

Technologie zobrazování

Úvod

Poměrně rozsáhlá otázka o jednotlivých typech displejích a jejich vlastnostech. Doporučuji si prostě vybrat nový monitor na CZC.CZ nebo na jiných portálech. Prostě si projděte recenze a zjistěte si co je pro vás nejlepší. Podle mě nejtěžší.

Monitory

Je základní výstupní zařízení počítače, které zobrazuje grafické a textové informace. Je většinou připojen s počítačem pomocí grafické karty, od které dostává data.

Televizor – monitor vybaven vysokofrekvenčním vstupním obvodem (tunerem), k němuž nelze připojit anténu.

Druhy

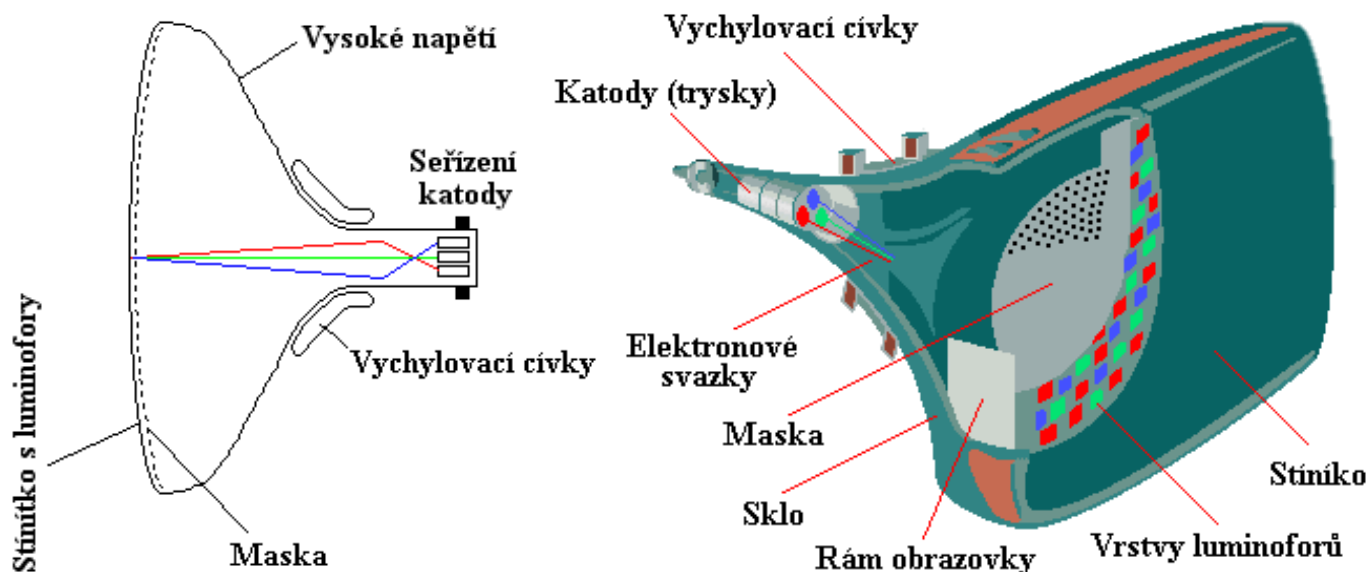
- Obrazovka (CRT) – využívá speciální katodovou trubici
- LCD (tekuté krystaly) – skládá se z pixelů před zdrojem světla
- Plazma - malé buňky s elektricky nabitými částicemi ionizovaného plynu
- LED – pole diod
- OLED – vrstvy organické látky
- SED - nanoskopické elektronové emitory k aktivaci barevného fosforu a vytvoření obrazu

CRT Cathode-ray tube

Jeden z prvních monitorů vůbec, který využívá trojici katod, které emitují elektronové paprsky, které jsou pomocí jednotlivých mřížek taženy až na stínítko obrazovky. Na zadní straně stínítka jsou luminofovy ve třech základních barvách - Red, Green, Blue – aditivní skládání barev.

Princip

Elektronové dělo se zahřeje na vysokou teplotu, a to vystřelí jednotlivé proudy elektronů, které mají záporný náboj. Počet těchto elektronů je regulován mřížkou, které propustí požadované množství. Poté jsou elektrony nasměrovány přes vychylovací a zaostřovací cívký, aby se při dopadu na stínítko křížili v přesných bodech. K jejich setkání dojde u masky obrazovky, kde se prokříží a dopadnou na své luminofovy. Vždy osvětluje jen jeden pixel, ale je to v takové rychlosti že to nerozpoznáme.



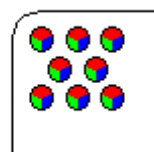
Části

- Elektronové dělo – generuje záporné elektrony
- Stínítko s luminoforem- obsahuje luminofor, převádí energii dopadajícího elektronu na světlo, tři barvy - RGB
- Vychylovací cívký – kombinují jednotlivé paprsky elektronů a tím dosahují určitých barev a intenzity.
- Maska – kvůli záporným elektronům, které se mohou odpuzovat (rozostření), maska je doostří přesně.

Typy

Delta (Tři elektronová děla)

Jednotlivé otvory v masce jsou kruhové a jsou uspořádány do trojúhelníků (velké písmeno delta). Stejným způsobem jsou uspořádány i luminofoxy 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, což bylo později vylepšeno.



Inline

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



Trinitron (Jedno elektronové dělo)

Jejich luminofoxy jsou naneseny v řadě vedle sebe podobně jako u obrazovky typu Inline. 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 sami neudrží vzpřímeně. Tento se řeší dvěma způsoby:

- Monitory - natažením dvou vodorovných drátů (cca v jedné třetině a dvou třetinách výšky obrazovky) přes obrazovku. Tyto dráty jsou potom bohužel na obrazovce vidět (hlavně na světlém pozadí)
- Televizory - silnějšími pásy masky. Maska pak působí o něco hrubším dojmem. (Obraz není čistý)

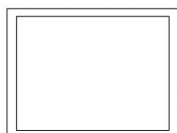


Croma-Clear

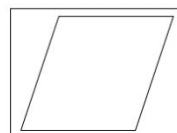
Jedná se vlastně o spojení technologie Delta a Trinitron. Maska je pevná a děrovaná, jako u obrazovky Delta, otvory jsou ovšem větší, hranaté a obdélníkové, takže jednotlivé body RGB jsou umístěny v řadě, jako v případě typu Trinitron. Díky těmto vlastnostem je Croma Clear ideálním kompromisem.

Poruchy obrazu

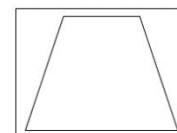
Obraz může být u CRT je velmi citlivý, ale je složité ho poškodit trvale. Můžou se seřídít a některé problémy s obrazem lze tímto způsobem vyřešit (Tlačítka na monitoru). Vyrušit je lze i obyčejným magnetem.



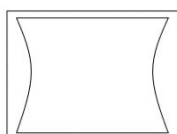
Ideální obraz



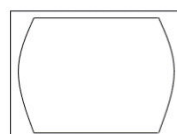
Rovnoběžníkovitost
(Parallelogram)



Lichoběžníkovitost
(Trapezoid)



Poduškovitost
(Pincushion)



Soudkovitost



Posunutí
(Shift)

Parametry

- Barva
 - Monochromatické – pouze odstíny jedné barvy (bílá, oranžová, zelená)
 - Barevné – více barev současně
- Barevná bitová hloubka – na rozdíl od ostatních typů není omezená
- PPI – Pixel per Inch – Body (Pixely) na palec – hustota pixelů
- Velikost obrazu, Uhlopříčka, Rozlišení
 - 14“, 15“ – monitory dělané pro textový výstup (800x600)
 - 17“ – monitory pro práci s grafickými programy (1024x768 - 1280x1024)
 - 19“ – 21“ – vhodné pro profesionální práci
- Maximální rozlišení obrazovky – počet pixelů, který monitor dokáže maximálně zobrazit, souvisí s velikostí (většinou tak jak je udáno výše)
- Poměr stran – většinou bylo 4:3
- Obnovovací frekvence - obnova obrazovky
 - Horizontální frekvence [kHz] – udává kolik vykreslí řádků za jednu sekundu
 - Vertikální frekvence [Hz] – udává kolik je možné obnovit snímků za sekundu
- Prokládaný režim – pokud monitor nedokáže používat vysoké frekvence s vysokým rozlišením, nejdříve vykresluje všechny liché čáry a potom sudé (působí na oko lépe)
- Ovládání – ovládání monitoru (jas, kontrast, geometrie obrazu) – Analog, Digital, On-Screen display, (Dálkové)
- Odzrcadlení – leptáním či zdrsněním stínítka se zabraňuje odrazům světla v monitoru
- Flat screen – malé, nebo jen velmi malé zakřivení
- Demagnetizace masky – vlivem magnetického pole může dojít k znečištění barev
 - Automatická – AI 3000 full automat to chceš (Actually, při zapnutí monitoru)
 - Manuální – z nastavení
- Spotřeba [W] – kolik energie monitor spotřebuje
- Rozhraní - VGA, SCART, Component

Monitory FS – Full Screen – monitor je schopen využívat celou obrazovku, nejsou žádné černé okraje

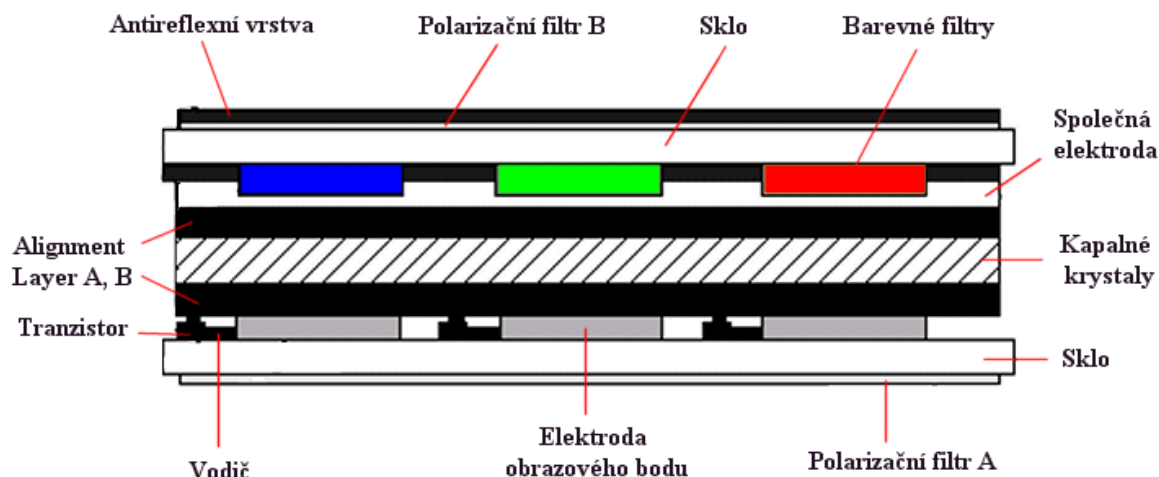
LCD Liquid Crystal Display

Ploché a malé zobrazovací zařízení, které se skládá z počtu barevných nebo monochromatických pixelů. Každý pixel obsahuje tekuté krystaly, které s podsvícením vytváří barvy (propouští světlo skrz). Jsou toxické.

První displeje používáme doteď. Můžeme je vidět např. na kalkulačkách či jednoduchých čidlech. Vyžadují malé množství energie a lze některé napájet přes baterii.

Princip

Podsvícení vyzařuje bílé světlo, které prochází dvěma polarizačními filtry otočených od sebe o přesně 90° (jeden zabraňuje světlu průnik horizontálně a druhý vertikálně). Za normální okolností by takto neprošlo žádné světlo, a proto se mezi tyto polarizační filtry vkládají tekuté krystaly. Tyto krystaly otáčejí světlo zpět o 90° díky alignment layers, která jsou umístěná nad a pod krystaly. Tyto alignment layers jsou řízeny transparentní elektrodami, které regulují intenzitu – kolik světla pustí skrz (technicky řídí krystaly, jak se mají naklánět). Následně se nám toto světlo promítne na displej, jinak řečeno vznikne sub pixel. Tři tyto krystaly dají dohromady 1 pixel.

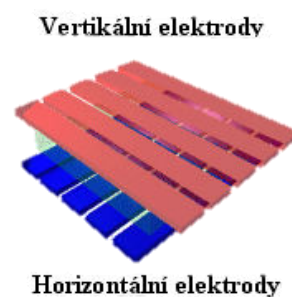


Dělení

- **Pasivní** – založené na technologii Dual Scan
Dnes se již nepoužívají, kvůli horší ostrosti obrazu, nečistému obrazu, podsvícení, kontrastu a odezvě. Pro adresaci jednotlivých obrazových bodů je používána síť vertikálních a horizontálních transparentních vodičů. Nedokáží rychle reagovat a tím pádem nejsou vhodné na filmy ani hry.

Dual Scan Dual-Scan Supertwist Dematic (DNTN)

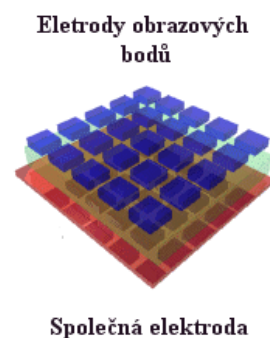
Vyvinutý mechanismus za účelem eliminace negativních vlivů. Panel byl rozdělen na 2 části a pixely byly zobrazovány paralelně – vyšší refresh rate.



- **Aktivní** - založené na technologii TFT
Pro adresaci jsou k jednotlivým elektrodám jsou vedeny vodiče mezi obrazovými body. Natočení krystalů je složitější a má větší setrvačnost a spotřebu energie.

TFT Thin-Film-Transistor (Liquid-Crystal Display)

Technologie (neplést s TN), kterou používají všechny aktivní LCD displeje. Zlepšuje kvalitu obrazu a kontrast.



Bodově

1. Zdroj bílého světla – generuje světlo, jak podsvícení, tak světlo pro barvu pixelů
2. První polarizační deska – Usměrní světlo, aby bylo polarizováno jen jedním směrem
3. Elektrody, mezi kterými je elektrické pole – Regulují intenzitu krystalů a tím vytvářejí přesnou barvu pixelu.
4. Thin-Film-Transistor LCD – Krystaly, které otáčejí světlo zpět, aby prošli polarizační deskou, jenže jejich intenzita (zapnutí/vypnutí jako moc propouští) je kontrolována transparentními elektrodami
5. Druhá polarizační deska – Je natočen od předchozího filtru o 90°, zabraňuje znovu neotočenému světlu postup
6. Barevný filtr (RGB) – používán k přeměně světla na jednu ze tří barevných složek, pro vytvoření pixelu jsou potřeba 3 tyto konstrukty

Technologie

Typ výrobní technologie ovlivňuje hlavně barvy, pozorovací úhly, jas a kontrast a odezvu. Je to jeden z nejdůležitějších parametrů u aktivních LCD monitorů.

TN Twisted Nematic

Panel TN patří k základním nejstarším panelům na trhu. Je nejlevnější. Má především dobrý kontrast a rychlou odezvu a refresh rate. Proto je používán hlavně profesionálními hráči, kteří na něm dokáží zobrazit více jak i 240Hz (240FPS). Má ale špatné barvy a pozorovací úhly (barevná deformace).

IPS (PLS) In-Plane Switching

Tento panel je používán především lidmi, kteří potřebují věrné podání barev za všech pozorovacích úhlů. Bohužel je o něco pomalejší, a proto má vyšší odezvu (kolem 5ms) a průměrné refresh rates. Nedokáže zobrazit věrnou černou kvůli nižší kvalitě kontrastu a jasů. PLS je ta samá technologie akorát od Samsungu.

xVA (MVA, PVA) Multi-Domain resp. Patterned vertical alignment

Snaha o kompromis mezi zmíněnými typy. Poměrně střední rychlost odezvy a refresh rate (TN lepší) a slušné podání barev (IPS lepší). Velmi dobrý kontrast a černá barva.

Druhy displejů a podsvícení

- Reflexní displej – nemá vlastní podsvícení, pouze odráží odpadnuté světlo, malá spotřeba energie
- Transmisivní displej – tento typ neutilizuje odražené světlo, ale pouze spoléhá na svoje podsvícení (i ve tmě)
- Trans-reflexní displej – kombinace variant
- CCFL podsvícení – tenké svítivé trubice, nerovnoměrné
- LED podsvícení – mřížka LED diod, úspora energie a větší životnost, rovnoměrné

Srovnání LCD a CRT

Parametr	CRT		LCD (TFT)	
Jas	☹	80 – 120 cd/m ²	☺	170 – 300 cd/m ²
Kontrast	☹	350:1 – 700:1	☺	150:1 – 1500:1
Pozorovací úhel	☺	více než 170°	☹	90° – 178°
Chyby konvergence	☹	0,2 – 0,3 mm	☺	žádné
Ostrost	☹	uspokojivé–velmi dobré	☺	velmi dobré
Geometrie obrazu	☹	možné chyby	☺	perfektní
Chybné (defektní) pixely	☺	žádné	☹	až 8 chyb. pixelů
Vstupní signál	☹	pouze analogový	☺	analogový i digitální
Možná rozlišení	☺	libovolné	☹	dáno HW / interpolace
Vyladění barev	☺	foto kvalita	☹	uspokojivé
Jednotnost jasu	☹	občas jasnější uprostřed	☹	podle podsvícení
Čistota (kvalita) barev	☺	velmi dobrá	☹	průměrná
Mihotání (blikání) obrazu	☹	žádné nad 75 Hz	☺	žádné
Ovlivnitelnost mag. polem	☹	závisí na odstínění	☺	žádná
Rychlost odezvy pixelu	☺	nepozorovatelná	☹	2 – 30 ms
Spotřeba elektrické energie	☹	60 – 160 W	☺	25 – 50 W
Rozměry/hmotnost	☹	větší	☺	menší

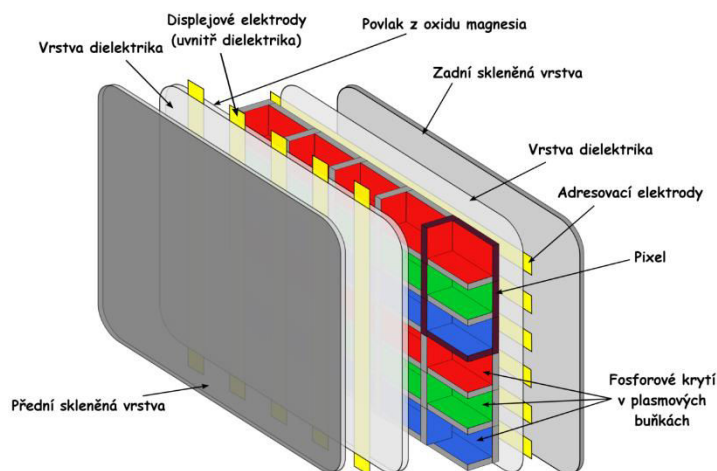
Plasma (PDP) Plasma Display Panel

Další druh zobrazovacího zařízení. Plasma využívá elektrického výboje v ionizovaném plynu o nízkém tlaku. Na trhu byly nahrazeny LCD a OLED displeji.

Princip

Plasma používá horizontální a vertikální vrstvy průhledných vodičů, které jsou k sobě natočené podobně jako polarizační filtry. Jsou velmi blízko u sebe, ale mají mezi sebou malou mezeru. Display kontroluje jednotlivé vodiče a vytváří mezi nimi napětí (200 V). Když je napětí mezi vodiči velké plyn ionizuje a vytváří se plasma. Výboj je ihned zastaven, ale po změně polarity ionizace pokračuje. Po vzniku plazmatu získají nabité 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. Toto světlo svítí na luminofory, který potom vyzařují viditelné světlo. V každém pixelu jsou tři různé barevné luminofory, jejichž kombinací vzniká výsledná barva.



Části PDP

1. Přední skleněná deska (tenká) - pouze ochranné účely
2. Horizontální elektrody - scan electrode a sustain electrode
3. Izolační vrstva (dielektrikum) - odděluje obě elektrody
4. Vrstva MgO - chrání izolační vrstvu před bombardováním ionty, zastavuje ionizaci
5. Obrazové buňky - každý pixel tři buňky v základních barvách RGB, buňky vyplněny inertním plynem (Ne, Xe, Ar)
6. Datové (adresové, vertikální) elektrody - kolmo na displejové elektrody, každá buňka má jednu datovou elektrodu
7. Zadní skleněná deska - pouze ochranné účely

Problém

Intenzitu elektrického výboje nelze plynule ovládat, a tak nelze ovládat odstíny barev, proto jsou vytvářeny rychlým rozsvěcováním a zhasínáním příslušných obrazových buněk v různých dlouhých intervalech.

Závěr

PDP technologie se již nepoužívá a na trhu je už nekoupíte. Byl to ale krok kupředu pro menší a lepší televizory s opravdu dobrou čistotou barev a dobrým pozorovacím úhlem, ale ně až tak kvalitní jas a kontrast. Bohužel časem se tyto barvy vypalovali (docházel plyn). Monitor měl vekou spotřebu a zahříval se.

LED Light-Emitting Diode

LED je zobrazovací zařízení, které pomocí LED diod, pokrývajících celou plochu obrazovky, zobrazují grafické informace.

Princip

LED obrazovka je postavena na principu aditivního sčítání barev, kdy každý pixel obrazovky tvoří trojice LED - červená, zelená a modrá. Při sledování velkoplošné LED obrazovky z určité vzdálenosti barevný svit všech tří LED splyne díky omezené rozlišovací schopnosti lidského oka a pozorovatel ho vnímá jako jeden barevný bod. Čím větší je rozteč mezi jednotlivými LED, tím větší je i minimální pozorovací vzdálenost.

Části LED

- Stínítka - jsou výstupky tvořící stříšku nad LED, která zabraňuje dopadu slunečního záření a chrání před mechanickým poškozením
- Černý podklad - optimální podmínky pro maximální využití barevné škály a intenzity vyzařovaného světla

Závěr

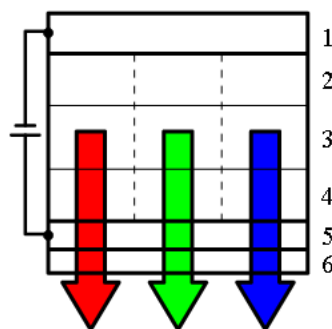
LED panely jsou využívány hlavně jako reklamní poutače či zobrazovače jiných informací. Jako normální uživatel, kvůli jejich rozpětí bychom je nedokázali využít. Neplést LCD monitor s LED podsvícením a LED monitor. Mají vysokou obnovovací frekvenci (až 600 Hz).

OLED Organic Light-Emitting Diode

Zobrazovací zařízení, které využívá technologii organických elektroluminiscenčních diod. Jinak jsou vylepšenou verzí LED.

Princip

Mezi průhlednou anodou a kovovou katodou je několik vrstev organické látky. V momentě, kdy se do organické látky pustí proud tak svítí. Nemají žádné podsvícení.



Typy

- AMOLED (Aktivní matrice) – Podobně jako u TFT LCD řízení každého pixelu vlastními tranzistory (pro zobrazování videa, grafiky). Mají rychlou odezvu, široké pozorovací úhly, nízkou spotřebu energie a ostré zobrazení barev. Displeje AMOLED dokážou dokonale ztvárnit černou barvu. Tím vynikne celkový kontrast. Nevýhodou je vyšší cena a kratší životnost - oproti LED displejům až o půlku kratší.
- PMOLED (Pasivní matrice) - Mají mříž vodičů (především pro text a statické obrazy)
- FOLED (Flexibilní OLED) – display může být ohýbán, složen i srolován
- TOLED (Transparentní OLED) – složen z transparentních materiálů

Závěr

OLED displeje jsou zatím nejlepším řešením obrazovek v dnešní době. Jsou energicky nenáročné, mají nízkou odezvu, velikost. Je možné je i ohnout. Jejich barevnost a pozorovací úhly jsou nejlepší ze všech kategorií. Mají ale krátkou životnost a jako první se začne ztrácet modrá.

Parametry

- Úhlopříčka ["] – velikost displeje monitoru, s větší velikostí klesá DPI (menší kvalita) při stejném rozlišení
- Poměr stran [4:3, 16:10, 16:9, 21:9] – poměr výšky a šířky monitoru
- Rozlišení obrazovky [px] – čím větší, tím detailnější obraz, dnes běžně FullHD
- Jas [cd/m^2] (okolo 300 cd/m^2) – platí čím vyšší hodnota, tím lépe, kdykoliv lze softwarově snížit
- Kontrast - statický alespoň 1000 až 1500:1, dynamický může dosahovat až stovek tisíc
- Odezva [ms] – čím menší odezva tím lepší, důležité hlavně pro hráče – vede k ghostingu
- Pozorovací úhly [°] - Čím blíže ke 180°, tím lépe, značí, kdy se začnou deformovat barvy
- Obnovovací frekvence [Hz] – značí za jak dlouho monitoru trvá, než se obnoví, můžeme říct, že nám říká, kolik FPS je možná zobrazit na daném monitoru
- Typ panelu – TN, IPS, PLS, xVA, AMOLED
- Konektory - možnost digitálního připojení monitoru.
- Lesklý vs. Matný vs. Anti-reflexní - Většina LCD monitorů dnes nabízí lesklé provedení. Tyto obrazovky mají mnohem lepší podání barev. Nevýhodou je náchylnost na odlesky na slunci. Antireflexní displeje představují kompromis mezi matnými a lesklými displeji. Redukují odlesky osvětlení a zároveň mají kvalitní obraz.

Konektory

- D-Sub (DB-15) – analogový, u starších karet
- DVI – digitálně/analogový, DVI-I (digital & analogue), DVI-D (digital-only), DVI-A (analogue-only)
- S-Video - Používá konektory miniDIN se čtyřmi (méně častěji sedmi) vývody, analogový
- Kompozitní – využívá RGB, přenáší je jedním vodičem
- Komponentní – používá YUV což je jasový signál a dva barvonosné signály, kdy třetí barva se z těchto signálů vypočítává
- HDMI – digitální, přenos zvuku i videa, možnost 4K, mnoho verzí konektorů, zpětně kompatibilní
- DisplayPort – digitální, přenos zvuku i videa, 128bit šifrování, zpětně kompatibilní
- Thunderbolt 3 – po jednom kabelu 2 4K monitory o 60Hz, USB-C, zpětně kompatibilní

Projektory

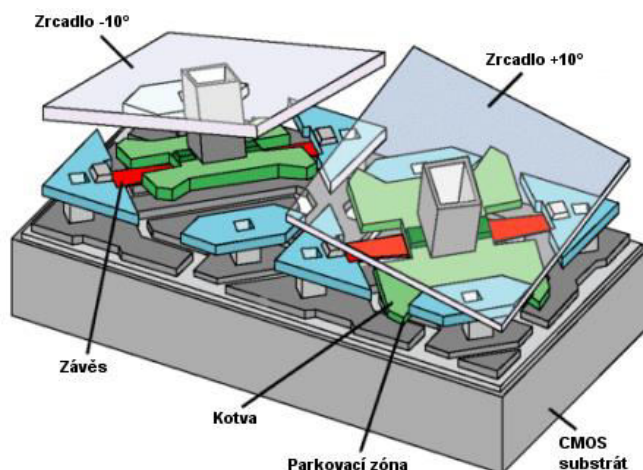
Vstupní zařízení pro přenos dat na plátno z různých zdrojů dat (PC, telefon, DVD přehrávač ...)

CRT projektory

Jsou hodně podobné s CRT principem již zmiňovaným dříve. Mají 3 trubice pro každou barvu (RGB). I při trvalém provozu dosahují vysoké životnosti, kvalitní barvy a vysoké rozlišení. Bohužel tak jako u monitorů je nutné seřizování. Má velké rozměry a hmotnost. Nižší životnost. Lampa se déle zahřívá. Už se nepoužívá. Barvy se skládají až na plátně.

DLP Digital Light Processing

Tato technologie využívá mechanická zrcátka v DMD čipu - čip který přepíná barvu pixelu svým natočením ($\pm 10^\circ$ do dvou různých poloh). Světlo buď prochází anebo je odraženo do



pohlcovače. Není vidět rastr jako například u LCD projektorů.

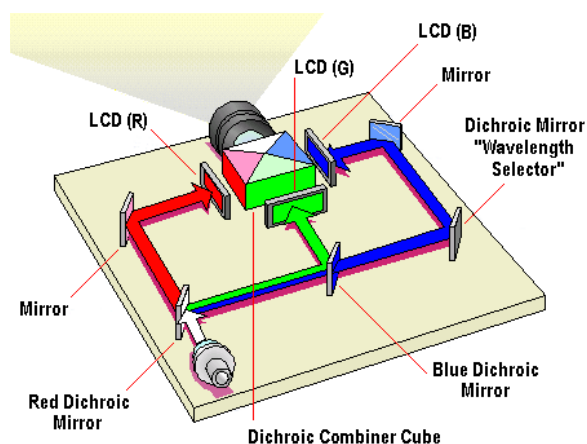
- Jednočipové – Jeden čip na všechny barvy, menší rozměry a váha, při rychlé změně duhový efekt
- Tříčipové – Na každou barvu jeden čip, dobrý světelný kontrast a výkon

LCD

Světlo dopadá z lampy na 3 LCD panely (soustava si je rozdělí na RGB). Nejčastější technologie, protože netrpí duhovým efektem a tím pádem jsou na něm rychlé pohyby (filmy) zobrazitelné. Není hlučný jako DLP a CRT. Má nižší kvalitu barev než DLP a je vidět rastr. Při stárnutí se snižuje kvalita.

LED

Je to stejný projektor jako DLP, ale místo lampy jsou použity LED diody. Má nižší spotřebu, rozměry a váhu. Nízká světelnost.



Parametry

- Rozlišení [px] – počet pixelů, které projektor dokáže zobrazit, 1920 x 1080 (FullHD)
- Poměr stran – 4:3, 16:10, 16:9
- Jas [cd/m^2] - platí čím vyšší hodnota, tím lépe, kdykoliv lze softwarově snížit
- Projekční vzdálenost [m] – vzdálenost od plátna
- Hlučnost – jak je projektor hlučný za nízkého a vysokého
- Velikost promítací plochy ["] – na jak velkou plochu je schopen promítat
- Kontrast - statický alespoň 1000 až 1500:1, dynamický může dosahovat až stovek tisíc
- Hmotnost a velikost – těžká kráva
- Životnost výbojky [H] – Jak dlouho dokáže být projektor schopný fungovat, s nízkým a vysokým jasem
- Technologie – CRT, DLP, LCD, LED
- Výrobce, cena, spotřeba

Zdroje

1. [https://cs.wikipedia.org/wiki/Monitor_\(obrazovka\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Monitor_(obrazovka))
2. <https://cs.wikipedia.org/wiki/Obrazovka>
3. https://cs.wikipedia.org/wiki/Katodov%C3%A1_trubice
4. https://cs.wikipedia.org/wiki/Personal_Digital_Assistant
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_monitor
6. https://cs.wikipedia.org/wiki/Displej_z_tekut%C3%BDch_krystal%C5%AF
7. https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid-crystal_display
8. <https://cs.wikipedia.org/wiki/OLED#Princip>
9. https://cs.wikipedia.org/wiki/Plazmov%C3%A1_obrazovka
10. <http://home.tiscali.cz/edison/jf/nov%E1%20slo%9Eka/urychlo.html>
11. https://www.idnes.cz/technet/pc-mac/jak-funguje-monitor-crt.A030917_5233390_hardware
12. https://www.idnes.cz/technet/pc-mac/davate-prednost-lcd-nebo-klasickym-monitorum.A030901_5232411_hardware
13. <http://www.dmp.spsei.cz/steblo/crt.html>
14. http://1kspa.cz/kladno/dokumenty/stud_materi%C3%A1ly/hwd/Princip_obrazovky.pdf
15. https://www.wikiskripta.eu/w/CRT_obrazovka
16. https://en.wikipedia.org/wiki/Shadow_mask
17. <https://en.wikipedia.org/wiki/Trinitron>
18. https://cs.wikipedia.org/wiki/Displej_z_tekut%C3%BDch_krystal%C5%AF
19. <https://en.wikipedia.org/wiki/LCD>
20. https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_CRT,_LCD,_Plasma,_and_OLED_displays
21. https://cs.wikipedia.org/wiki/Displej_z_tekut%C3%BDch_krystal%C5%AF
22. <http://fyzika.jreichl.com/main/article/view/523-displej-z-kapaln%C3%BDch-krystal%C5%AF>
23. <https://www.svethardware.cz/technologie-lcd-panelu/14465-2>
24. <https://www.svethardware.cz/tekute-krystaly-jak-to-vsechno-zacalo/12311>
25. https://www.idnes.cz/technet/pc-mac/jak-funguje-lcd.A030910_5233001_hardware
26. <https://mobilizujeme.cz/clanky/jak-funguji-lcd-displeje-a-cim-se-lisi-vedecke-okenko>
27. <https://www.youtube.com/watch?v=k7xGQKpQAWw>
28. https://en.wikipedia.org/wiki/Thin-film-transistor_liquid-crystal_display
29. https://cs.wikipedia.org/wiki/Displej_z_tekut%C3%BDch_krystal%C5%AF
30. https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid-crystal_display
31. <https://en.wikipedia.org/wiki/TFT>
32. <https://books.google.cz/books?id=JxWPzriNJ9cC&pg=PA77&lpg=PA77&dq=pasivn%C3%AD+LCD&source=bl&ots=hVwNoJn&sig=ACfU3U0crBMTadQGgOsfjgC3PiKpML6Cjw&hl=en&sa=X#v=onepage&q=pasivn%C3%AD+20LCD&f=false>
33. http://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IPZ/public/texty/rok2012/predn_lcd.pdf
34. https://www.idnes.cz/technet/pc-mac/jak-funguje-lcd.A030910_5233001_hardware
35. <https://electronics.howstuffworks.com/lcd4.htm>
36. https://en.wikipedia.org/wiki/Passive_matrix_addressing
37. https://en.wikipedia.org/wiki/Dual_Scan
38. [https://en.wikipedia.org/wiki/Thin-film-transistor_liquid-crystal_display#Patterned_vertical_alignment_\(PVA\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Thin-film-transistor_liquid-crystal_display#Patterned_vertical_alignment_(PVA))
39. <https://en.wikipedia.org/wiki/PVA>
40. <https://www.euronics.cz/jak-vybrat-lcd-monitor/an-18-0/>
41. <https://cs.wikipedia.org/wiki/%C3%9Ahlop%C5%99%C3%AD%C4%8Dka>
42. <https://en.wikipedia.org/wiki/Cromaclear>
43. [https://plus4u.net/ues/sesm;jsessionid=DB7078EC3F6EBE43FB31B0F55AD7165A.0tcde20?REQID=DvqcsIPFOnw=&WINID=25wx&action=ues_v5.core_v1.cont_v1.sheet_v1.controller.C109035BDORoot\\$showSheet:acSelf@2-102&SessFree=ues%253ASSPS-BT%255B98234766872033686%255D%253AHAR-IT%255B40813871723083422%255D%253A47006321582434306%255B47006321582434306%255D&ref=ues%3ASSPS-BT%255B98234766872033686%255D%253AHAR-IT%255B40813871723083422%255D%253A47006321582434306%255B47006321582434306%255D](https://plus4u.net/ues/sesm;jsessionid=DB7078EC3F6EBE43FB31B0F55AD7165A.0tcde20?REQID=DvqcsIPFOnw=&WINID=25wx&action=ues_v5.core_v1.cont_v1.sheet_v1.controller.C109035BDORoot$showSheet:acSelf@2-102&SessFree=ues%253ASSPS-BT%255B98234766872033686%255D%253AHAR-IT%255B40813871723083422%255D%253A47006321582434306%255B47006321582434306%255D&ref=ues%3ASSPS-BT%255B98234766872033686%255D%253AHAR-IT%255B40813871723083422%255D%253A47006321582434306%255B47006321582434306%255D)
44. https://cs.wikipedia.org/wiki/Plazmov%C3%A1_obrazovka
45. https://en.wikipedia.org/wiki/Plasma_display
46. <https://cs.wikipedia.org/wiki/OLED>
47. https://en.wikipedia.org/wiki/Surface-conduction_electron-emitter_display
48. https://cs.wikipedia.org/wiki/LED_obrazovka
49. https://en.wikipedia.org/wiki/Contrast_ratio