

Vlastnosti a využití displejů

Petr Zikmund

Bakalářská práce
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav elektrotechniky a měření
akademický rok: 2005/2006

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr ZIKMUND**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Téma práce: **Vlastnosti a využití displejů**

Zásady pro vypracování:

1. Popište historický vývoj zobrazení informace
2. Seznamte se s principy jednotlivých typů displejů
3. Popište současné nejčastěji používané displeje
4. Popište základní principy hodnocení parametrů kvality displejů
5. Nastíňte předpokládaný vývoj v zobrazovací technice

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1]KAPRHÁL, Ondřej. Zobrazovací zařízení. [s.l.], 2005. 48 s. Absolventská práce.
Dostupný z WWW: <[http://skola.vydrar.net/AbsolventskePrace/
ZobrazovaciZarizeni.pdf](http://skola.vydrar.net/AbsolventskePrace/ZobrazovaciZarizeni.pdf)>.

[2]DOLEČEK, Jaroslav. Moderní učebnice elektroniky - 3. díl : Optoelektronika -
optoelektronické prvky a optická vlákna. [s.l.] : [s.n.], 2005. 160 s. ISBN 80-7300-184-5.

[3]ING.LATTENBERG, Ivo. Moderní zobrazovací jednotky. Automa [online]. 2000 [cit.
2005-12-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.automa.cz/automa/2000/au030007.htm>>.

[4]Firemní literatura - Philips

[5]Firemní literatura - Panasonic

Vedoucí bakalářské práce:

doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.

Ústav elektrotechniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

14. února 2006

Termín odevzdání bakalářské práce:

13. června 2006

Ve Zlíně dne 14. února 2006

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
pověřený děkan



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tato práce popisuje principy a vlastnosti jednoho ze zobrazovacích zařízení – displeje. Technologií, na jejichž základě displeje pracují, je mnoho, a proto budu popisovat jen ty nejvíce používané.

První část se zabývá historickým vývojem zobrazení informace. Popisuje vývoj technologií používaných u displejů. Následuje část vysvětlující principy nepoužívanějších typů displejů, například CRT nebo LCD, jejich parametry, výhody, nevýhody. Část třetí popisuje postupy měření jejich parametrů. V poslední kapitole se snažím nastínit předpokládaný vývoj v zobrazovací technice.

Klíčová slova: displej, monitor, CRT, LCD, plazma, OLED, vlastnosti displejů, měření displejů

ABSTRACT

This work describing principle and quality of one showed apparatus - display. Technology, on this base works a lot of displays, I will describe only the most useful kinds.

First part engage historic development of showing information. Describing development of technology which are using on display. After that is part which explain principle of the most useful type of display, for example CRT or LCD, their parameter, advantages or disadvantages. Third part describing technique of measurement, their parameter. In the last section im trying to show expecting development in showing technique.

Keywords: display, monitor, CRT, LCD, plasma, OLED, quality display, metering display

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce Doc. RNDr. Vojtěchu Křesálkovi, CSc. za ochotu, cenné rady a věcné připomínky, které mi během zpracování práce poskytl.

Ve Zlíně

.....

Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	8
1 HISTORICKÝ VÝVOJ ZOBRAZENÍ INFORMACE	9
1.1 VÝVOJ TECHNOLOGIÍ POUŽÍVANÝCH V ZOBRAZOVACÍ TECHNICE	9
1.2 HISTORIE A VÝVOJ MONITORŮ	9
1.2.1 Displeje CRT	11
1.2.2 Displeje LCD.....	11
1.2.3 Displeje plazmové.....	11
2 VLASTNOSTI DISPLEJŮ	12
2.1 CRT DISPLEJE.....	12
2.1.1 Princip CRT	12
2.1.2 Typy CRT obrazovek	15
2.1.3 Výhody a nevýhody CRT	17
2.2 LCD DISPLEJE	18
2.2.1 Tekuté krystaly	18
2.2.2 Struktura LCD displeje.....	19
2.2.3 Princip LCD displeje.....	20
2.2.4 Pasivní a aktivní matice	21
2.2.5 Technologie výroby - TFT (Thin Film Tranzistor)	23
2.2.6 Technologie TN (Twisted Nematic).....	24
2.2.7 Technologie MVA (Multi-Domain Vertical Alignment) a PVA (Patterned Vertical Alignment)	26
2.2.8 Technologie S-IPS (Super In-Plane Switching).....	28
2.2.9 Výhody a nevýhody LCD displejů	30
2.3 PLAZMOVÉ DISPLEJE.....	32
2.3.1 Plazma	32
2.3.2 Struktura plazma displeje.....	34
2.3.3 Princip zobrazovací techniky	36
2.3.4 Výhody a nevýhody PDP.....	37
2.4 OLED DISPLEJE.....	38
2.4.1 Technologie OLED	38
2.4.2 Základní druhy	39
2.4.3 Výhody a nevýhody OLED	41
2.5 CELKOVÉ POROVNÁNÍ TECHNOLOGIÍ	42
3 ZÁKLADNÍ PRINCIPY HODNOCENÍ PARAMETRŮ KVALITY DISPLEJŮ	43
3.1 PŘEHLED PARAMETRŮ	43
3.2 ZÁKLADNÍ METODIKA TESTOVÁNÍ DISPLEJŮ	49
3.2.1 Pojmy a požadavky	49
3.2.2 Měření LCD monitorů pomocí optické sondy	53
3.2.3 Hodnocení parametrů pomocí fotoaparátu	55
4 PŘEDPOKLÁDANÝ VÝVOJ V ZOBRAZOVACÍ TECHNICE	58

ZÁVĚR	62
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	64
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	67
SEZNAM OBRÁZKŮ	69
SEZNAM TABULEK.....	71

ÚVOD

Displej je jedna z možností, jak zobrazit požadované informace. Jejich zobrazení můžeme vyžadovat například u monitoru PC, televizoru, dále pak na vstupu určitého zařízení, během procesu, výroby, kontroly apod., nebo na jeho výstupu. Je to nejpoužívanější zobrazovací technika, její využití je široké a rozmanité. Stejně jako jeho vlastnosti a principy jednotlivých technologií. Dostačující mohou být jednoduché číslicové nebo LED displeje. Ovšem kde je nutné zobrazit podrobněji, přehledněji a spolehlivěji žádané informace, je potřeba i náročnější technologie.

A právě jejich popisem se zabývá tato práce. Problematika by měla být vysvětlena srozumitelně, aby ji dokázal pochopit i úplný laik.

Jako každý výrobek prošel i displej bouřlivým vývojem. Jak se zdokonalovaly používané technologie, zdokonaloval se i displej sám. V současnosti je nejpoužívanější technologie CRT, ovšem LCD s tekutými krystaly se rychle rozšiřuje a v nejbližší době ji zřejmě nahradí. Plazmové displeje se využívají hlavně v televizorech, ale také v projekční technice, protože ve srovnání s LCD nabízí lepší pozorovací úhly.

Každý displej má své vlastnosti a parametry, podle kterých si můžeme vybírat, kde který konkrétní displej použít. Většinu jich mají společnou, například rozlišení, velikost panelu, počet barev nebo kontrast. Mají i své jedinečné vlastnosti, LCD displej dobu odezvy, která bude zajímat třeba hráče počítačových her nebo filmové nadšence. Plazmové displeje zase nabízejí ve srovnání s LCD větší jas.

Současné zobrazovací technologie prochází neustálým vývojem a zdokonalováním. Ovšem vyvíjí se i nové, které v budoucnu současné principy zcela jistě nahradí. Mezi takové může patřit například technologie displeje v brýlích, který bude evokovat představu velkého displeje ve vzdálenosti několika metrů před očima.

Cílem této práce je ukázat rozmanitost a šíři v principech technologií a používání displejů, vlastností, parametrů, jejich měření a testování. Po jejím přečtení by mělo být jasné, jak jednotlivé technologie fungují, poznat jejich výhody a nevýhody. A v neposlední řadě také pomoci třeba při rozhodování kterou technologii a hlavně kde použít. Hlavním cílem je však vytvořit ucelený materiál, který poslouží k dalšímu studiu a dokáže srozumitelně popsat danou problematiku.

1 HISTORICKÝ VÝVOJ ZOBRAZENÍ INFORMACE

1.1 Vývoj technologií používaných v zobrazovací technice

- **1603** Objeven prvek fosfor, který má luminiscenční vlastnosti.
- **1869** V Německu byl objeven jev, při kterém se rozsvítí luminofor na skleněné ploše dopadem elektronů emitovaných z katody.
- **1905** Albert Einstein objevil kvantovou teorii fotonu.
- **1926** Představení černobílé televize v Anglii.
- **1928** Představení barevné televize v Anglii.
- **1947** Objev tranzistoru v Bellových laboratořích.
- **1951** Vynález ploché obrazovky v USA.
- **1953** První bodová obrazovka.
- **1964** Vynalezení plasmové obrazovky.
- **1968** Firma Hewlett-Packard vyvinula pro komerční použití plasmovou obrazovku sestavenou z červených svítivých (LED) diod. (Vyrobit červenou barvu je technologicky nejjednodušší, proto se také nejvíce používají třeba červené lasery).
- **1970** Vysoce výkonné displeje v oranžové, žluté a zelené barvě.
- **1972** Byl vyvinut displej z tekutých krystalů.
- **1974** Byl v Japonsku vynalezen způsob, jakým je možné vytvořit tenkou vrstvu luminoforu, čímž se dosáhne velmi vysokého jasů a dlouhé životnosti.

1.2 Historie a vývoj monitorů

Klasické monitory se jako nejdůležitější výstupní systém počítače používají od 60. let minulého století a princip jejich funkce pochází již z roku 1897, kdy byla vynalezena televizní obrazovka. Od té doby prošly CRT monitory obrovským vývojem a jejich parametry se rapidně zlepšily, ale určité základní rysy a vlastnosti zůstávají stále stejné. Tyto monitory jsou zpravidla objemné, těžké a mají relativně velkou spotřebu elektrické energie. Další

problémy, se kterými se klasické monitory potýkají, jsou geometrie obrazu, vysoká hodnota elektromagnetického záření, stejně jako citlivost na okolní elektromagnetická pole. [1]

Ploché zobrazovače se poprvé objevily teprve před třiceti lety, kdy se začaly vyrábět mobilní osobní počítače (notebooky), ale historie tekutých krystalů se začala psát už před více než 150 lety. Právě tehdy objevili Virchow, Mettenheimer a Valentin, že nervové vlákno, které zkoumali, vytvořilo při vložení do vody tekutou substanci, která se při prohlížení s použitím polarizovaného světla chovala podivně. Sice nevěřili, že se jedná o jinou fázi vlákna, ale přesto jsou považováni za objevitele tekutých krystalů. Kromě tohoto objevu existovaly samozřejmě i další - bylo objeveno množství materiálů, které se chovají odlišně při teplotě okolo bodu tání a jejichž optické vlastnosti se mění v závislosti na teplotě. Později, v roce 1877, použil Otto Lehmann polarizační mikroskop s kontrolou teploty vzorku k prozkoumání přechodů mezi fázemi různých látek. Zjistil, že jedna z látek při přechodu z tekuté do pevné fáze vytvoří jakousi mezifázi. V roce 1888 rakouský botanik Friedrich Reinitzer zkoumal vlastnosti organické látky založené na cholesterolu při tavení. Zjistil, že látka roztavená na 145,5 °C tvoří mezifázi a kapalná je teprve až při teplotě 178,5 °C. Tato fáze byla nazvána fáze tekutých krystalů (liquid crystal phase). Po roce 1888 začala éra výzkumu a vývoje tekutých krystalů. Vzniklo velké množství významných teoretických prací. V roce 1922 v Paříži provedl Georges Friedel mnoho experimentů a byl první, kdo zjistil, že molekuly tekutých krystalů se orientují ve směru elektrického pole. Navrhl klasifikační schéma pro dělení tekutých krystalů na nematic, smectic a cholesteric, které se používá dodnes. Následně pracoval na elastických vlastnostech tekutých krystalů Carl Oseen ve Švédsku. Výsledky jeho výzkumu byly využity v teorii kontinua Angličana F. C. Franka. Tato teorie je dnes jedna ze základních teorií popisu tekutých krystalů.

Během 2. světové války a po ní se delší dobu o tekuté krystaly nikdo nezajímal. Až po roce 1950 byla zformulována mikroskopická teorie tekutých krystalů a teorie kontinua pro statické a dynamické systémy. Začátkem 70. let předvedli vědci z RCA displej z tekutých krystalů. Ke komerčnímu využití technologie LCD došlo při výrobě již zmíněných notebooků. Parametry klasických obrazovek byly pro tento účel ve všech ohledech naprosto nevhodné, bylo třeba najít lepší řešení - zobrazovací systém s nízkou spotřebou elektrické energie, malými rozměry a velkou odolností proti vnějšímu rušení elektromagnetickým polem. Právě tyto nároky LCD displej splňuje. Vzhledem k tomu, že se ploché displeje v

přenosných počítačích prosadily i přes vysokou cenu, začaly se přibližně před deseti lety objevovat i jejich "stolní" verze.

1.2.1 Displeje CRT

- **1869** Objevení a popsání luminiscenčního jevu.
- **1897** Popsán princip paprskové trubice (CRT).
- **1926** Vyrobená první CRT obrazovka.
- **1928** První barevná CRT obrazovka.
- **1938** Patentována první televizní obrazovka.

1.2.2 Displeje LCD

- **1877** Objevení mezifáze při přechodu z tekuté do pevné fáze.
- **1888** Popsání principu tekutých krystalů.
- **1922** Navrženo klasifikační schéma pro dělení tekutých krystalů.
- **1963** Pokusy s optickými vlastnostmi tekutých krystalů.
- **1968** První experimentální displej z tekutých krystalů.
- **1973** První použití displeje z tekutých krystalů.

1.2.3 Displeje plazmové

- **1979** Dosažení povrchového výboje mezi dvěma elektrodami.
- **1984** Povrchový výboj mezi třemi elektrodami, první 20“ třibarevný PDP displej.
- **1990** Patentována technika ADS (Address Display Separated).
- **1992** Vyvinuto žebrování v PDP displejích; produkce prvních 21“ barevných PDP.
- **1996** Začíná produkce 42“ plazmových obrazovek.
- **1997** Vyvinuto vysokorychlostní adresování pro 25“ SXGA displej.

2 VLASTNOSTI DISPLEJŮ

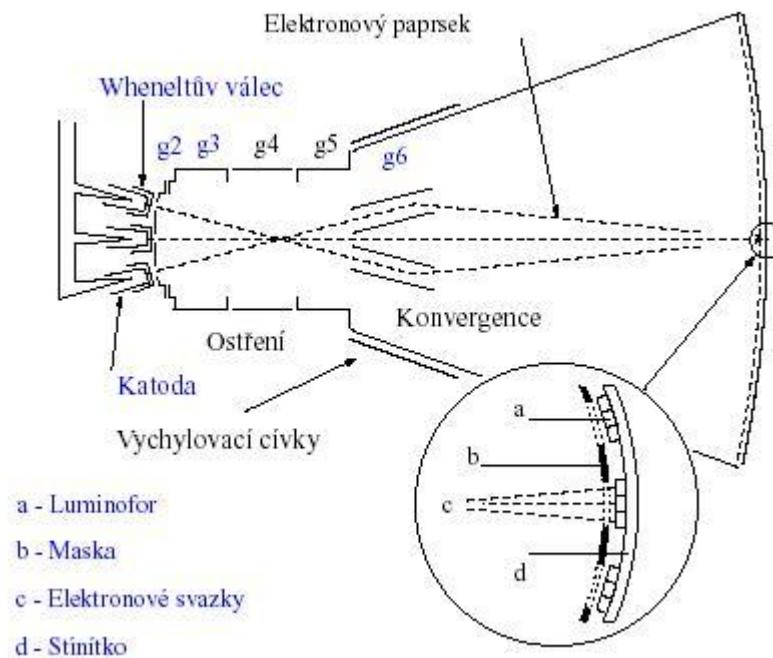
2.1 CRT displeje

2.1.1 Princip CRT

Monitory CRT jsou v současnosti nejrozšířenější zobrazovací jednotky osobních počítačů sloužící k zobrazování textových a grafických informací. Obrazovka je vzduchoprázdná skleněná baňka, jejíž přední část tvoří stínítko potažené luminiscenční látkou (luminoforem). Kvůli snazšímu pochopení principu a funkcí monitoru je nutné vysvětlit jakým způsobem obraz vzniká, viz obrázek 1. Tvorba obrazu začíná v grafické kartě počítače. Digitální signály z operačního systému nebo aplikačního software jsou přijímány adapterem VGA. Tento signál je digitální a je třeba ho nejprve převést na signál analogový prostřednictvím digitálně - analogového převodníku (DAC – Digital to Analog Converter), kterému monitor dokáže porozumět. Obvody DAC jsou většinou uloženy na jednom specializovaném čipu, který ve skutečnosti obsahuje převodníky tři – pro každou ze tří základních barev používaných na displeji (RGB). [2]

Obvody DAC převádějí číselné hodnoty zasílané počítačem na analogové tabulky, které obsahují potřebné úrovně napětí pro tři základní barvy. Tyto barvy jsou nutné k namíchání barvy jednoho bodu. Jednotlivé elektronové svazky jsou emitovány z nepřímo žhavené katody, která má na svém povrchu nanесenu emisní vrstvu.

Celý proces začíná u elektronového děla, které je koncem každé katodové trubice. To po zahřátí vystřeluje vysokou rychlostí proudy elektronů pro jednu ze tří základních barev, jejichž základní fyzikální vlastností je záporný náboj. Právě tato vlastnost je využívána ke správnému nasměrování částic. Elektrony cestou k obrazovce projdou filtrem, který má podobu mřížky. Filtr propustí pouze požadované množství elektronů a tak řídí jejich intenzitu.



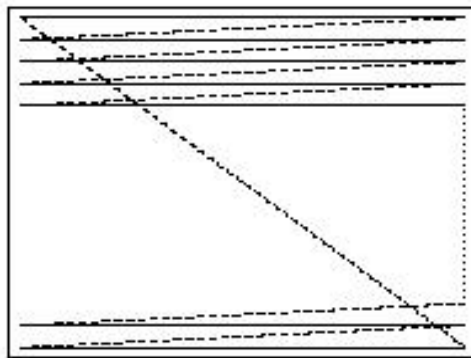
Obr. 1. CRT displej [2]

Elektronové svazky pak procházejí tzv. Wheneltovým válcem, který má vzhledem ke katodě záporný potenciál. Anoda s vysokým napětím je umístěna na horním okraji trubice. Kladně nabitá anoda neustále vytahuje elektrony z elektronového děla. Tyto elektrony se k ní ale díky magnetickému poli vychylovacích cívek, které je odklání směrem k fosforům na přední straně trubice, nikdy nedostanou.

To způsobuje, že elektrony jsou jím odpuzovány a projde jich přes něj jen požadované kvantum. Řízením napětí na Wheneltově válci se tedy řídí intenzita jednotlivých elektronových svazků. Po průchodu Wheneltovým válcem procházejí elektronové svazky přes jednotlivé mřížky (g2 – g6), které mají naopak vzhledem ke katodě kladný potenciál, díky kterému jsou elektrony přitahovány. Tento kladný potenciál je na mřížce g2 nejnižší, na g3 vyšší a až na g6 nejvyšší. Toto má za úkol elektronové svazky táhnout až na stínítko obrazovky. Speciální funkci zde má mřížka g3 (ostření), která má za úkol zaostřovat elektronové svazky a mřížka g6 (konvergence), od které se elektronové svazky postupně sbíhají. K jejich setkání dojde u masky obrazovky, kde se překříží a dopadnou na své luminofoxy.

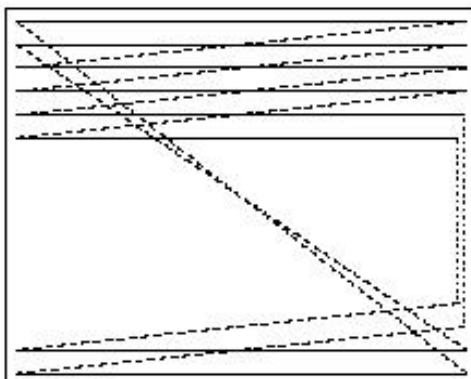
Elektronové svazky pak procházejí kolem vychylovacích cívek. Toto vychylovací zařízení ohýbá paprsek ve vertikálním a horizontálním směru a tím jej směřuje k určenému bodu na obrazovce. Paprsek elektronů začne v levém horním rohu obrazovky, postupně dojde na

pravý horní roh, vypne se na dobu po kterou elektronové dělo mění zacílení elektronových paprsků, sníží se o jeden řádek a opět pokračuje zleva doprava. Tento proces se označuje termínem rastrování nebo řádkování (obrázek 2). Jakmile paprsek projde celou obrazovku, magnetické vychylovací cívky plynule změní úhel, pod kterým se elektronový paprsek ohýbá tak, že postupně putuje z pravého dolního rohu do levého horního rohu a začne další obnovovací cyklus. Celou cestu paprsku přes obrazovku označujeme termínem pole. Obrazovka se normálně obnovuje refresh asi 60x za sekundu. Signály zasílané do vychylovací cívky určují rozlišení monitoru, počet barevných bodů svisle a vodorovně a obnovovací frekvenci.



Obr. 2. Princip řádkování [2]

Některé adaptéry displejů pracují v každém poli v režimu prokládaného řádkování interlacing (obrázek 3). Prokládané řádkování umožňuje adaptéru dosáhnout větší hustoty řádků s nepříliš nákladnými součástkami. Pohasínání fosforu mezi každým průchodem může být více



Obr. 3. Prokládané řádkování [2]

patrné a může způsobit blikání obrazovky. Všechny moderní grafické adaptéry pracují v nejvyšším rozlišení v neprokládaném režimu (non interlaced mode). V prokládaném režimu se v prvním snímku nejprve vykreslí všechny sudé linky obrazu a v druhém snímku linky liché. Tím je dosaženo dvojnásobné frekvence snímkového rozkladu za nízké frekvence řádkového rozkladu. Nevýhodou těchto monitorů však je, že při některých změnách barev zobrazované informace obraz začne blikat se skutečnou frekvencí snímkového rozkladu (tedy s poloviční frekvencí). Je lepší, pokud je monitor schopen zobrazit informaci v režimu neprokládaném (non-interlaced). Řídící obvody musí být ale rychlejší a dražší.

Jelikož záporné elektrony mají tendenci se navzájem odpuzovat, což může vést k rozostření vysílaného svazku, je těsně před stínítkem umístěna maska, která tento nedostatek odstraní. Jedná se o kovový plát, v němž jsou prostřednictvím kyseliny vypáleny drobné dírký, kterými paprsek prochází. Stínítko se během této operace zahřívá a následně roztahuje, takže paprsky se hůře umisťují do správného otvoru. Z tohoto důvodu musí být maska vyrobena z materiálu, který co nejméně podléhá tepelné roztažnosti a působení magnetického pole. Tyto dva jevy by totiž způsobily, že elektronové svazky nedopadnou přesně na svůj luminofor, což by se projevilo zkreslením barev.

Aby se docílilo větší přesnosti svazku a lepšího zaostření paprsků, je maska mírně zakulacená, což také umožňuje předvídat a korigovat pohyb při roztahování. Maska následně propustí pouze tu část svazku, která je zaostřená přesně. Toto zakulacení masky je důvodem zakulacení skla překrývající tuto masku. Tímto způsobem dochází k rozsvícení jednoho bodu obrazovky. Kombinací intenzity jednotlivých barevných složek bodu je pak dosaženo zobrazení určené barvy.

2.1.2 Typy CRT obrazovek

Delta

Jednotlivé otvory v masce jsou kruhové a jsou uspořádány do trojúhelníků (písmeno delta). Stejným způsobem jsou uspořádány i luminofory na stínítku. Nevýhodou tohoto typu masky (obrazovky) je velká plocha, která je tvořena kovem masky a která způsobuje větší náchylnost k tepelné roztažnosti. Vzhledem k tomuto poskytovaly obrazovky typu Delta

poměrně nekvalitní obraz a dnes se již nepoužívají. Deltové obrazovky byly značně vypouklé.



Obr. 4. Delta [18]

Inline

Otvory v masce jsou obdélníkového tvaru a jednotlivé luminofory jsou naneseny v řadě vedle sebe. Obrazovka Inline je dnes nejrozšířenějším typem obrazovky.



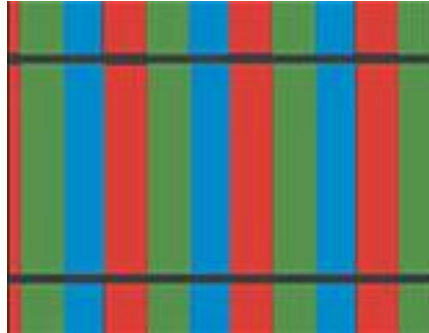
Obr. 5. Inline [18]

Trinitron

Obrazovky Trinitron jsou propagovány zejména firmou Sony. Jejich luminofory jsou naneseny v řadě vedle sebe. Vlastní maska je tvořena svislými pásy, které ve vodorovném směru nejsou nikde přerušeny. Toto řešení s sebou nese problém – pásy masky jsou tenké a na celé výšce obrazovky se neudrží. Tento se řeší dvěma způsoby:

- u monitorů: natažením dvou vodorovných drátů přes obrazovku. Tyto dráty jsou potom na obrazovce vidět.
- u televizorů: silnějšími pásy masky. Maska pak působí hrubším dojmem.

Trinitronová obrazovka přinesla ostrost a kontrast až do rohů obrazu, kde delta vykazovala už výrazné zhoršení ostroty. Trinitronová obrazovka a zvláště pak obrazovka typu FD Trinitron je téměř plochá.



Obr. 6. Trinitron [18]

2.1.3 Výhody a nevýhody CRT

Výhody:

- ostrost;
- zobrazení věrohodných barev;
- pozorovací úhly;
- cena.

Nevýhody:

- velikost;
- spotřeba;
- vyzařování;
- geometrie obrazu;
- magnetizace.



Obr. 7. Ukázka monitoru s technologií CRT [19]

2.2 LCD displeje

2.2.1 Tekuté krystaly

Některé organické látky se vyskytují ve více skupenstvích než jen v pevném, kapalném, či plynném. Jejich mezifáze mezi pevným a kapalným stavem jsou známé jako kapalné krystalické fáze (liquid crystalline phases). Nejzajímavější na této fázi je, že má některé vlastnosti kapalné i pevné fáze. Je tekutá jako kapalina, ale přesto optické a elektromagnetické vlastnosti jsou jako u pevné látky.

Významnou vlastností kapalných krystalů (dále také LC) je, že uspořádání jejich molekul (označují se jako mesogeny), způsobuje změnu polarizace světla, které jimi prochází a to v závislosti na poloze molekul. Většina molekul jsou dipóly (jedna část molekuly má kladný náboj a druhá část záporný) a v elektrickém poli má dipól snahu otočit se ve směru tohoto pole. Polohu molekul lze tedy měnit v elektrickém poli a to se využívá právě u LCD (Liquid Crystal Display).



Obr. 8. Zvětšenina krystalu [14]

2.2.2 Struktura LCD displeje

LCD - Liquid Crystal Display jsou ploché displeje založené na využití změn optických vlastností tekutých krystalů v závislosti na změnách elektrického pole, které na ně působí. Je to nejobvyklejší způsob aplikace technologie tekutých krystalů. Pro konstrukci LCD panelů se používají nematkové kapalné krystaly, resp. využívá se pouze vlastností tzv. nematkové fáze. Krystaly jsou založeny na bázi hexylkyanidbifenylu, jehož molekuly mají podlouhlý (tyčovitý) tvar. [3]

První vrstva - skleněná destička - je pokryta tenkou vrstvou metal oxidu, který působí jako elektroda. Tento film je uspořádán do sloupců a řad (displej s pasivní maticí), nebo do individuálních obrazců (displej s aktivní maticí). Elektrody jsou použity k nastavení napětí mezi částmi, které chceme zviditelnit. Následuje polymerová zarovnávací vrstva (obvykle polyamid). Tato vrstva prochází procesem škrábání, který v ní zanechá série rovnoběžných drážek. Tyto drážky pomáhají zarovnávat molekuly LC do správného směru. Jsou připraveny 2 stejné destičky, přičemž jedna z nich je z vnitřní strany pokryta distanční vrstvou kuliček polymeru. Tato vrstva zajišťuje konstantní mezeru mezi destičkami, kam bude umístěn kapalný krystal. Obě destičky jsou spojeny a jejich hrany se slepí epoxidem. Roh je ponechán otevřený, aby mezi ně mohl být ve vakuu injektován LC. Jakmile je displej naplněn tekutými krystaly, roh se zalepí a na povrch skel se nanese polarizační filtry v odpovídajícím směru. Displej je dokončen připojením vývodů, kterými se přivádí napětí do určených částí displeje.

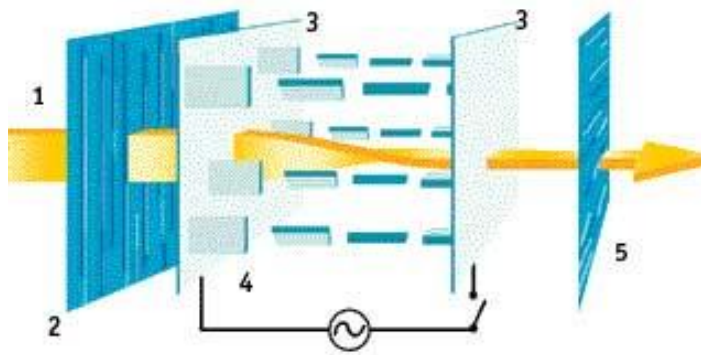
LCD displeje dělíme na reflexní, transmisivní (propustné) a transreflexní. K osvětlení reflexního LCD displeje je použito okolní světlo. Za zadním polarizérem je umístěna reflexní

vrstva, která světlo odráží. Bez přítomnosti vnějšího osvětlení není viditelný. Transmisivní displej má průhledný zadní polarizér a neodráží okolní světlo. Aby byl viditelný, musí být podsvícen. To znamená, že tyto displeje jsou nejlépe čitelné ve tmě, na rozdíl od předchozího typu. Transreflexní LCD je kombinací obou předchozích typů. Má částečně reflexní zadní polarizér a podsvícení se používá pouze tehdy, když není dostatečné okolní světlo.

2.2.3 Princip LCD displeje

Aby byl obraz na displeji čitelný, je nutné podsvětlení, tedy zadní světelný zdroj (1) - nejčastěji elektroluminiscenční výbojka. Polarizátor (2, 5) propustí pouze část světla na vstupu, resp. jen světlo polarizované v horizontální či vertikální rovině. Mezi dvěma orientačními filtry (3) se nachází vrstva tekutého krystalu (4). Molekuly tekutého krystalu jsou v klidovém stavu vzájemně pootočený, mezní stavy jejich natočení udává právě orientační filtr. V klidovém (standardním) stavu je světlo ze zadního světelného zdroje propuštěno - displej "svítí". Průchodem polarizátorem (2) vznikne světlo polarizované v horizontální rovině. To dále prochází tekutým krystalem. Protože jsou ovšem ve vrstvě tekutého krystalu jednotlivé molekuly pootočený, je průchodem světla změněna i jeho polarizace z horizontální na vertikální. Světlo s vertikální polarizací je propuštěno polarizátorem (5), a proto displej "svítí". Po připojení zdroje střídavého napětí na elektrody tekutého krystalu (v rámci zjednodušení shodné s orientačními filtry) se změni jeho vnitřní struktura. Molekuly krystalu již nejsou vzájemně pootočený, ale "napříměny" - dokonalejší vysvětlení poskytne obrázek. Světlo procházející vrstvou tekutého krystalu tedy nemůže změnit svou polarizaci z horizontální na vertikální a je tak zablokováno na polarizátoru (5), který propouští pouze světlo s polarizací vertikální. Displej tedy zůstává tmavý (světlo ze zadního světelného zdroje neprojde). Je zřejmé, že postavení molekul tekutého krystalu ovládá průchod světla. V praxi nestačí mezní stavy - světlo projde / neprojde - nutností je také regulace množství propuštěného světla, resp. změna jasu. Toho lze docílit změnou velikostí napětí připojeného k elektrodám.

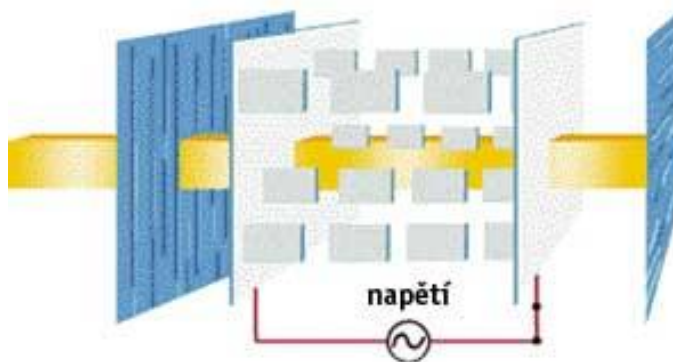
Konstrukce barevných displejů je téměř stejná jako u jednobarevných. Každý bod displeje obsahuje červený, zelený a modrý filtr, které jsou umístěny na horní skleněné destičce vedle sebe. Barevný displej je vždy podsvícen. Propuštěním světla do barevných filtrů a jeho smícháním se docílí výsledné barvy.



Obr. 9. Klidový stav – světlo prochází [3]

2.2.4 Pasivní a aktivní matice

Technologie STN a DSTN (Super Twisted Nematic a Double Super Twisted Nematic) využívají pro řízení osvitů jednotlivých bodů tzv. pasivní matice (Passive Matrix), kdy je napětí přivedeno na celý sloupec pixelů najednou. Obraz se vytváří postupně po řádcích a v době obnovení řádku není natočení krystalů a tedy ani osvit daného bodu kontrolován. Tyto displeje mají oproti technologii TFT (Thin Film Transistor) nižší jas a jejich odezva je pomalejší. To se projevuje především při rychlých změnách obrazu, kdy krystaly nestačí dostatečně rychle reagovat na změny napětí. Výroba těchto displejů je však oproti TFT podstatně jednodušší, a tedy levnější, přesto se v současné době používají pouze v nejlevnějších mobilních počítačích. Aktivní matice (Active Matrix), založená na modernější technologii TFT, doplnila každou obrazovou buňku o tranzistor, který udržuje napětí mezi oběma plochami a tím aktivně kontroluje natočení krystalů po celou dobu mezi obnoveními řádků. V TFT displejích je tedy možné použít tekuté krystaly s podstatně kratší odezvou a problémy s rychlými změnami obrazu jsou vyřešeny. Díky aktivní kontrole každého bodu lze také dosáhnout vyššího jasu. Problémem této technologie je však fakt, že tranzistory musí být vyrobeny z jednoho kusu křemíku, což při milionech tranzistorů není možné bez určitého procenta chybovosti. Z tohoto důvodu je každá buňka osazována až pěti tranzistory, z nichž se vždy vybírá ten nejlepší.



Obr. 10. Stav při napětí – světlo neprochází [3]

Displej je tedy složen z jednotlivých buněk, které pracují přesně podle popsaného schématu. Počet buněk rovná se rozlišovací schopnosti displeje. Pro rozlišení 1024x768 je potřeba 786 432 buněk. Tento výpočet by ale platil pouze pro černobílé monitory. U barevných monitorů je každá barevná složka řízená samostatně, resp. pro každou složku RGB musí existovat samostatná buňka, neboli subpixel. Číslo 786 432 je tedy nutné ještě vynásobit třemi a výsledná hodnota vyjde těsně pod 2,5 milionu.

Sériově vyrábět 100% dokonalý aktivní LCD není jednoduché a v praxi se s ním nelze téměř setkat. Každý výrobce LCD má svou normu, která udává, při jakém množství vadných buněk se displej prohlásí za defektní. Ideální hranice se pohybuje kolem 6 vadných buněk na panel. Vadná buňka se pozná tak, že buď trvale svítí, nebo je neustále tmavá.

Počet vadných pixelů na panel upravuje také norma ČSN EN ISO 13406 – 2. V současnosti se podle ní řídí mnoho výrobců plochých panelů. V následující tabulce je možné vidět rozdělení typů závad a následné zařazení do třídy podle počtu povolených vadných pixelů.

Typ závady:

Typ 1 – trvale svítící pixel (bílá barva).

Typ 2 – trvale zhasnutý (černá barva).

Typ 3 – vadný subpixel – červený, zelený nebo modrý (trvale svítící nebo nesvítící).

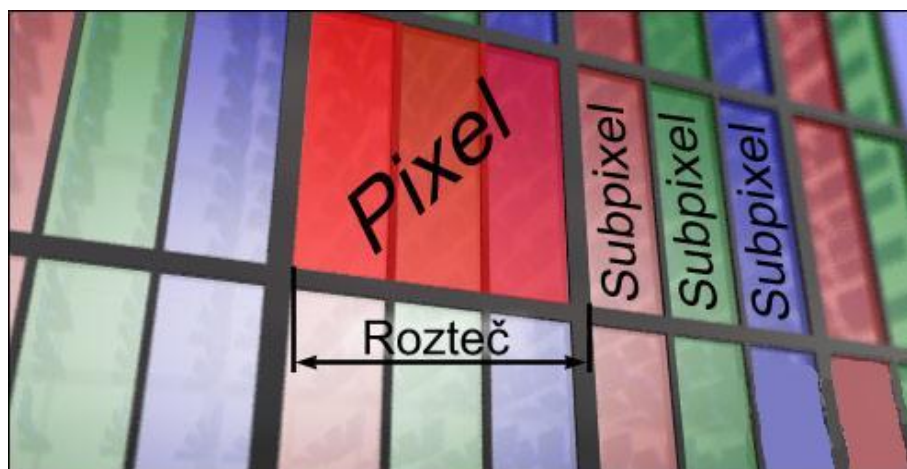
Typ 4 – vadný cluster – počet vadných pixelů v poli o rozměrech 5x5 pixelů.

Tab. 1. Maximální počet chyb určitého typu na milion pixelů

Třída	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Shluk více než jedné chyby typu 1 nebo typu 2	Shluk chyb typu 3
I	0	0	0	0	0
II	2	2	5	0	2
III	5	15	50	0	5
IV	50	150	500	5	50

2.2.5 Technologie výroby - TFT (Thin Film Tranzistor)

Doslovný překlad "Thin Film Tranzistor" = "tenký fóliový tranzistor" napovídá, na jakém principu daná technologie vlastně pracuje. V praxi totiž každý subpixel ovládá jeden tranzistor (technologie S-IPS dokonce dva tranzistory na subpixel), ten určuje jak velké napětí má v daném subpixelu procházet a tím i vlastní orientaci molekul tekutých krystalů. Následující výpočet ukáže, kolik tranzistorů je potřeba v 17" resp. 19" panelu s technologií S-IPS. Rozlišení výše zmiňovaného monitoru je 1280×1024, což vyjadřuje počet pixelů (1 310 720 pixelů). Jak již bylo zmíněno výše, každý pixel je složen ze tří subpixelů. Z toho tedy vyplývá počet 3 932 160 tranzistorů, ale protože v technologii S-IPS ovládají dva tranzistory jeden subpixel, tak výsledný počet je 7 864 320.



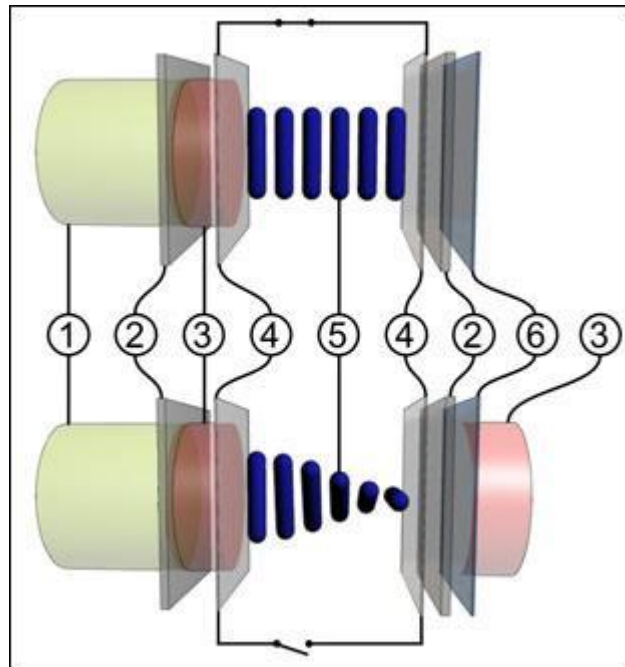
Obr. 11. Detail LCD obrazovky [4]

Pixel je složen ze tří subpixelů. Je to dáno tím, že TFT panely pracují s RGB barvami a každý subpixel tak vyjadřuje jednu ze tří základních barev. Lidské oko nedokáže tak malé plochy od sebe rozeznat a všechny tři barvy spojí v jednu.

2.2.6 Technologie TN (Twisted Nematic)

Nejstarší TN technologie se vyznačují obdélníkovým pixelem a tedy různými pozorovacími úhly v horizontálním a vertikálním směru. Dnešní TN panely však již mají čtvercový pixel a tedy stejné pozorovací úhly v obou směrech. Podání barev je jedno z nejhorších ze všech technologií a tak je jeho použití vhodné spíše do kanceláře. Tato technologie má velkou chybu ve svítících vadných pixelech. Na následujícím obrázku je vidět jak pracuje TN. Dolní situace znázorňuje případ, kdy je subpixel propustný pro světlo.

Světlo [3] proudící skrz tekuté krystaly [5] (molekuly těchto krystalů jsou v šroubovitém uspořádání) je natáčeno a díky tomu může procházet přes polarizační desku [2] až na "film" [6], který zlepšuje pozorovací úhly. Tento stav je klidový (mezi elektrodami [4] není elektrické pole). Z tohoto důvodu vadný pixel svítí (klidový stav je ten, kdy prochází světlo). Horní situace demonstruje stav, kdy je mezi elektrodami [4] elektrické pole. Toto pole "narovná" většinu tekutých krystalů do jeho směru. Tím, že jsou polarizační desky [2] vůči sobě otočeny o 90° , zabraňují průchodu světla a pixel tedy nesvítí.



Obr. 12. Technologie TN [4]

1. Zdroj bílého světla.
2. Polarizační desky.
3. Polarizované světlo.
4. Elektrody.
5. Tekuté krystaly.
6. Film zlepšující pozorovací úhly.

Po osvětlení technologie TN-LCD je nyní možné ukázat její úskalí. První z nich – nízké pozorovací úhly (do 140°), tyto úhly jsou zvětšovány pomocí filmu [6]. Je možné se tak setkat i s TN monitory, které mají relativně velké pozorovací úhly (až 165°), avšak pokud se pohled začne přibližovat okrajovému úhlu, obraz rapidně žloutne a ztrácí hloubku. Druhé úskalí je zapříčiněno šroubovitým uspořádáním molekul. Toto uspořádání je totiž velice složité a dochází k velkým nepřesnostem. Právě kvůli nepřesnostem prochází buď více nebo méně světla daným subpixelem. Z tohoto důvodu je barevné podání velmi slabé. V neposlední řadě je zde problém s molekulami – čas potřebný k přizpůsobení se ze šroubovitého uspořádání do přímého a opačně je podstatně větší, než u ostatních technologií. Díky

tomu je tedy doba odezvy takového panelu velmi dlouhá. Ačkoli výrobci se snaží tuto dobu zkrátit větším napětím na elektrodách, již nyní se setkává tato technologie na fyzikálními problémy.

Výhody:

- relativně dobré odezvy;
- technologie je dobře zvládnutá výrobci;
- nízká cena.

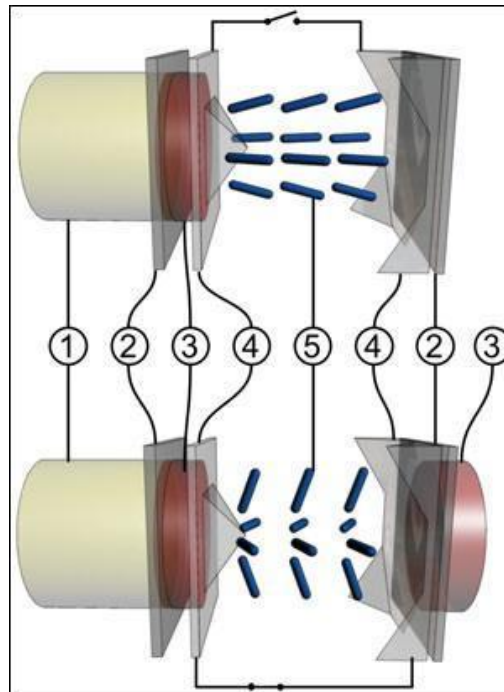
Nevýhody

- nízké pozorovací úhly;
- mrtvý pixel svítí;
- špatné podání barev.

2.2.7 Technologie MVA (Multi-Domain Vertical Alignment) a PVA (Patterned Vertical Alignment)

Technologie MVA byla vyvinuta ke zkrácení reakční doby a zvětšení kontrastu a jasů (technologie TN má ztráty až 30% při průchodu světla polarizačními filtry). Tato technologie také odstraňuje problém svítícího mrtvého pixelu/subpixelu. Je to dáno tím, že pixel je v zapnutém stavu tehdy, když svítí (přesně naopak oproti TN). Takže pokud se vyskytne mrtvý pixel u této technologie, tak jde o černé místo (popř. svítí jiným odstínem - vypadne-li jen subpixel). Je tedy daleko vhodnější, pokud mrtvý pixel má jen černý odstín, než pixel zářící například málo používanou fialovou barvou. Pixely jsou čtvercové a symetrické v ose x i y (pokud je brána z jako osa rovnoběžná s normálou na plochu displeje - z je tedy směr pohledu na monitor). Výsledkem jsou naprosto stejné pozorovací vertikální i horizontální úhly. Také doba odezvy byla rapidně zlepšena, hlavně pokud se jedná o odezvu "gray to gray" (viz kapitola 3.1). Způsobeno je to tím, že molekuly tekutých krystalů musí překonat daleko kratší cestu k jednomu z mezních stavů. Zatímco u TN se musely uspořádat do

šroubovice, tak u MVA se pouze ze "stromečkovitého" uspořádání natáčejí o pár desítek stupňů (vše je názorně vidět na následujícím obrázku). Horní část znázorňuje subpixel ve vypnutém stavu (světlo jim neprochází). V dolní části se molekuly pootočily a světlo prochází druhým polarizačním filtrem. Mezi elektrodami je elektrické pole a tento subpixel tedy svítí.



Obr. 13. Technologie MVA a PVA [4]

1. Zdroj bílého světla.
2. Polarizační filtr.
3. Polarizované světlo.
4. Elektrody.
5. Tekuté krystaly.

Elektrody mají dosti specifický tvar, který je náročnější na výrobu. Jejich tvar však zajišťuje všude stejnou vrstvu tekutých krystalů a to je důležité pro průchod světla.

Výhodou jsou jistě velké pozorovací úhly a to v obou směrech stejné. Další výhodou jsou malé ztráty světla při průchodu polarizačními filtry. Samozřejmostí je velmi rychlá odezva a věrné podání barev. Také kontrast dosahuje velkých hodnot - až 1000:1.

Technologii MVA vyvinula firma Fujitsu (dnes Fujitsu Siemens), naopak technologii PVA firma Samsung. Technologie jsou si natolik podobné, že je zde uvedena jen jedna. Přesné rozdíly však firma Samsung neustále tají.

Výhody:

- relativně dobré podání barev;
- dobré pozorovací úhly;
- doba odezvy;
- vysoký kontrast.

Nevýhody:

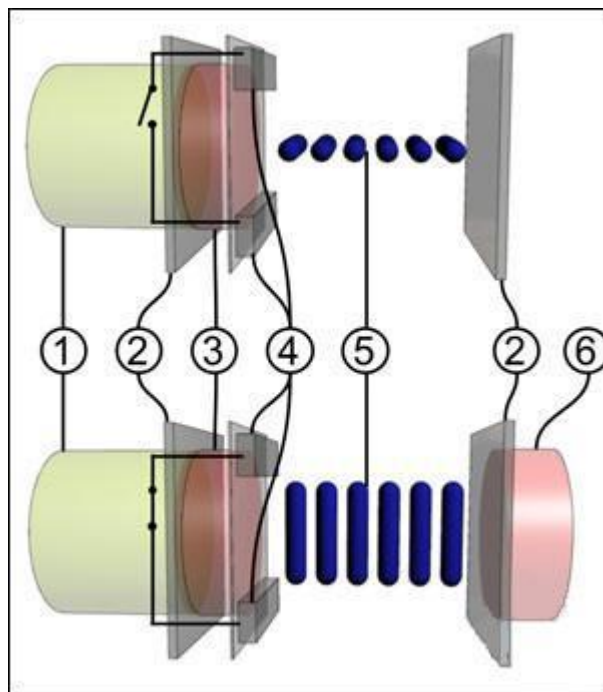
- technologie je složitá na výrobu.

2.2.8 Technologie S-IPS (Super In-Plane Switching)

Původní název technologie byl jen IPS, pojmenování S-IPS jí dala firma Hitachi. Později však byla tato pomalá technologie (průměrně měla 50ms ideální dobu odezvy) nahrazena vylepšenou S-IPS. Tato mírně upravená technologie má velmi dobré výsledky jak v odezvě, tak i při podání barev. Právě díky nejvěrnější (v porovnání s ostatními technologiemi LCD) podání barev má tato technologie velké ambice pro provozování v DTP studiích. S-IPS má dvě nevýhody. První je ta, že je třeba silnější podsvícení. Je to dáno tím, že okrajové molekuly (nejdále od elektrod) jsou vystaveny slabšímu elektrickému poli (nejsou zcela otočeny) a tak celkově subpixel propouští méně světla. Z toho plyne i menší jas a kontrast. Druhá vada je ta, že elektrody vyžadují více místa (jsou dvě na jedné stěně narozdíl od ostatních, které mají na každé stěně jednu elektrodu) a tak jsou subpixely resp. pixely o

něco menší a obraz působí hrubším dojmem (je více vidět mřížka mezi pixely). Nejde však o tak závažné nedostatky, které by znemožňovaly použití této technologie. Naopak nižší kontrast resp. jas může být v temných DTP studiích výhodou.

Princip samotné technologie je velmi jednoduchý. Všechny molekuly (5) jsou v klidovém stavu uspořádány do jedné roviny a subpixel nepropouští světlo (3). Pokud je přivedeno na elektrody (4) napětí, tak se "pouze" molekuly (5) otočí o 90° a světlo (3) začne subpixel propouštět.



Obr. 14. Technologie S – IPS [4]

1. Zdroj bílého světla.
2. Polarizační desky.
3. Polarizované světlo.
4. Elektrody.
5. Tekuté krystaly.
6. Polarizované světlo.

Technologie nabízí nejvěrnější barvy dneška u displejů z tekutých krystalů. Jedny z nejlepších pozorovacích úhlů, které dosahují až 178°. Ale také poněkud nižší kontrast a jas, než

má MVA/PVA. Doba odezvy je velmi dobrá. Ačkoli ideální doba není až tak oslňující, tak "gray to gray" je jen o něco málo vyšší než ideální doba odezvy. To, že subpixel nepropouští světlo v klidovém stavu, odstraňuje problém se svítícím pixelem. Mrtvý pixel se tedy projevuje stejně jako u technologie MVA/PVA. [4]

Výhody:

- velmi dobré podání barev;
- velmi dobrá doba odezvy;
- dobré pozorovací úhly.

Nevýhody:

- nižší jas a kontrast;
- hrubší rastr.

2.2.9 Výhody a nevýhody LCD displejů

Technologie LCD se používá již delší dobu a přináší s sebou několik výhod a nevýhod. Výhody LCD technologie jsou v principu tyto:

Geometrie, ostrost. Díky přesnému uspořádání jednotlivých pixelů přináší LCD monitory obraz s dokonalou geometrií, jaké u CRT nelze dosáhnout (nakalibrovat katodové dělo k přesnému promítání na rovinu není jednoduché). V nativním rozlišení také nemůže docházet k rozmazání, protože pixely u výstupu z grafické karty odpovídají přesně bodům na monitoru. Obraz je tedy čistý a ostrý, což je markantní hlavně u písma.

Jas. Podsvícení displeje je díky katodám velice jasné a u kvalitnějších monitorů i dokonale rovnoměrné. V porovnání s CRT monitory mohou být LCD až dvakrát jasnější.

Velikost. V dnešní době zaujme cca 20cm do hloubky kvůli podstavci, ale samotný panel bývá nejvýše 5cm hluboký, což umožňuje jeho montáž i na stěnu.

Spotřeba. Spotřeba LCD monitorů je oproti CRT poloviční a pohybuje se do 50W. Nižší spotřeba souvisí i s vyzařovaným teplem, podsvětlovací katody jsou v tomto ohledu podstatně šetrnější než katodové dělo.

Viditelná plocha. Poslední výhodou LCD panelů je to, že udávaná úhlopříčka je mnohem blíže skutečné velikosti než u katodových monitorů. Proto lze 17-palcové LCD srovnávat přibližně s 18-19" CRT monitorem.

Kromě těchto nesporných výhod má ovšem LCD technologie řadu špatných vlastností:

Interpolace. Jak bylo zmíněno výše, LCD monitory disponují určitým nativním (přirozeným) rozlišením, které udává jejich počet pixelů. Problém nastává, pokud je potřeba použít rozlišení nižší. Při změně rozlišení dochází k tzv. interpolaci, kdy se obraz roztáhne na celou plochu a dochází k rozmazání, takže výsledek není ideální, hlavně v případě textu. Jediný případ, kdy lze bezproblémově rozlišení snížit, je u velkých monitorů. Zde lze se stejně kvalitním výsledkem prezentovat např. 1600x1200 a 800x600 (jeden pixel reprezentován 2x2 body). [5]

Doba odezvy. Tekuté krystaly stále nejsou tak rychlé, aby dokázaly to, co CRT monitory. Než se krystaly naorientují ze stavu, kdy propouštějí všechno světlo do stavu "zavřeného", musí projít molekulární změnou, která trvá určitý čas. Ten nazýváme dobou odezvy a udává dobu přechodu pixely z černé na bílou. Dříve byly hodnoty opravdu nepříjemné, ale u nových LCD monitorů se dostávají na dobu 10 – 20ms.

Pozorovací úhly. Tento zápor již není v dnešní době tak akutní jako dříve, ale přesto jsou omezené pozorovací úhly občas nepříjemné. Tato vlastnost tekutých krystalů může způsobit např. barevné anomálie, kdy pod vlivem špatného úhlu pohledu dojde k distorzi barev na několik blízkých odstínů. U méně kvalitních LCD displejů také nastává problém, pokud je třeba, aby monitor sledovalo více lidí, protože s jiným pozorovacím úhlem klesá kontrast a mění se barvy.

Vadné pixely. Viz 2.2.4 Pasivní a aktivní matice.

Barvy. Přestože je u všech LCD avizovaná podpora 32-bitových barev, nelze takové hloubky dosáhnout. Tekuté krystaly nejsou schopny realisticky reprodukovat všech 16,7 milionu barev a těm pak chybí sytost

Kontrast. Je jedním z faktorů určující kvalitu monitoru. V případě, že jsou všechny tři barevné složky zhasnuté, měla by být zobrazena černá, jenže s ohledem na jas podsvětlujících katod a na fyzikální vlastnosti tekutých krystalů tomu tak vždy není. Pouze vysoko-contrastní monitory mají schopnost zobrazit opravdu černou, ale u ostatních se s ní lze setkat jen při vypnutí panelu.



Obr. 15. Monitor s LCD panelem [8]

2.3 Plazmové displeje

2.3.1 Plazma

Aby bylo jednodušší pochopení principu plazma displejů, je nutné si nejdříve objasnit, co je to plazma a jakou funkci má u technologie PDP (Plasma Display Panel). Hmota, jak je známá, se skládá z atomů, zatímco plazma je skupenstvím složeným z iontů a elementár-

ních částic. Protože není plazma plynem, kapalinou ani pevnou látkou, nazývá se někdy čtvrtým skupenstvím.

V klidovém stavu se v plazma displejích nachází plyn, resp. se jedná o směs vzácných plynů jako je argon, neon či xenon. Jsou to elektroneutrální atomy, čili je potřeba najít způsob, jak z nich vytvořit plazmu. Ten je jednoduchý – do plynu se pustí elektrický proud, čímž se objeví mnoho volných elektronů. Srážky mezi elektrony a částicemi plynu ústí v to, že některé atomy plynu ztratí své elektrony a vznikají tak kladně nabitě ionty. Spolu s elektrony se tedy získává plazmu.

Tím, že je vytvořeno elektrické pole, začnou se jednotlivé nabitě částice pohybovat ke svým opačným pólům – plynové ionty k záporně a elektrony ke kladně nabitému pólu. V plazmě tedy dochází k velkým pohybům a ve vzniklém „zmatku“ se začnou jednotlivé částice srážet. To způsobí, že plynové ionty se dostávají do excitovaného stavu a poté uvolní foton, tedy světlo.



Obr. 16. Schéma uvolnění fotonu z plynového iontu [6]

K pochopení uvolnění fotonu je nutné zajít ještě hlouběji do chemie. Při nárazu volného elektronu do jednoho z elektronů iontu na nižším orbitalu získá tato částice energii, která jí

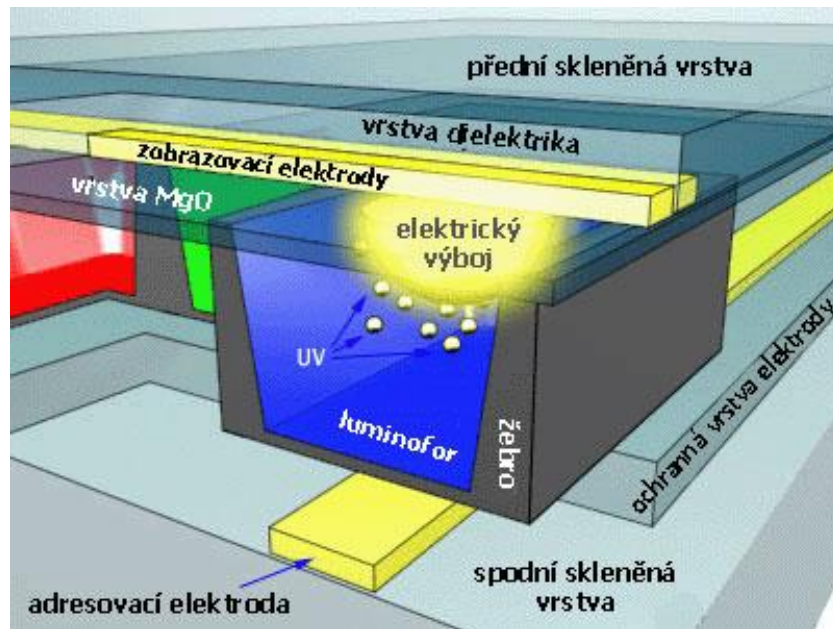
dovolí na krátký čas přejít na vyšší energetickou hladinu (např. z orbitalu „s“ do orbitalu „p“). Ovšem okamžitě poté ho elektromagnetické síly donutí k návratu na původní orbital a přebytečná energie je uvolněna ve formě fotonu (foton je částice, jejíž hmota a energie je dána pouze rychlostí – při nulové rychlosti zaniká).

Ovšem energie fotonu, který je uvolněn ionty neonu a xenonu, je často tak vysoká, že vlnová délka přesahuje možnosti lidského oka. Uvolňuje se totiž lidskému oku neviditelné ultrafialové záření. Aby vznikl na plazma displeji obraz, musí dojít ještě k dalšímu procesu, který bude vysvětlen dále. [6]

2.3.2 Struktura plazma displeje

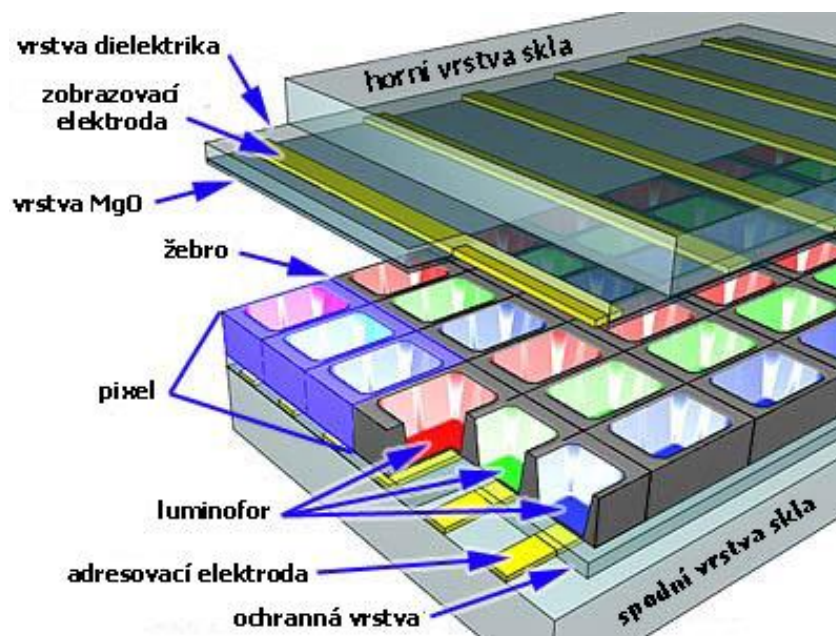
Z toho, co bylo řečeno, je evidentní, že plazma displeje jsou aktivní a své světlo samy vyzařují (na rozdíl od podsvětlovaných LCD displejů). Ovšem ještě je nutné, aby ultrafialové záření bylo převedeno na viditelné světlo. To je stejně jako u CRT monitorů zajištěno luminoforem, kterým je pokryta zevnitř každá obrazová buňka (viz níže). Luminofor způsobuje, že po vstřebání elektronu či ultrafialového záření vyzáří viditelné světlo.

Celý plazma displej je tvořen maticí miniaturních fluorescentních buněk (pixelů), které jsou ovládány sítí elektrod. Buňky jsou uzavřeny mezi dvěma tenkými skleněnými tabulkami, každá obsahuje malý kondenzátor a tři elektrody. Adresovací elektroda je umístěna na zadní stěně buňky, zatímco dvě transparentní zobrazovací elektrody leží na přední stěně. Tyto dvě elektrody jsou izolovány dielektrikem a chráněny vrstvou oxidu hořečnatého (MgO). Následující obrázek (obr. 17.) pomůže danou problematiku lépe pochopit.



Obr. 17. Schéma jedné buňky plazma displeje [6]

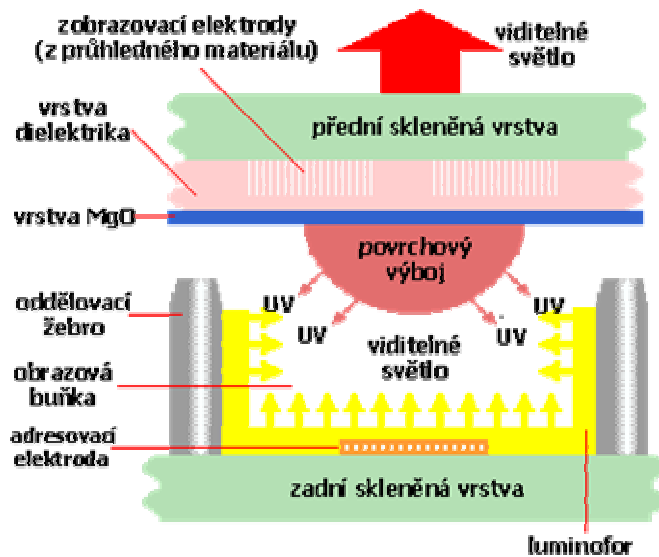
Struktura displeje je tedy maticí, kde horizontální řádky tvoří adresovací elektrody, zatímco vertikální sloupce jsou zobrazovací (někdy se jim říká výbojové) elektrody. Vzniká tak mřížka, ve které lze každou buňku adresovat zvlášť. Všechny pixely se u barevných plazma displejů skládají ze tří barevných subpixelů, z červeného, zeleného a modrého.



Obr. 18. Schéma struktury plazma displeje [6]

2.3.3 Princip zobrazovací techniky

Na obrázku 19. lze vidět zjednodušené schéma buňky v PDP. Jedná se o jednu třetinu pixelu, která má na starosti jednu barevnou složku.



Obr. 19. Jedna buňka PDP [6]

Do obou zobrazovacích elektrod je pouštěno střídavé napětí. Když je napětí iniciováno, je indukován výboj, který začne ionizovat plyn a vytvářet plazmu. Dielektrikum a oxid hořčnatý sice ihned výboj zastaví, ale po změně polarity (jde o střídavý proud) ionizace pokračuje a je tak dosaženo stálého výboje. Napětí na elektrodách je udržováno těsně pod hladinou, kdy začne vznikat plazma a k ionizaci pak dojde i při velmi nízkém zvýšení napětí na adresovací elektrodě.

Po vzniku plazmy získají nabitě částice díky elektrickému poli kinetickou energii a začnou do sebe narážet. Neon a xenon jsou přivedeny do excitovaného stavu a po návratu elektronu do svého orbitalu uvolní ultrafialové záření. Díky tomuto záření pak excitují atomy luminoforu a ty uvolní viditelné světlo. V každém pixelu jsou tři různě barevné luminofory, jejichž kombinací vzniká výsledná barva.

Červený, zelený a modrý luminofor musí být ovládány zvlášť a navíc v mnoha úrovních intenzity, abychom dostali co největší škálu zobrazovaných barev. U CRT monitorů je princip jednoduchý, reguluje se elektronový paprsek, který na bod dopadá. U plazma dis-

plejů funguje ovládání intenzity na principu modulace pulsního kódu (Pulse Code Modulation – PCM). Tato modulace slouží k převedení analogového signálu s nekonečným rozsahem na binární slovo s pevně danou délkou. Proto jsou PDP obrazovky plně digitální, což je správný krok do budoucna.

Intenzita každého subpixelu je určována počtem a šířkou napěťových pulsů, které dostává buňka během každého snímku. Toho je dosaženo tak, že trvání každého snímku je rozděleno na několik kratších částí, podsnímků. Během této periody jsou pixely, které mají svítit, přednabity na určité napětí (pomocí zobrazovacích elektrod) a během zobrazovací fáze je pak napětí aplikováno na celý displej (adresovací elektroda). To ovšem znamená, že rozsvítí jen ty konkrétní přednabitě subpixely a jejich intenzita je dána právě úrovní nabití.

Standardní metoda určuje 256 úrovní nabití pro každý subpixel, protože každý snímek je rozdělen na 8 podsnímků ovládaných 8-bitovým slovem (viz PCM). Celá tato technologie se nazývá ADS (Address/Display Separated) a byla vyvinuta v roce 1984 společností Fujitsu.

2.3.4 Výhody a nevýhody PDP

Protože plazma displeje samy emitují světlo, mají vynikající pozorovací úhly kolem 160-170°, takže jsou vhodné pro prezentační účely apod. Další nespornou výhodou je úspora místa při velkých úhlopříčkách. Je třeba si ale také ukázat ty negativní stránky, které byly ovšem z velké části potlačeny.

Méně kvalitní plazma displeje mají problémy s kontrastem. Důvodem je právě to, že napětí mezi zobrazovacími elektrodami je udržováno stále pod prahem ionizace, aby měla obrazovka dostatečně rychlou odezvu. Negativním účinkem ale je to, že k minimální ionizaci dochází i bez napětí na adresovací elektrodě, což omezuje schopnost zobrazit nejtmaší odstíny a tím snižuje kontrast. Na konci 90. let ale přišlo Fujitsu s technologií zvyšující kontrast ze 70:1 až na 400:1, později dokonce 500:1. S kontrastem souvisel i další problém – neschopnost zobrazovat dokonale stupnici šedi. V tmavých scénách se totiž barvy blízké černé slévají v jednu a přechody nejsou zdaleka plynulé. Ovšem v moderních PDP displejích je již tento problém odstraněn a škála zobrazovaných odstínů je širší.

Nevhodnost plazma displejů pro použití s počítači lze vyčíst z jedné hodnoty – rozteč bodů zatím není menší než 0,3mm, naopak bývá mnohem vyšší. Další problém nastává s tzv. paměťovým efektem, neboli “vypalováním” obrazu – nutná častější změna obrazu. Proto je stále nejlepší využití těchto obrazovek jako HDTV a pro prezentační účely. PDP mají také velkou spotřebu elektrické energie.



Obr. 20. Televizor s plazma displejem [20]

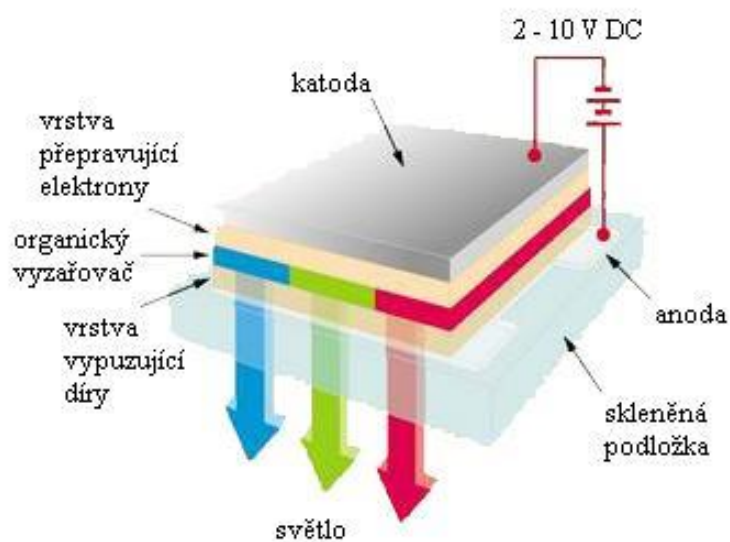
2.4 OLED displeje

2.4.1 Technologie OLED

Technologii OLED vyvinuli již v roce 1987 vědci firmy Eastman Kodak. Jejich původní účel byl nahradit displeje LCD v mobilních telefonech. OLED displeje disponují vynikajícími technickými parametry – nabízejí plnou barevnou škálu, rychlou odezvu, vysoký jas a kontrast, nízké provozní napětí a velmi široký zobrazovací úhel.

OLED vyzařují samy, takže nepotřebují podsvícení, bez kterého se neobejdou LCD. Jsou tvořeny dvěma elektrodami, mezi kterými jsou uloženy organické luminiscenční látky. Díky tomu je výsledný displej podstatně tenčí (při použití skleněných tabulek zhruba 1,5 mm, plastové displeje jsou dokonce ještě subtilnější). Displej tedy zabírá méně místa a snižuje celkovou hmotnost zařízení. Nižší pracovní napětí (2 - 10 V) prodlužuje provozní dobu přístroje napájeného bateriemi a současně snižuje jeho tepelné vyzařování a negativní vliv na elektronické součástky. [7]

OLED je složena z několika vrstev. Mezi průhlednou anodou a kovovou katodou je položeno několik tenkých vrstev organické látky. Jedná se o vrstvu vypuzující díry, vrstvu přenášející díry, vyzařovací vrstvu a vrstvu přenášející elektrony. Pokud je do konkrétního políčka přivedeno napětí, jsou vyvolány kladné a záporné náboje, které se spojují ve vyzařovací vrstvě, a tím produkují světelné záření. Struktura organických vrstev a použité elektrody jsou navrženy tak, aby docházelo k co největšímu střetávání nábojů ve vyzařovací vrstvě. Díky tomu má výsledné světlo dostatečnou intenzitu.



Obr. 21. Struktura OLED [21]

2.4.2 Základní druhy

Pasivní matice – PMOLED

Displeje s pasivní maticí (PMOLED) jsou používány zejména tam, kde je potřeba menší množství informací, například u alfanumerických displejů. Matrice je tvořena z bodů připo-

jených pomocí mřížky anod a katod. Plocha je zaplněna sítí sloupků vystupujících nad povrch a oddělujících jednotlivé aktivní body. Organické látky a katody jsou umístěny střídavě na sloupcích a v prohlubních mezi nimi, takže jsou dobře elektricky izolované. Jejich velkou výhodou je možnost „pásové“ výroby velkých spojitých ploch.

Princip činnosti je jednoduchý – pomocí mřížky vodičů a multiplexních přepínačů je na anody a katody vybraných bodů přivedeno elektrické napětí, které přinutí organickou látku vyzařovat. Signály jsou zpravidla dodávány do sloupců a synchronizovány s cyklickým zapojováním řádků. Optický výstup tak vzniká postupným skládáním řádků, ke kterému dochází 60krát za vteřinu.

Aktivní matice – AMOLED

Displeje s aktivní maticí (AMOLED) je možno používat v graficky náročných aplikacích s velkým rozlišením, jako je zobrazování videa a grafiky. Katody jsou tvořeny elektronickými prvky integrovanými do plochy – ta je rozčleněna na síť tranzistorů typu TFT doplněných o kondenzátor. Díky tomu lze každý bod v ploše adresovat a ovládat nezávisle, čímž se zamezí například blikání bodů, které mají svítit během několika po sobě jdoucích cyklů. Současně se zvyšuje průtok proudu a zkracuje doba odezvy.

Protože OLED vyzařují světlo samy, není potřeba používat žádné dodatečné zdroje světla ani stínítka (jako je tomu u LCD). Podstatně jednodušší konstrukce mimo jiné zaručuje, že velikost displejů na bázi OLED není teoreticky ničím omezená. Použití technologie TFT také znamená, že poškozený bod zhasne. U LCD takové body naopak svítí, což ve výsledném obrazu působí podstatně rušivěji.

Použité vyzařující látky se dělí do dvou skupin – malé molekuly a polymery. V dnes vyráběných displejích převládá první varianta, ovšem polymerová technologie nabízí mnohé výhody. Polymery se totiž snadno nanášejí spolu s nosnou tekutinou, ve kterou jsou rozptýleny - princip poněkud připomíná inkoustové tiskárny. Polymerovou technologií se dají vyrábět v podstatě libovolně velké zobrazovací jednotky, navíc velmi rychle. Elektrody nemusejí být skleněné, takže je možno získat i ohebné displeje.

2.4.3 Výhody a nevýhody OLED

Výhody

Odolnost. OLED mohou bez problémů pracovat i v mechanicky namáhaných přístrojích podléhajících navíc nepříznivým vlivům okolí, jako jsou například kapesní počítače, mobilní telefony, videokamery, kapesní přehrávače nebo přístroje v palubní desce automobilu.

Zobrazovací úhel. Obraz je možno sledovat bez jakýchkoli dalších pomůcek v úhlu přesahujícím 160°.

Vysoká svítivost. Kvalita obrazu neklesá ani za denního světla. Navíc, díky účinnosti kolem 100 lm/W a svítivosti až 1 000 cd/m² mohou nahradit například žárovky v semaforech.

Vysoké rozlišení. Jsou dostatečně rychlé na zobrazování videa i fotografií. Jednotlivé body mohou svítit bez přerušení i během několika cyklů. Rozlišení může přesahovat 300 dpi (oproti současným 75 dpi), takže mohou plnohodnotně nahradit papír.

Pracovní teplota. OLED spolehlivě pracují v rozmezí teplot -40 až +70 °C, takže mohou být použity i v extrémních mrazech. Díky tomu se mohou prosadit například v dopravním značení.

Subtilnost. Zobrazovací jednotky nejsou o mnoho tlustší než papírová čtvrtka. V případě použití plastů mohou být dokonce prohýbány nebo jinak tvarovány.

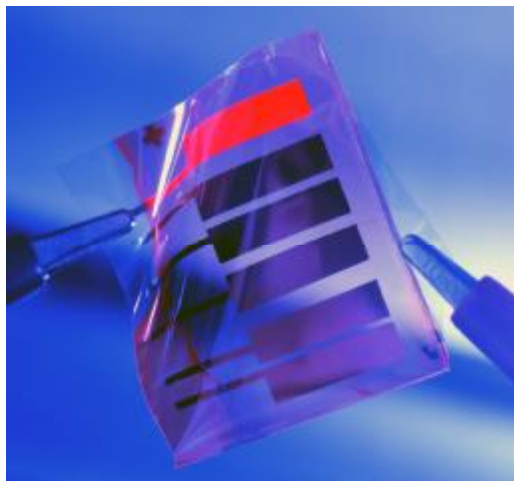
Nížší výrobní náklady. Výroba OLED je o 20–50 % levnější než výroba LCD. Použití polymerů umožňuje v podstatě využít při výrobě tiskařských metod.

Nároky na zdroje. OLED displeje jsou lehčí, nepotřebují žádné pomocné prvky. Pracují při napětích mezi 2 a 10 V.

Nevýhody

Životnost. Barvy o vyšších vlnových délkách začnou brzy ztrácet na intenzitě. Prozatím je životní cyklus modré 1 000 hodin, zelené 10 000 hodin a červené 30 000 hodin. To stačí pro displeje přístrojů a mobilních telefonů, ne však pro zobr. plochy počítačů a televizorů.

Oxidace. Organické látky na vzduchu rychle oxidují a také mohou být poškozeny vodou. Proto je třeba je chránit vzduchotěsným obalem.



Obr. 22. Technologie OLED [22]

2.5 Celkové porovnání technologií

Tab. 2. Porovnání technologií

	CRT	LCD	Plazma	OLED
Výhody	Kvalita obrazu Podání barev Cena	Geometrie obrazu Jas Spotřeba	Kvalita obrazu Podání barev Velikost obrazu	Kvalita obrazu Odolnost Cena
Nevýhody	Magnetizace Spotřeba Rozměry	Pozorovací úhly Podání barev Vadné pixely	Vypalování bodů Spotřeba	Životnost Oxidace

3 ZÁKLADNÍ PRINCIPY HODNOCENÍ PARAMETRŮ KVALITY DISPLEJŮ

3.1 Přehled parametrů

Doba odezvy [ms] – u LCD displejů

Doba odezvy udává čas, za který se dokáže změnit z černé barvy na bílou a zpět na černou. Je možné se setkat se dvěma přívlastky, a sice "rise" či "fall." "Rise" udává dobu potřebnou pro rozsvícení bodu do bílé barvy a "fall" naopak pro zhasnutí do černé. Doba odezvy je v tomto případě rovna součtu obou hodnot. Logicky nižší hodnota udává lepší výsledek, tedy teoreticky. Teoreticky proto, že tato doba je idealizovaná a v praxi se až tolik nevyskytuje. Změna z černé – v RGB[0,0,0], na bílou [255,255,255] se vyskytuje snad jen při psaní textových dokumentů. Daleko častěji je změna z jednoho odstínu do druhého. A právě pro to se v dnešní době dbá převážně na hodnotu "gray to gray", která udává změnu z tmavě šedé, např. [32,32,32] do světle šedé [128,128,128] a zpět. Tato doba je u většiny levných panelů i několikanásobně delší (může být i 5× delší) než udávaná ideální hodnota. Z panelu, který má udávanou hodnotu 12ms, se rázem stane panel s 60ms a to je doba velmi dlouhá. A proč je tato doba delší, když se pixel musí změnit o menší počet odstínů k požadované barvě? Je to způsobeno tím, že tekuté krystaly jsou jak na začátku tak na konci cyklu již v elektrickém poli a rozdíl napětí je daleko menší. Laicky by se dalo říci, že krystal nemá tolik energie pro změnu svojí orientace. Z těchto důvodů se používá pojem "ideální doba odezvy" pro odezvu, kterou udávají výrobci. [4]

V současné době se nevyrábějí panely s dobou odezvy delší než 20ms. Čas 20ms je již tak krátký, že pro kancelářské použití naprosto dostačuje. Pro hraní her jsou vhodné panely s dobou odezvy 12ms a níže. Ovšem u některých špičkových panelů udávají výrobci hodnoty až 2ms.

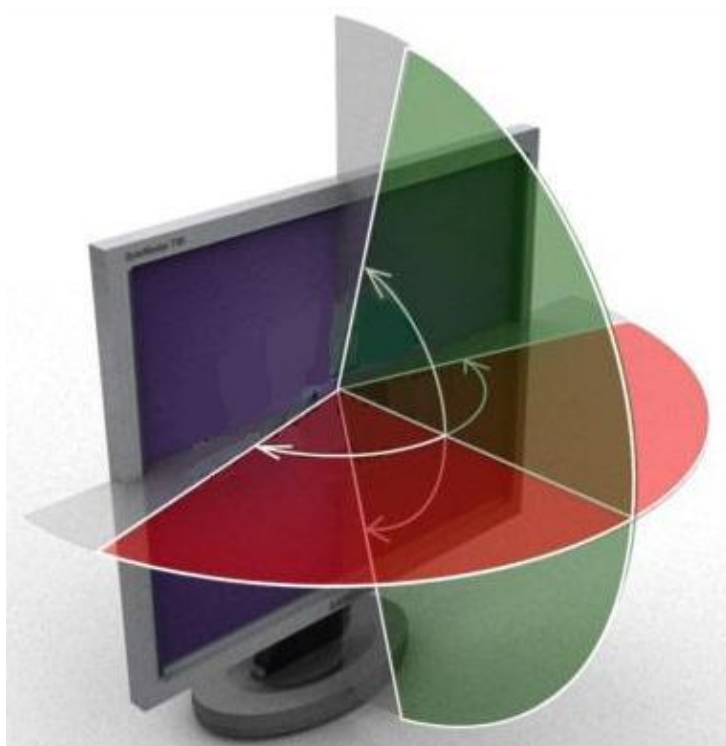
Kontrast

Udává kontrastní hodnotu zobrazovaných bodů, většinou jako poměr jasů "černé" a "bílé" (tedy 100% jasů RGB). Je důležitá při provozování panelu za přímého slunečního svitu. Obě hodnoty jsou měřeny v luxech a dány do poměru. Reálné hodnoty jsou hluboko pod udávanými (zhruba v 1/5 až 1/4). Je to dáno tím, že laboratorní měření se provádí odlišným způsobem a jen na jednom pixelu.

Limitní hodnotou je 200:1. Panely s nižším kontrastem většinou nejsou schopné podat celou škálu odstínů dostatečně kvalitně

Pozorovací úhly (viewing angle) [°]

Jsou úhly (H-horizontální, V-vertikální) pod kterými je obraz stabilní a nemění se mu barvy. Úhel ve vertikálním směru bývá menší (týká se LCD a záleží na technologii). Rozdílné pozorovací úhly má jen jedna technologie – TN. Co přesně vyjadřují pozorovací úhly lze vidět na následujícím obrázku.



Obr. 23. Pozorovací úhly [4]

Po překročení daného úhlu začne obraz prudce ztrácet kontrast a barvy začnou blednout, někdy dokonce přecházejí do inverze (vše záleží na použité technologii). Hodnoty kolem 170° v obou směrech dosahují špičkové přístroje. Norma ČSN EN ISO 13406 – 2 rozděluje displeje s plochými obrazovkami do tříd podle možnosti jejich sledování a vhodnosti jejich použití.

Tab. 3. Třídy pozorování

Třída pozorování	Popis
I	<p>Umožňuje několika uživatelům pozorovat celou plochu displeje v konstrukční pozorovací vzdálenosti z libovolného směru pozorování v 80° pozorovacím kuželu bez sníženého vizuálního výkonu</p> <p>Dává rovnoměrnost v celém rozsahu stínítka. Umožňuje pohyb hlavy.</p> <p>Není vhodné pro úkoly, kde se požaduje úzký pozorovací kužel (např. soukromí, nízká spotřeba energie).</p>
II	<p>Umožňuje jednomu uživateli pozorovat celou plochu displeje v konstrukční pozorovací vzdálenosti z libovolného místa před stínítkem.</p> <p>Dává rovnoměrnost v celém rozsahu stínítka. Umožňuje pohyb hlavy.</p> <p>Nepříliš vhodné pro úkoly, kde se požaduje úzký pozorovací kužel (např. soukromí, nízká spotřeba energie).</p>
III	<p>Umožňuje jednomu uživateli pozorovat celou plochu displeje v konstrukční pozorovací vzdálenosti z jednoho pevného místa (konstrukční pozorovací vzdálenost, konstrukční směr pozorování, před středem stínítka).</p> <p>Dává rovnoměrnost v celém rozsahu stínítka. Neumožňuje pohyb hlavy.</p> <p>Vhodné pro úkoly, kde se požaduje úzký pozorovací kužel (např. soukromí, nízká spotřeba energie).</p>
IV	<p>Umožňuje jednomu uživateli pozorovat střed stínítka v konstrukční pozorovací vzdálenosti z jednoho pevného místa (konstrukční pozorovací vzdálenost, konstrukční směr pozorování, před středem stínítka).</p> <p>Pro rovnoměrný obraz se vyžaduje, aby uživatel naklopil a pootočil displej. Neumožňuje pohyb hlavy.</p> <p>Velmi dobře vhodné pro úkoly, kde se požaduje úzký pozorovací kužel (např. soukromí, nízká spotřeba energie).</p>

Obnovovací frekvence

Rychlost, s jakou je monitor CRT schopen vykreslovat obraz, je udávána jako obnovovací frekvence. V praxi to znamená, že čím vyšší obnovovací frekvence je, tím méně bude na monitoru zřetelné jeho „blikání“. Dá se říci, že obnovovací frekvence 85Hz a vyšší je hodnota pro každodenní práci s monitorem. Obnovovací frekvence je vlastnost, která závisí na rozlišení obrazu.

Jas – [cd/m²]

Udává svítivost obrazových bodů, je úzce spjat s kontrastem. Jeho hodnota se určuje tak, že všechny pixely zobrazí bílou barvu a změří se svítivost monitoru. Čím vyšší je jeho hodnota, tím světlejší jsou barvy. Občas dokonce výrobci zvýší jas natolik, že se z černé barvy stane šedá. Příliš vysoký jas může oslňovat.

Podsvícení - LCD panel

K podsvícení se používají tenké trubice u kterých je kladen velký důraz na rovnoměrnost světla a jeho barvu (měla by být bílá). Levné panely používají systém jen dvou trubic, což má za následek nerovnoměrné podsvícení. U profesionálních LCD monitorů se můžeme setkat až s 14 trubicemi na obrazovku (např. panely EIZO), takovéto řešení má za následek velmi rovnoměrné podsvícení a také větší životnost monitoru - každá trubice je vystavena menší zátěži než když jsou použity jen trubice dvě. Střední třída monitorů využívá čtyř trubic, což se zdá jako velmi dobré v poměru cena/kvalita. Obvyklá životnost trubic je 50 000 hodin (tato hodnota vyjadřuje dobu za kterou dosáhne trubice poloviční svítivosti), ale například EIZO udává u svých nejlepších panelů 30 000 hodin na dobu, než začne trubice stárnout (ne tedy dobu, kdy dosáhne trubice poloviční svítivosti).

Samotné trubice by však byly málo pro dosažení kvalitního obrazu. Velmi důležité je také rovnoměrné rozvedení světla po celé ploše monitoru. To je uskutečněno pomocí sítě optických vláken.

V poslední době se ovšem objevuje i podsvícení pomocí LED, toto řešení přináší úsporu energie a také větší životnost celého panelu.

Rozlišení

Udává počet bodů použitých pro podání obrazu. Zapisuje se ve formátu počet vodorovných x počet svisle zobrazovaných bodů.

Nejběžnější rozlišení monitorů jsou odstupňována v několika možných formátech: např. 640x480, 800x600, 1024x768 (15" monitor), 1280x1024 (17"). U 20" je rozlišení i 1600x1200 bodů.

Úhlopříčka

Úhlopříčkou obrazovky se nazývá rozměr mezi jejími protilehlými rohy. Jako jednotka se užívají palce u monitorů a displejů, či centimetry u televizorů (1"=2,54 cm). Viditelná úhlopříčka vyjadřuje rozměr který je skutečně využit pro zobrazení obrazu.

Metodika měření velikosti obrazovky se u CRT a LCD monitorů výrazně liší. Zatímco u CRT se například do 17 palců započítává i prostor skrytý za plastovým rámečkem a skutečná, viditelná úhlopříčka je tedy i o několik palců menší, LCD panely jsou měřeny odlišně. U nich je zmíněných 17 palců skutečně naměřitelná vzdálenost mezi dvěma protilehlými rohy viditelného prostoru na displeji. Je tedy dobré si uvědomit, že při srovnávání obdobných CRT a LCD monitorů je třeba uvažovat pro zjednodušení i tak, že LCD panel odpovídá zhruba o jeden stupeň vyšší úhlopříčce CRT monitoru.

Ukázka technické specifikace monitoru LCD Acer AL1716s - 17"

Velikost displeje	17", 338 x 270 mm
Typ displeje	TFT (thin film transistor) active matrix
Rozlišení	1280 x 1024
Technologie displeje	TN+Film
Jas	300 cd/m ²
Barevnost	16,7 miliónů barev
Bodová rozteč	0,098 x 0,294 mm

Frekvence bodu ¹	135 MHz
Velikost displeje	338 x 270 mm
Kontrast	500:1
Doba odezvy	12 ms
Horizontální frekvence ²	31 ~ 81 KHz
Vertikální frekvence ³	56,3 ~ 75 Hz
Horizontální úhel pohledu	150°
Vertikální úhel pohledu	135°
Podsvícení	4 CCFL lampy
Vstupní signál	Analog (D-sub) ⁴
Vstupní konektor	15-pin D-Sub,
Náklon displeje	Náklon: od -5° do + 20°
Možnost upevnění na zeď	Podporováno, standard VESA
Rozměry (v x š x h)	377 x 393 x 182 mm
Hmotnost	4,6 kg
Úsporný režim	VESA DPMS standard
Spotřeba	On: 44W, Off: 2W
AC adaptér	AC 100V - AC 240V [8]

¹ Počet jednotlivých bodů, které se celkem vykreslí za sekundu, je to řádková frekvence vynásobená počtem bodů na řádek.

² Hodnota říkájící jakou frekvencí je schopna se obnovovat jedna obrazová řádka.

³ Hodnota která udává kolikrát za vteřinu je schopna obnovy celá obrazová plocha.

⁴ Analogový vstup videosignálu. Grafická karta musí převádět digitální obraz na analogový a displej pak z analogového signálu opět vytváří obraz digitální. Převodem (v tomto případě dokonce dvojnásobně) může dojít k určitým ztrátám kvality signálu. Kvalita výsledného obrazu pak záleží na grafické kartě.

3.2 Základní metodika testování displejů

Tato část popisuje metodiku zkoušení displejů, zabývá se jejich měřením konkrétně u počítačových monitorů.

3.2.1 Pojmy a požadavky

Definice počítačového monitoru

Komerčně dostupný elektronický výrobek se zobrazovací jednotkou (obrazovkou) a jeho elektronické součásti, zabudované v jednom pouzdře, který zobrazuje výstupní informace z počítače přes jeden nebo více vstupů, jako např. VGA, DVI, a/nebo IEEE 1394. Monitor má obvykle elektronku (CRT), displej s kapalnými krystaly (LCD), nebo jiné zobrazovací zařízení. Tato definice primárně pokrývá použití běžných monitorů, konstruovaných pro použití s počítačem. Aby byl způsobilý, musí mít monitor viditelnou velikost úhlopříčky obrazovky nejméně 12 palců (30,5 cm) a musí být možné jej napájet z oddělené zásuvky síťového rozvodu střídavého proudu nebo z baterie, která se konstruuje s napáječem na střídavý proud.

Dále uvedené metody zkoušení a měření odkazují na zveřejněné specifikace Výboru pro měření displejů Asociace pro standardy videoelektroniky (VESA) a Mezinárodní komise pro elektroniku (IEC).

Před zahájením měření se zaznamenají parametry zkušebního vzorku počítačového monitoru. Minimálně se zaznamenají následující informace:

- popis/kategorie výrobku (např. 17-palcový počítačový monitor s bílou skříní);
- typ displeje (např. CRT, LCD, plazmový);
- značka výrobku/výrobce;
- číslo modelu;
- sériové číslo;
- jmenovité střídavé napětí [V] a jmenovitý kmitočet [Hz];
- úhlopříčka viditelné oblasti obrazu (v palcích);

- poměr stran obrazu (např. 4:3);
- doporučený rozměr obrazu (zkoušená skutečná velikost) šířka × výška;
- zobrazovací úhel (stupně ve vodorovném a svislém směru);
- obnovovací frekvence obrazu (během zkoušky) [Hz];
- počet obrazových bodů dle zkoušky (horizontálně);
- počet obrazových bodů dle zkoušky (vertikálně);
- maximální udávané rozlišení (horizontálně);
- maximální udávané rozlišení (vertikálně);
- analogové, digitální, nebo obě rozhraní;
- informace o přístrojovém vybavení (např. typ generátoru signálu).

Požadavky zkušební laboratoře

Zkušební laboratoř musí splňovat určité podmínky co se týče pracovního prostředí. Tím by se měly vyloučit nepříznivé vlivy a také zamezit určitým odchylkám v měření. Hlavním úkolem je ale zajistit stejné podmínky ve všech testovacích místnostech.

Podmínky ve zkušební místnosti musí dle ČSN EN ISO 13406-2 odpovídat parametrům uvedeným v tabulce 4.

Tab. 4. Podmínky ve zkušební místnosti

Podmínka	Požadavek	Poznámka
Osvětlení stínítka v tmavé místnosti	< 2 lx	Ve středu stínítka
Teplota v místnosti	23°C ± 4°C	Poblíž panelu
Relativní vlhkost v místnosti	10 % až 85 %	Bez kondenzace
Tlak vzduchu	70 kPa až 110 kPa	Zkouška ve výšce pod 3000 m

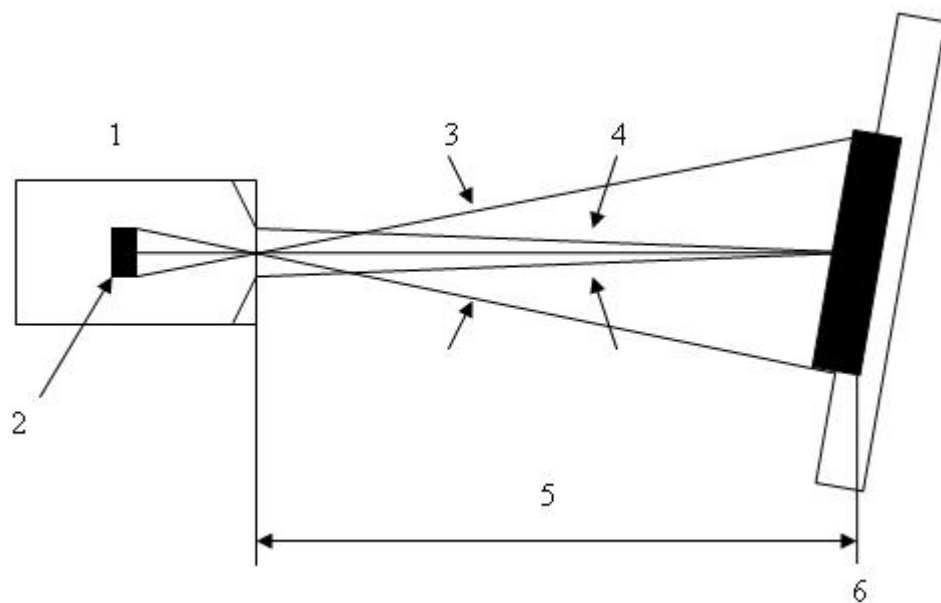
Jestliže části zkoušeného zařízení ovlivňují osvětlení stínítka (např. světlo odražené od klávesnice přenosného počítače), pak tyto části musí být přiměřeným způsobem zakryty, např. černou látkou.

Zkoušené zařízení

Zkoušená displejová jednotka plochého panelu musí být pro zkoušení fyzicky připravena. Je – li to výrobcem předepsáno, musí se po určenou dobu zahřívat (ne více než 1 hod.). Zkoušení musí být prováděno za běžných uživatelských podmínek přívodu energie. Předpětí displeje musí být nastaveno na hodnotu odpovídající typickému použití. Pro jeden kompletní test musí být použito jediné nastavení. Je – li možno využít více nastavení, vyplývá z toho více postupných zkoušek. Nastavení může zahrnovat jas, kontrast a jiné specifické technické parametry. Při zkoušení se používá jedna určitá sada relevantních nastavení. Parametry nastavení mají reprezentovat skutečná nastavení očekávaná při používání produktu.

Zkušební zařízení - měřič

Musí být k dispozici měřič nebo ekvivalentní fotometrický systém odpovídající tabulce 5. Použité termíny viz obrázek 25.



Obr. 24. Termíny používané v požadavcích na měřiče

1. Fotometr
2. Fotocitlivý prvek
3. FOV = zorné pole = úhlový rozsah uvažovaného objektu vytvořený v konečném obrazu přístroje
4. Přijímací úhel. Úhel tvořený vstupní čočkou přístroje a pracovní vzdáleností
5. Pracovní vzdálenost. Vzdálenost mezi přední čočkou měřiče a uvažovaným objektem, na který se měřič může zaměřit
6. EUT = testované zařízení

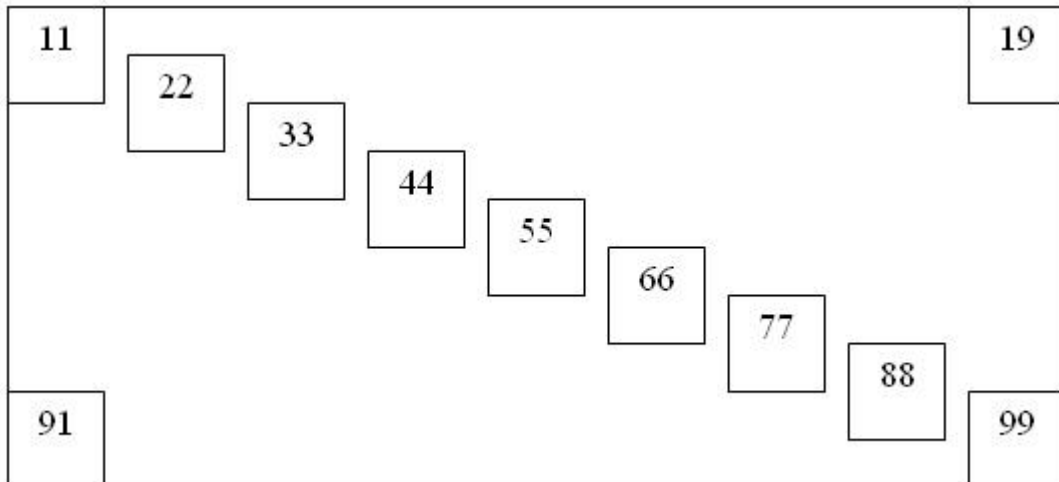
Tab. 5. Požadovaný fotometr a typické parametry

Měřič	Zorné pole	Poznámka	Kde se používá
Bodový fotometr ⁵	0,5° až 2°	Pracovní vzdálenost: 100 mm až ∞	Kombinované měření jasu, kontrastu a difuzního osvětlení Jas displeje Rovnováha jasu Rovnoměrnost jasu Absolutní kódování jasu

Měřicí místa

Cílem je vybrat tři konečná místa měření z jedenácti původních, vždy se volí střední místo 55. Původní místa se nemají překrývat, pokud se musí (když je panel menší než typické displeje), nesmí počáteční místa překrývat místo 55, v minimálním případě bude existovat pouze pět původních míst.

⁵ Bodový fotometr v pracovní vzdálenosti 500 mm musí mít přijímací kužel < 1°. Přijímací kužel musí být specifikován.



Obr. 25. Potenciální měřící místa

Měřená oblast povrchu obrazovky má podle VESA FPDM Standard 2.0 pokrývat nejméně 500 pixelů, pokud nepřesáhne ekvivalent obdélníku se stranami o stranách rovnajících se 10% viditelné výšky a šířky obrazovky (v tomto případě se použije tento obdélník). V žádném případě ovšem nesmí být osvětlená plocha menší než plocha, kterou měřicí přístroj měří.

3.2.2 Měření LCD monitorů pomocí optické sondy

V této části se budu věnovat postupům při tzv. uživatelských testech LCD monitorů.

Kontrast

Při hodnocení kontrastu pomocí optické sondy se nejprve změní úroveň jasu při zobrazení černé a bílé plochy udávaná v luxech [lx]. Naměřené hodnoty se následně dají do poměru. Pokud budou naměřené hodnoty např. pro bílou 338 lx a pro černou 1,3 lx, výsledný kontrast je 260:1.

Reálné hodnoty kontrastu ovšem neodpovídají tabulkovým výsledkům. Zčásti je to dáno čidlem, které měří větší plochu (a nikoliv jen jeden bod v zapnutém a vypnutém stavu), zčásti je to dáno tím, že hodnoty uváděné výrobcem nevycházejí z běžného nastavení panelu -

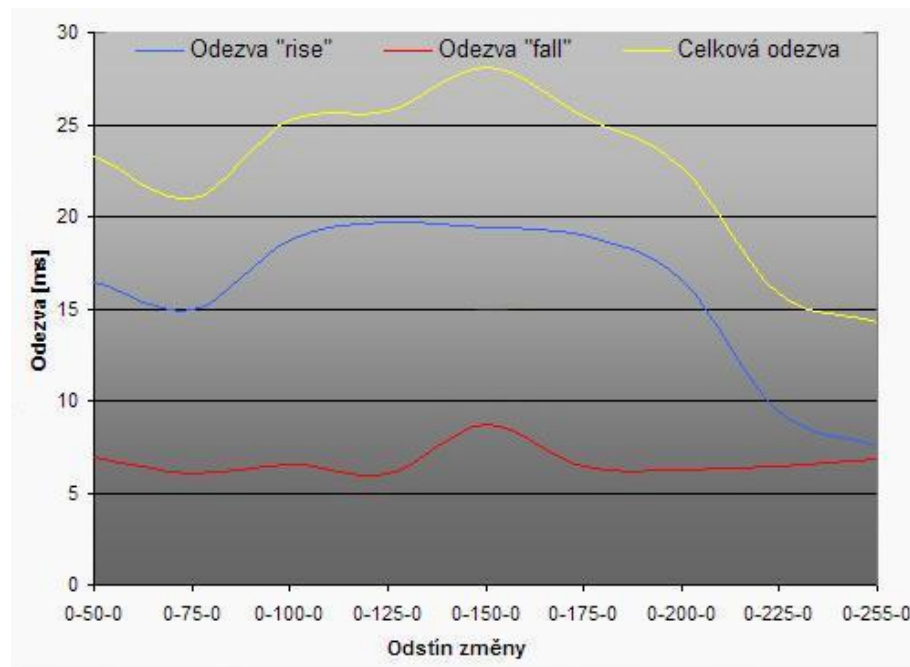
v laboratoři se používají jiné měřicí režimy které dané buňky vedou do extrémních stavů. [9]

Doba odezvy

Doba odezvy se měří optickou sondou připojenou na osciloskop, aby bylo možné lépe zpracovat naměřené hodnoty.

Jak již bylo zmíněno v části 3.1 Přehled parametrů, u LCD monitorů rozlišujeme odezvu vzestupnou ("rise") a sestupnou ("fall") – rozsvícení a zhasnutí pixelu. Celková odezva se tedy rovná jejich součtu. Je nutné změřit odezvu pro více odstínů., vždy se bude jednat o změnu ze stavu "nesvítí" (černá) do určitého odstínu šedé odstupňovaného od RGB[50,50,50] až do [255,255,255] po s krokem 25 (poslední krok je 30 z 225 na 255).

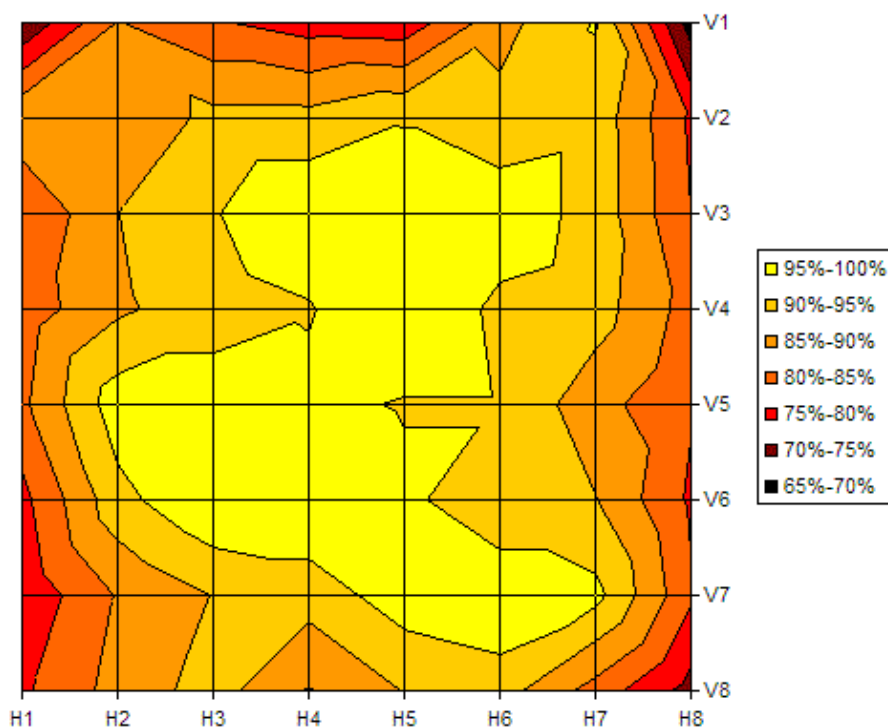
Následující graf znázorňuje naměřenou dobu odezvy u LCD monitoru Dell 2405 FPW s udávanou odezvou 16 ms. [10]



Obr. 26. Naměřená doba odezvy [9]

Homogenita podsvícení

Optickou sondou lze změřit i podsvícení monitoru. Postup je následující. Na celém monitoru se zobrazí černá barva a změří se intenzita v různých místech obrazovky. Měření probíhá v 64 místech (síť 8x8) a je vyneseno do grafu, hodnota napětí je přepočtena na "%". Graf jsou uvedeny jako čtvercové, avšak záleží na monitoru, jaký má poměr stran. Hodnoty H jsou souřadnice v horizontálním směru a V ve vertikálním. Měření začíná v levém horním rohu (H1V1).



Obr. 27. Homogenita podsvícení [9]

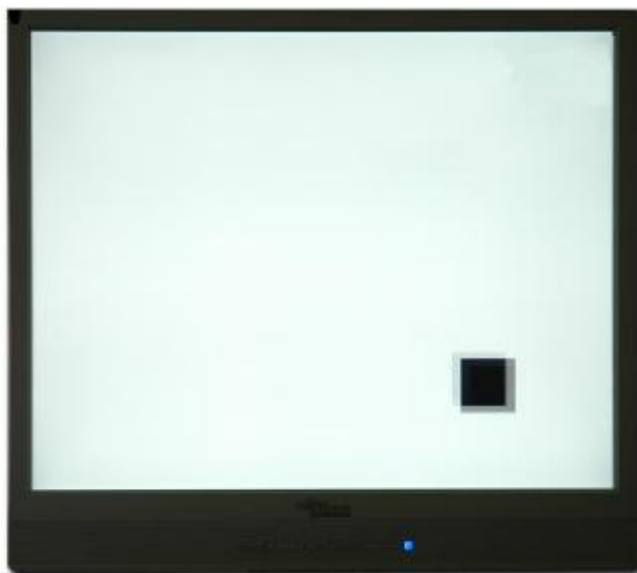
3.2.3 Hodnocení parametrů pomocí fotoaparátu

Doba odezvy

Dobu odezvy lze měřit pomocí vytvořené flash animace. Tato se zobrazí přes celou obrazovku, vyfotí s časem 1/60s a vyhodnotí.

Následující obrázek znázorňuje prakticky, jak metodika funguje. Odezva je měřena na monitoru Fujitsu-Siemens ScenicView P19-2. Je zde zachyceno měření ideální odezva. Tři

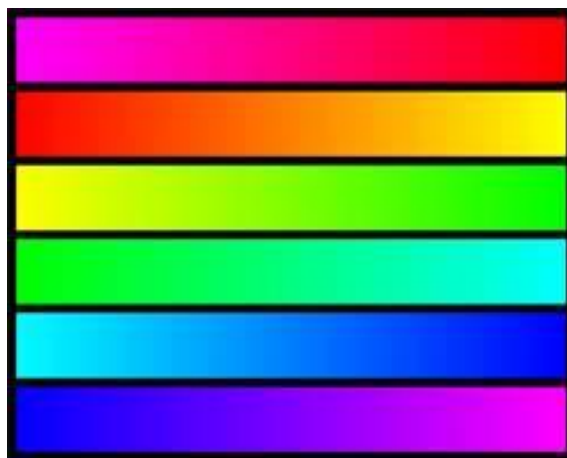
viditelné čtverce (poslední je již značně však vybledlý) jsou vyhodnoceny jako průměrný výsledek. To však neodpovídá výrobcem udávané odezvě 8ms. [11]



Obr. 28. Měření ideální odezvy [10]

Pozorovací úhly

Tuto vlastnost je také velmi těžké zachytit fotoaparát. Obvykle nastává problém s antireflexní vrstvou pokrývající displej monitoru, takže bude nutné se v mnoha případech spolehnout na specifikace výrobce. Pozorovací úhly jsou ale udávány v hodnotách blízcích se skutečnosti, takže nenastává problém jako s dobou odezvy. Je vhodné zachycovat pohledy pod úhlem 45° ze strany a zespoda. Poté také pohled z levé strany v maximálním úhlu, než se začne monitor lesknout a fotografování tak ztrácí smysl. Následně stejným způsobem zespoda.



Obr. 29. Obrazec pro urč. poz. úhlů [10]

Uživatelské testy mohou být přínosem, i když o jejich přesnosti a spolehlivosti by se dalo diskutovat. Ovšem jak ukázal postup měření kontrastu, mohou poukázat na nepřesnosti udávané výrobcí monitorů.

Měření doby odezvy se mi jeví jako celkem přesná metoda a homogenita podsvícení jako zajímavá varianta testování. Testování pomocí fotoaparátu je dosti problematické, hlavně co se týče doby odezvy. Nikdy se totiž nepodaří zachytit naprosto shodné obrazce u zmiňované flash animace. Fotoaparátem se dají hodnotit nejen pozorovací úhly, ale i podání barev a jejich odstíny.

Hodnotit monitory lze i jejich pouhým sledováním. Opět třeba pomocí flash animací. Výrobci panelů nabízí k otestování různé pohybující se obrazce, pokud dochází k jejich "mlžení", odezva panelu není příliš dobrá.

4 PŘEDPOKLÁDANÝ VÝVOJ V ZOBRAZOVACÍ TECHNICE

Není tomu tak dlouho, co technologie CRT byla nejpoužívanější u monitorů osobních počítačů a domácích televizorů. V současné době je ovšem postupně nahrazována LCD a plazmovými panely a dá se předpokládat, že se v dohledné době přestane vyrábět úplně. Již několik společností od její výroby ustoupilo.

V současnosti nejvíce používané technologie se neustále vyvíjí. Například nedávno byly uvedeny na trh nové LCD, které pro podsvícení používají diody LED místo katodových trubic. Toto s sebou přináší mnoho změn. Lze očekávat 100% rovnoměrné podsvícení, protože každý pixel je podsvícen jednou diodou. Technologie s LED má také nižší spotřebu energie, její rozměry jsou menší a je lehčí než klasické LCD. Nevýhodou je ovšem prozatím vysoká cena.

Plazmové displeje v současnosti dominují na trhu s televizory o velikostech 40 palců a více. LCD technologie se snaží dostat na první místo zvyšováním výroby a z ní vyplívající nižší cenou. Zobrazovací plochy těchto technologií se budou nadále zvětšovat.

Displeje OLED nahradí podle výrobců LCD displeje v mobilních telefonech. Nakonec by však měly konkurovat i v oblasti monitorů a televizorů.

Dále se dá očekávat vývoj 3D, tedy trojrozměrných zobrazovacích technik. Displeje pracující s touto technologií již byly použity u notebooků nebo mobilních telefonů. Tato oblast grafiky zažívá velký rozkvět a mnoho společností z řad výrobců spotřební elektroniky, softwaru a hardwaru začíná tento trend prosazovat.



Obr. 30. 3D displej [23]

Dle dostupných informací se v oblasti domácích elektronických her stanou 3D panely hitem v roce 2008, v mobilních zařízeních v roce 2009 a v televizních přístrojích v roce 2010.

Vývoj trojrozměrného obrazu nevynechává žádnou ze současných technologií, tj. LCD, plazmu a OLED.

3D obraz lze vykreslit i volně do prostoru. Tato technologie je někdy nazývána Free Space Display. Pracuje na principu vykreslování požadovaných informací v podobě obrazců volně do prostoru. Ty budí dojem, že se volně vznáší ve vzduchu.



Obr. 31. Free Space Display [24]

Zatím se tyto přístroje vyrábí ve velikosti větší tiskárny, jenže technologie jde nezadržitelně kupředu a za několik let lze očekávat postupnou miniaturizaci. Pak by se daly zabudovat tyto přístroje například do mobilních telefonů nebo PDA a mohly by z nich udělat mnohem pohodlnější zařízení.

Další technologií, která je již na trhu a může se v budoucnu setkat s širokým využitím, je elektronický papír – e-paper. Jednoduše řečeno se jedná o tenké, pružné a lehké zobrazovací zařízení.

E-paper je složen z miliónů miniaturních mikrokapslí o průměru cca lidského vlasu. Každá obsahuje pozitivně nabitě bílé částice a negativně nabitě částice černé, které "plavou" v opticky průhledné tekutině (Clear fluid). Ty právě tvoří černou nebo bílou plochu určující barvu daného pixelu. Ta se ovládá pomocí elektrického pole mezi elektrodami, podobně

jako klasické LCD. Dá se tedy k řízení využít TFT spínací matice, kde každý pixel je ovládnán separátním tranzistorem.

Spotřeba při přepisu obrazu se pohybuje řádově v μW a při neměnném zobrazení nepotřebuje napájení vůbec.

Již dnes existují verze e-papíru, které jsou schopné zjistit, jaký způsobem jsou zdeformované a podle toho přizpůsobit obraz tak, aby byl vidět jako na rovné ploše.

Tyto displeje jistě v budoucnu dosáhnou širokého uplatnění, ale dá se předpokládat, že se tak stane až po zavedení jejich barevných verzí, které jsou již ve vývoji. Jejich velký potenciál plyne hlavně z nízké spotřeby a schopnosti ohýbání a různého tvarování.



Obr. 32. E-paper [25]

Použití v jiných oborech, než pro které byly původně vymyšleny, jistě najdou i zobrazovací technologie pracující se systémem HUD (Head-Up Display). Jedná se o promítání dat z obrazovky vhodnou optikou do nekonečna nebo do zvolené vzdálenosti.

HUD byl původně vyvíjen pro letectví a umožňuje pilotovi sledování přístrojů palubní desky bez ztráty kontaktu s vnější realitou.



Obr. 33. Technologie HUD [26]

Nyní by mohl najít uplatnění v automobilovém průmyslu – při zobrazení informací v řidičově zorném poli. Se zobrazením těchto informací souvisí vývoj další technologie. A to sice průhledného tranzistoru. S jeho pomocí by se daly zobrazit právě výše zmiňované informace, ale díky svým vlastnostem by mohl vylepšit i třeba stávající technologie používané u LCD panelů.

Perspektivně se jeví i displeje v brýlích – HMD (Head Mount Display), systém podobný HUD. Je to vlastně v brýlích vestavěný displej. Jeho kontrast a zaostření je seřízeno tak, aby nebylo potřeba ostřit na předmět ve vzdálenosti pěti cm od očí, ale aby budil dojem klasického monitoru ve vzdálenosti metr od hlavy.

Prozatím má však dva nedostatky – jeho používání doprovází bolest hlavy a především je to drahá technologie.

Jako příklad z budoucnosti, nebo spíše sci-fi lze uvést propojení počítače s nervovou soustavou. Zvláštní sekcí vývoje je pak napojení výstupu z počítače na lidskou nervovou soustavu a generování obrazu tímto způsobem. Ačkoliv výzkumy probíhají a do jisté míry jsou vědci schopni číst jednoduché impulsy a generovat je, na nahrazení a doplnění zraku to zatím přímo nestačí.

ZÁVĚR

Po přečtení textu by mělo být čtenáři jasné, jak se vyvíjely v současnosti nejpoužívanější displeje, na jakých principech pracují, seznámit se s jejich výhodami i nevýhodami. Může také sloužit jako určité vodítko při výběru technologie.

Technologie používané v současné zobrazovací technice a konkrétně u displejů se začaly objevovat již počátkem 17. století – konkrétně prvek fosfor. Vývoj šel neustále kupředu. Ve dvacátých letech minulého století byla představena první televize. Ostatní technologie jak je známe dnes vznikaly v šedesátých a sedmdesátých letech.

Displeje CRT pracují na principu vystřelování elektronů z elektronového děla a následném směrování jejich svazků k obrazovce, kde rozsvítí patřičný luminofor. Paprsek vykresluje body tzv. řádkováním. V současnosti patří ještě mezi nejpoužívanější u monitorů osobních počítačů a televizních obrazovek. Jejich hlavní výhody jsou kvalita obrazu a cena. Nevýhodné jsou zejména pro jejich elektromagnetické vyzařování, spotřebu energie a rozměry.

LCD displeje jsou založeny na technologii tekutých krystalů. Ty regulují průchod světla. Pokud jsou v klidovém stavu, světlo propouští. Po připojení napětí světlo neprojde. Základem zobrazení je pixel. Skládá ze tří subpixelů a každý vyjadřuje jednu ze tří základních barev – tedy červenou, zelenou a modrou (RGB). LCD panely začínají nahrazovat CRT displeje a dá se očekávat, že v nejbližší době je nahradí úplně. Mezi hlavní výhody patří geometrie obrazu, velikost a spotřeba energie. Nevýhodné jsou pro menší pozorovací úhly, nebo podání barev.

Plazmové displeje zobrazují na principu ionizace plynu, vzniku plazmy, ozáření luminoforu a následnému uvolnění světla z něj. Nejpoužívanější jsou televizní obrazovky nebo pro prezentační účely. Výhodné jsou zejména z hlediska podání barev a celkovou kvalitou obrazu. Nevýhodná je jejich spotřeba energie a tzv. vypalování bodů.

OLED jsou tvořeny dvěma elektrodami, mezi kterými jsou uloženy organické luminiscenční látky. Jsou využívány zejména v elektronice, například v mobilních telefonech. Dá se předpokládat, že právě v tomto odvětví nahradí displeje LCD. Kvalita obrazu a fyzické vlastnosti jsou jeho výhody. Životnost barev je dost nevýhodná.

Před měřením každého displeje je nutné zaznamenat některé údaje, například sériové číslo, nebo jeho technickou specifikaci. Prostředí v laboratoři musí splňovat určité normalizované podmínky.

Měření pomocí optické sondy je celkem přesné. Na druhou stranu testování pomocí fotoaparátu není úplně spolehlivé a má spíše informativní charakter.

Vývoj v zobrazovací technice jde neustále kupředu a dá se očekávat, že v současnosti používané technologie budou nahrazeny dalšími. Prosazovat se začínají 3D technologie, které mohou vykreslit obraz zdánlivě před monitor, nebo volně do prostoru. Další technologie e-paper by mohla v budoucnu nahradit noviny, stačilo by místo každodenního kupování jen nahrát a zobrazit potřebné informace. Také je možné propojení počítače s nervovou soustavou a následné nahrazení zraku. Toto už se jeví jako velmi vzdálená budoucnost.

Doufám, že má práce bude pro někoho přínosem a poskytne cenné a využitelné informace.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Technologie tekutých krystalů [online]. 2004 [cit. 2006-04-30]. Dostupný z WWW: <<http://lcdmonitory.computerweb.cz/princip3.php>>.
- [2] Monitory [online]. 2006 [cit. 2006-04-30]. Dostupný z WWW: <<http://poli.cs.vsb.cz/edu/arp/down/monitory.pdf>>.
- [3] PODSTUFKA, Josef . Zrak a monitor počítače [online]. 2003 [cit. 2006-04-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.optics.cz/history/4-2003/texty/zrak.htm>>.
- [4] KOVAČ, Pavel. Technologie LCD panelů [online]. 2005 [cit. 2006-04-30]. Dostupný z WWW: <http://www.svethardware.cz/art_doc-4239E06AD0710C86C125704A004D7807.html>.
- [5] KABÁT, Zdeněk. Technologie: TFT LCD displeje [online]. 2003 [cit. 2006-04-30]. Dostupný z WWW: <http://www.svethardware.cz/art_doc-72E593AEF388EE8BC1256CE700442B8D.html>.
- [6] KABÁT , Zdeněk. Technologie: Plazma displeje [online]. 2003 [cit. 2006-04-30]. Dostupný z WWW: <http://www.svethardware.cz/art_doc97316FFE79ACF4FEC1256DD9003DA19F.html>.
- [7] PELECH, Jiří. Organické displeje přicházejí [online]. 2003 [cit. 2006-04-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.scienceworld.cz/sw.nsf/0/6171A90B36CD2824C1256E970048FAE0?OpenDocument&cast=1>>.
- [8] Acer [online]. 2006 [cit. 2006-04-30]. Dostupný z WWW: <<http://acer.cz/acereuro/page4.do?sp=page3&dau22.oid=12172&UserCtxParam=0&GroupCtxParam=0&dctx1=4&CountryISOCtxParam=CZ&LanguageISOCtxParam=cs&crc=1676868897>>.
- [9] KWOLEK, Jirka. 3x LCD: technologie TN, S-IPS a MVA v praxi [online]. 2005 [cit. 2006-06-07]. Dostupný z WWW: <http://www.pctuning.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=4596&Itemid=47&limit=1&limitstart=0>.

- [10] KOVAČ, Pavel. Nová metodika měření LCD a problematika jasu [online]. 2006 [cit. 2006-05-30]. Dostupný z WWW: <http://www.svethardware.cz/art_doc-FFDE31F6E2022FEFC125714E006939B6.html>.
- [11] KOVAČ, Pavel. Megatest 19" LCD monitorů, část druhá: testy a vyhodnocení [online]. 2006 [cit. 2006-05-30]. Dostupný z WWW: <http://www.svethardware.cz/art_doc-C52407C4D53EC845C12570540054E037.html>.
- [12] KAPRHÁL, Ondřej. Zobrazovací zařízení. [s.l.], 2005. 48 s. PB – Vyšší odborná škola a Střední škola managementu, s.r.o. Vedoucí absolventské práce Milan Randák. Dostupný z WWW: <<http://skola.vydrar.net/AbsolventskePrace/ZobrazovaciZarizeni.pdf>>.
- [13] CRT, LCD a jiné zobrazovací přístroje. Mezi námi [online]. 2006, č. 5 [cit. 2006-04-30]. Dostupný z WWW: <http://www.mezinami.cz/archiv/zdroje/02_06.pdf>.
- [14] DOLEČEK, Jaroslav. Moderní učebnice elektroniky 3.díl : Optoelektronika a optoelektronické prvky. Praha : BEN - technická literatura, 2005. 160 s. ISBN 80-7300-184-5.
- [15] KWOLEK, Jirka. Průvodce plochými panely: TN, IPS, MVA, který je lepší? [online]. 2005 [cit. 2006-04-30]. Dostupný z WWW: <http://www.pctuning.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=4509&Itemid=47&limit=1&limitstart=1>.
- [16] ZÁMEČNÍK, Pavel. Nová technologie LCD displayů [online]. 2006 [cit. 2006-05-30]. Dostupný z WWW: <<http://clanky.katalogmonitoru.cz/nova-technologie-lcd-displayu/>>.
- [17] KŘÍŽ, Pavel. OLED - vycházející hvězda zobrazování [online]. 2005 [cit. 2006-05-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.businessworld.cz/bw.nsf/temata/6BCE8FED374E9608C1257105004FF18B?OpenDocument&cast=1>>.
- [18] ZANDL, Patrick. Budoucnost mobilů: zobrazovací zařízení nejsou jen displeje [online]. 2005 [cit. 2006-05-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.marigold.cz/item/budoucnost-mobilu-zobrazovaci-zarizeni-nejsou-jen-displeje/category/mobilni-site-gsm-gprs>>.

- [19] LAHODA, Jiří. Elektronické zobrazovací jednotky - monitory CRT [online]. 2006 [cit. 2006-06-04]. Dostupný z WWW: <<http://home.zcu.cz/~lahoda/CRT.html>>.
- [20] Amazon.com [online]. 2006 [cit. 2006-05-30]. Dostupný z WWW: <http://www.amazon.com/gp/product/B0002739HM/sr=8-6/qid=1149457685/ref=pd_bbs_6/104-9716251-2159912?%5Fencoding=UTF8>.
- [21] Philips [online]. 2006 [cit. 2006-06-05]. Dostupný z WWW: <http://www.consumer.philips.com/catalog/42/42PF5331_10_webImageFullSize.jpg>.
- [22] PRAD [online]. 2006 [cit. 2006-04-30]. Dostupný z WWW: <http://www.prad.de/en/images/news/oled_structure.jpg>.
- [23] Fraunhofer-Gesellschaft [online]. 2006 [cit. 2006-05-30]. Dostupný z WWW: <http://www.fraunhofer.de/fhg/Images/pi23_fo1g_tcm5-22518.jpg>.
- [24] Czech Computer [online]. 2004 [cit. 2006-05-30]. Dostupný z WWW: <http://www.czechcomputer.cz/art_doc-F141A08FE381806AC1256EED00276434.html>.
- [25] Electronicproducts [online]. 2005 [cit. 2006-04-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.electronicproducts.com/images2/H405IO2E1105.gif>>.
- [26] Philoneist [online]. 2005 [cit. 2006-06-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.philoneist.com/50226711/E-paper-Gets-Thin-Full.jpg>>.
- [27] Luftpiraten [online]. 2006 [cit. 2006-05-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.luftpiraten.de/px/lexikon/hud.jpg>>.
- [28] ČSN EN ISO 13406-2 Ergonomické požadavky na práce se zobrazovacími displeji založenými na plochých panelech - Část 2: Ergonomické požadavky na displeje s plochými panely. 2001.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AMOLED	Active Matrix Organic Light Emitting Diode (organická světloemitující dioda s aktivní maticí).
CCFL	Cathode Fluorescent Lamp (fluorescenční lampa se studenou katodou).
CRT	Cathode Ray Tube (vakuová obrazovka).
DPMS	Display Power Management System (standard pro aktivaci úspor energie).
DSTN	Double Super Twisted Nematic (dvojité natáčení vláknové struktury molekul).
DTP	Desktop Publishing (stolní publikační činnost).
HDTV	High Definition TV (televize vysokého rozlišení).
HMD	Head Mount Display (projekční helma).
HUD	Head-Up Display (průhledový displej).
LCD	Liquid Crystal Display (displej s kapalnými krystaly).
LED	Light Emitting Diode (světloemitující dioda).
MVA	Multi-Domain Vertical Alignment (vertikální orientace).
OLED	Organic Light Emitting Diode (organická světloemitující dioda).
PCM	Pulse Code Modulation (pulsně kódová modulace).
PDP	Plasma Display Panel (plazmový displej).
PMOLED	Passive Matrix Organic Light Emitting Diode (organická světloemitující dioda s pasivní maticí).
PVA	Patterned Vertical Alignment (vertikální orientace).
RCA	Radio Corporation of America (Americká rozhlasová společnost).
RGB	Red-Green-Blue (červená-zelená-modrá).
S-IPS	Super In-Plane Switching (paralelní urovnání).
STN	Super Twisted Nematic (natáčení vláknové struktury molekul).
TFT	Thin Film Transistor (tenkovrstvý tranzistor).

- TN Twisted Nematic (natáčení vláknové struktury molekul).
- VESA Video Electronics Standards Association (Asociace pro standardy videoelektroniky).
- VGA Video Graphics Array (grafické videopole).

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. CRT displej [2]</i>	13
<i>Obr. 2. Princip řádkování [2]</i>	14
<i>Obr. 3. Prokládané řádkování [2]</i>	14
<i>Obr. 4. Delta [18]</i>	16
<i>Obr. 5. Inline [18]</i>	16
<i>Obr. 6. Trinitron [18]</i>	17
<i>Obr. 7. Ukázka monitoru s technologií CRT [19]</i>	18
<i>Obr. 8. Zvětšenina krystalu [14]</i>	19
<i>Obr. 9. Klidový stav – světlo prochází [3]</i>	21
<i>Obr. 10. Stav při napětí – světlo neprochází [3]</i>	22
<i>Obr. 11. Detail LCD obrazovky [4]</i>	23
<i>Obr. 12. Technologie TN [4]</i>	25
<i>Obr. 13. Technologie MVA a PVA [4]</i>	27
<i>Obr. 14. Technologie S – IPS [4]</i>	29
<i>Obr. 15. Monitor s LCD panelem [8]</i>	32
<i>Obr. 16. Schéma uvolnění fotonu z plynového iontu [6]</i>	33
<i>Obr. 17. Schéma jedné buňky plazma displeje [6]</i>	35
<i>Obr. 18. Schéma struktury plazma displeje [6]</i>	35
<i>Obr. 19. Jedna buňka PDP [6]</i>	36
<i>Obr. 20. Televizor s plazma displejem [20]</i>	38
<i>Obr. 21. Struktura OLED [21]</i>	39
<i>Obr. 22. Technologie OLED [22]</i>	42
<i>Obr. 23. Pozorovací úhly [4]</i>	44
<i>Obr. 24. Termíny používané v požadavcích na měřiče</i>	51
<i>Obr. 25. Potenciální měřící místa</i>	53
<i>Obr. 26. Naměřená doba odezvy [9]</i>	54
<i>Obr. 27. Homogenita podsvícení [9]</i>	55
<i>Obr. 28. Měření ideální odezvy [10]</i>	56
<i>Obr. 29. Obrazec pro urč. poz. úhlů [10]</i>	56
<i>Obr. 30. 3D displej [23]</i>	58
<i>Obr. 31. Free Space Display [24]</i>	59

<i>Obr. 32. E-paper [25]</i>	60
<i>Obr. 33. Technologie HUD [26]</i>	61

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Maximální počet chyb určitého typu na milion pixelů</i>	23
<i>Tab. 2. Porovnání technologií</i>	42
<i>Tab. 3. Třídy pozorování</i>	45
<i>Tab. 4. Podmínky ve zkušební místnosti</i>	50
<i>Tab. 5. Požadovaný fotometr a typické parametry</i>	52