostszym czy nawet multipleksowanym wyświetlaczu LED, a uzyskiwany kontrast jest tym mniejszy, im większa jest liczba linii sterujących. Szczególnie dotyczy to wyświetlaczy, gdzie oprócz podstawowych stanów ciemny/jasny, trzeba



Rys. 8 Sterowanie matrycowe

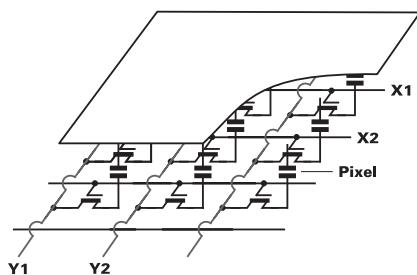
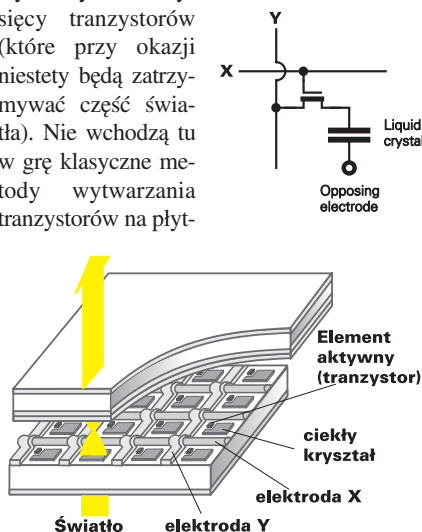
uzyskać stopnie szarości. W rezultacie uzyskanie wyświetlaczy typu passive matrix (zwykle STN LCD) o dobrej rozdzielczości i kontraście jest bardzo trudne. Tymczasem do wyświetlenia obrazów dobrej jakości potrzeba już nie tysięcy, a setek tysięcy punktów. Nieco już przestarzały wyświetlacz standardu VGA lub ekran telewizora powinien mieć rozdzielczość 640x480 punktów (640kolumn, 480 wierszy), co daje ponad 300 tysięcy pikseli.

I tu zaczyna się oddzielny, poważny problem.

Ze względu na problem sterowania i utratę kontrastu nie wystarczy połączyć elektrody poszczególnych pikseli w rzędy i kolumny (640 kolumn i 480 rzędów) według rysunku 8 - jak wspomniano, taki sposób dobrze zdaje egzamin jedynie w przypadku prostszych wyświetlaczy. W przypadku wyświetlaczy zawierających setki tysięcy pikseli sterowanie musi odbywać się w jeszcze bardziej złożony sposób - owszem, piksele nadal są połączone w rzędy i kolumny, ale każdy punkt ekranu wymaga dodatkowo co najmniej jednego tranzystora sterującego.

W ten sposób budowany jest

4. wyświetlacz LCD z **aktywną matrycą** (active matrix LCD). Zasadę działania wyświetlacza z aktywną matrycą pokazuje **rysunek 9**. Problem w tym, że ekran musi być przezroczysty, w praktyce - szklany. Co bardzo ważne - taki tranzystor **MUSI BYĆ ZAMONTOWANY NA POWIERZCHNI EKRANU**, w bezpośrednim sąsiedztwie sterowanego piksela. Trzeba więc na powierzchni szkła ekranu w jakiś sposób wytworzyć setki tysięcy tranzystorów (które przy okazji niestety będą zatrzymywać część światła). Nie wchodzi tu w grę klasyczne metody wytwarzania tranzystorów na płyt-



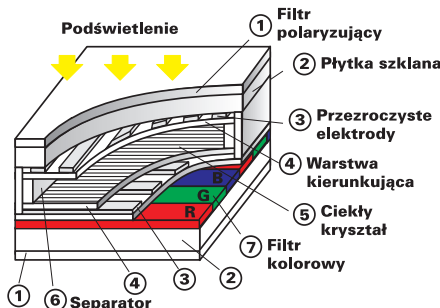
Rys. 9 Matryca aktywna

kach krzemowych. Na powierzchnię szkła nanosi się lokalnie cienką warstwę bezpostaciowego (amorficznego) krzemu, co przy wykorzystaniu specyficznych technologii umożliwia wykonanie tranzystora - tranzystora cienkowarstwowego - po angielsku **Thin Film Transistor**. Stąd powszechnie spotykany skrót -TFT LCD, oznaczający wyświetlacze LCD z matrycą aktywną zawierającą tranzystory cienkowarstwowe. Spotyka się także czasem wyświetlacze z diodami cienkowarstwowymi - TFD LCD (**Thin Film Diode**).



Kolory

Gdy rozdzielczość ekranu wynosi już kilkadziesiąt na kilkadziesiąt punktów, kolejnym milowym krokiem jest **UZYSKANIE KOLORÓW**. Ogólna zasada jest znów bardzo prosta - nadal jest to wyświetlacz matrycowy wg rysunku 8 lub 9. Jednak teraz każde trzy elementarne punkty (subpiksele) tworzą jedną komórkę - piksel. Każdy subpiksel wyposażony jest w dodatkowy mały filtr w jednym z podstawowych kolorów RGB (czerwony, zielony, niebieski) i przepuszcza światło tylko „swojego” koloru. Na ekranie powstaje matryca subpikseli, umożliwiająca wyświetlenie obrazu w dowolnych kolorach i odcieniach. **Rysunek 10** pokazuje budowę jednego piksela kolorowego wyświetlacza ciekłokrystalicznego.



Rys. 10 Komórka wyświetlacza kolorowego (pasywnego)



Fot. 11 Mikroskopowa fotografia wycinka ekranu TFT LCD

stalicznego (LCD) z matrycą pasywną, a **fotografia 11** - bardzo powiększony fragment rzeczywistego ekranu z tranzystorową matrycą aktywną (TFT LCD).



O stopniu trudności wykonania daje wyobrażenie fakt, że współczesne wyświetlacze (ekrany) LCD zawierają kilkadziesiąt tysięcy do dwóch milionów pikseli (640x480 do 1600x1200 punktów) i trzykrotnie więcej subpikseli. Każdy subpiksel musi być sterowany niezależnie. Zazwyczaj są to aktywne matryce, z reguły tranzystorowe (LCD TFT), zamiast skomplikowanych „kanapek” STN, DSTN, stosuje się po prostu klasyczne struktury TN.

Nietrudno się domyślić, że do zarządzania pracą setek tysięcy, a nawet milionów pikseli wykorzystuje się skomplikowane układy scalone, które muszą zamienić analogowy bądź cyfrowy sygnał wideo na impulsy sterujące, doprowadzane do poszczególnych rzędów i kolumn. Uzyskane rezultaty trzeba uznać za znakomite, choć trzeba tu otwarcie przyznać, że nie jest możliwa płynna zmiana jasności pikseli. Można uzyskać pewną liczbę poziomów jasności. Obecnie uznaje się, że jakość obrazu jest bardzo dobra przy 256 stopniach jasności na kolor (R+G+B), co daje $256^3 = 16777216$ różnych odcieni. Tymczasem wiele wyświetlaczy LCD ma wprawdzie bardzo dużą rozdzielczość, na przykład 1280x1024, ale oferuje tylko 64 stopnie jasności na kolor (co daje 262144 odcieni) lub jeszcze mniej. Z uwagi na ograniczoną liczbę dostępnych kolorów wyświetlacze takie nie zapewniają fotograficznej jakości obrazu i nadają się tylko do niektórych zastosowań.

Trzy rodzaje

Wyświetlacze ciekłokrystaliczne generalnie można podzielić na trzy grupy:

1. podświetlane
2. projekcyjne
- 3 do światła odbitego

Pierwsze stosowane są na przykład w notebookach - przykład na **fotografii 12**.



Fot. 12 Współczesny notebook



Fot. 13 Projektor z przetwornikiem p-Si TFT LCD

Drugie są szeroko stosowane w projektorach telewizyjnych - przykład na **fotografii 13**. Wyświetlacze do światła odbitego są wykorzystywane od „zarania dziejów” w zegarkach i kalkulatorach.

Kierunki rozwoju

Zdecydowana większość kolorowych wyświetlaczy LCD, wchodzących w skład urządzeń powszechnego użytku i płaskich monitorów komputerowych, to obecnie wyświetlacze TFT LCD, zawierające na powierzchni szkła tranzystory sterujące wykonane na bazie **krzemu amorficznego**. Stąd skrót spotykany w dokładniejszych opisach: am-Si LCD TFT (lub a-Si LCD TFT). Spotyka się także nowsze

opracowania, gdzie tranzystory wykonane są w oparciu o **krzem polikrystaliczny** (skrót poly-Si lub p-Si). Krzem polikrystaliczny zapewnia ruchliwość elektronów około 100 razy większą niż krzem amorficzny. Umożliwia to zmniejszenie wymiarów geometrycznych tranzystorów, przez co zabierają one mniej światła. Umożliwia ponadto wytworzenie bezpośrednio na ekranie nie tylko tranzystorów, ale też logicznych układów sterujących, które w przypadku wyświetlaczy am-Si z konieczności muszą być umieszczone poza wyświetlaczem jako oddzielne układy scalone. Powstały już prototypy wyświetlaczy z umieszczonymi na szkłe obwodami sterowania, oznaczane SOP lub SOG (System-On-Panel, S-O-Glass).

Oprócz wyświetlaczy HT p-Si LCD TFT, wykonywanych na bazie kwarcu w wysokich temperaturach (HT - High Temperature, >1000°C), przeznaczonych głównie do projektorów - fot. 13, pojawiły się doniesienia o ni-



skotemperaturowych (Low Temperature, <500°C) wyświetlaczach reflective (LT p-Si LCD TFT) do sprzętu ruchomego (samochodowe systemy nawigacyjne, itp.). Pomimo zalet, wyświetlacze poly-Si nie zdążyły się jeszcze upowszechnić, głównie ze względu pewne trudności technologiczne i cenę.

Wciąż pojawiają się nowe opracowania. Wykorzystuje się ulepszone i zupełnie nowe materiały, stosuje inne rozwiązania technologiczne i konstrukcyjne. Niektóre prototypowe wyświetlacze LCD nie zawierają już polaryzatorów, które mogły się wydawać niezastąpione. W wyświetlaczach oznaczanych PALC (Plasma Addressed LC) do sterowania, zamiast tranzystorów (TFT), wykorzystuje się plazmę, czyli zjonizowany gaz. Nie są to jednak wyświetlacze plazmowe - wyładowania nie są źródłem światła, tylko służą adresowaniu subpikseli.

Pojawiają się nowe skrótów, których rozszyfrowanie jest wręcz niemożliwe bez dokładnego opisu. Przykładem mogą być skrótów: FLC - Ferroelectric LC czy TAFLC - Thresholdless AntiFerroelectric LC.



Bardzo ciekawe z technicznego punktu widzenia są też najnowsze ciekłokrystaliczne wyświetlacze typu reflective, które nie wymagają tylnego podświetlenia, i zgodnie z nazwą wykorzystują światło odbite. Proste, monochromatyczne wyświetlacze typu reflective są od dawna stosowane w zegarkach i kalkulatorach. Ostatnio wielu wytwórców oferuje małe wyświetlacze kolorowe tego typu, o przekątnej rzędu kilku centymetrów. Należy się spodziewać bardzo szybkiego postępu w tej dziedzinie, ponieważ właśnie takie wyświetlacze, nie wymagające tylnego podświetlenia, są bliższe ideału niż klasyczne, podświetlane wyświetlacze LCD.

Generalnie rozwój w dziedzinie wyświetlaczy ciekłokrystalicznych (LCD) jest szybki ze względu na gwałtownie rosnące zapotrzebowanie na różnego rodzaju wyświetlacze, od małych, kilkucentymetrowych, do wielkich dla projektorów kinowych. Przykłady wykorzystania pokazane są na małych fotografiach rozsypanych w artykule.

Już teraz kolorowe wyświetlacze LCD o dobrej rozdzielczości są stosowane w no-



woczesnych, płaskich monitorach komputerowych i w projektorach. Obniżenie ceny kolorowych wyświetlaczy LCD umożliwiłoby powszechne zastosowanie ich w domowych odbiornikach telewizyjnych (w roli ekranu lub jako element projektora). Jak na razie przeszkodą jest cena. Ceny płaskich monitorów komputerowych TFT LCD zaczynają się od 5000zł. Domowe projekcyjne odbiorniki TV są dostępne od dawna - **fotografia 14** pokazuje odbiornik Philipsa z tylnym projektorem LCD. W pierwszych dniach stycznia firma Sharp zapowiedziała, że w marcu 2000 wprowadza na rynek płaski domowy odbiornik telewizyjny LC-10A2U z ekranem LCD o przekątnej 10,4 cala (26,4cm). Odbiornik o gabarytach 27x23x6cm ma kosztować około 1300 dolarów, co na pewno nie jest ceną dla przeciętnego Kowalskiego.

Może się jednak okazać, że zanim to nastąpi, upowszechnią się zupełnie inne technologie, umożliwiające uzyskanie dużego kolorowego obrazu wysokiej jakości. Taką technologią, już rywalizującą z LCD w wielu



Fot. 14 Projekcyjny odbiornik telewizyjny firmy Philips

dziedzinach, jest **DLP (Digital Light Processing)**.

Technologia projekcyjna DLP, opracowana przez znaną firmę Texas Instruments, wykorzystuje **przetworniki DMD (Digital Micromirror Device)**. Temat DLP i DMD zostanie wyczerpująco przedstawiony w jednym z następnych numerów EdW.

Piotr Górecki