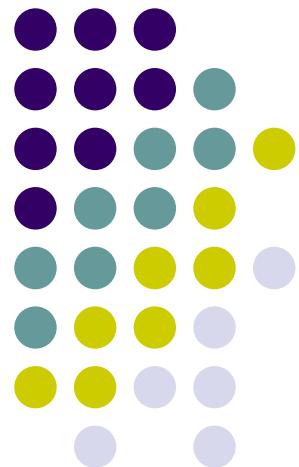


Displeje Monitory





- Displeje a monitory jsou nejdůležitějším výstupním zařízením počítače
- Jejich úkolem je převést vstupní elektrický obrazový signál na viditelné snímky
- Většina dnešních zobrazovacích zařízení tvoří obraz **rastrově** – obraz je tvořen maticí bodů (pixelů)
- Vektorový způsob zobrazování používají pouze speciální systémy (vojenská, lékařská technika)



- Nejdůležitější parametry zobrazovacího zařízení
 - Princip vzniku obrazu (CRT, LCD, OLED...)
 - Velikost (obvykle je udána jako úhlopříčka v palcích) a poměr stran
 - Rozlišení (počet obrazových bodů)
 - Počet zobrazitelných barev
 - Jas
 - Kontrast
 - Obnovovací frekvence (počet zobrazených snímků / s)
 - Typ vstupního signálu (VGA, DVI, HDMI, PAL, DVB...)
 - Životnost
 - Elektrický příkon



Barvy

- Nejjednodušší displeje jsou **binární monochromatické** – pixel buď svítí nebo je zhasnutý (dnes například kalkulačka nebo digitální hodinky)
- **Grayscale monochrome** - lepší monochromatické displeje umožňují nastavení jasu jednotlivých pixelů – všechny pixely měly stejnou barvu, ale mohly mít rozdílný jas – například černobílá TV obrazovka (bod není buď černý nebo bílý, ale lze rozlišit mnoho stupňů šedi)
- Všechny moderní displeje umožňují **barevné zobrazení**



Binární monochromatický



Monochromatický s
nastavením jasu pixelů



Barevný



RGB

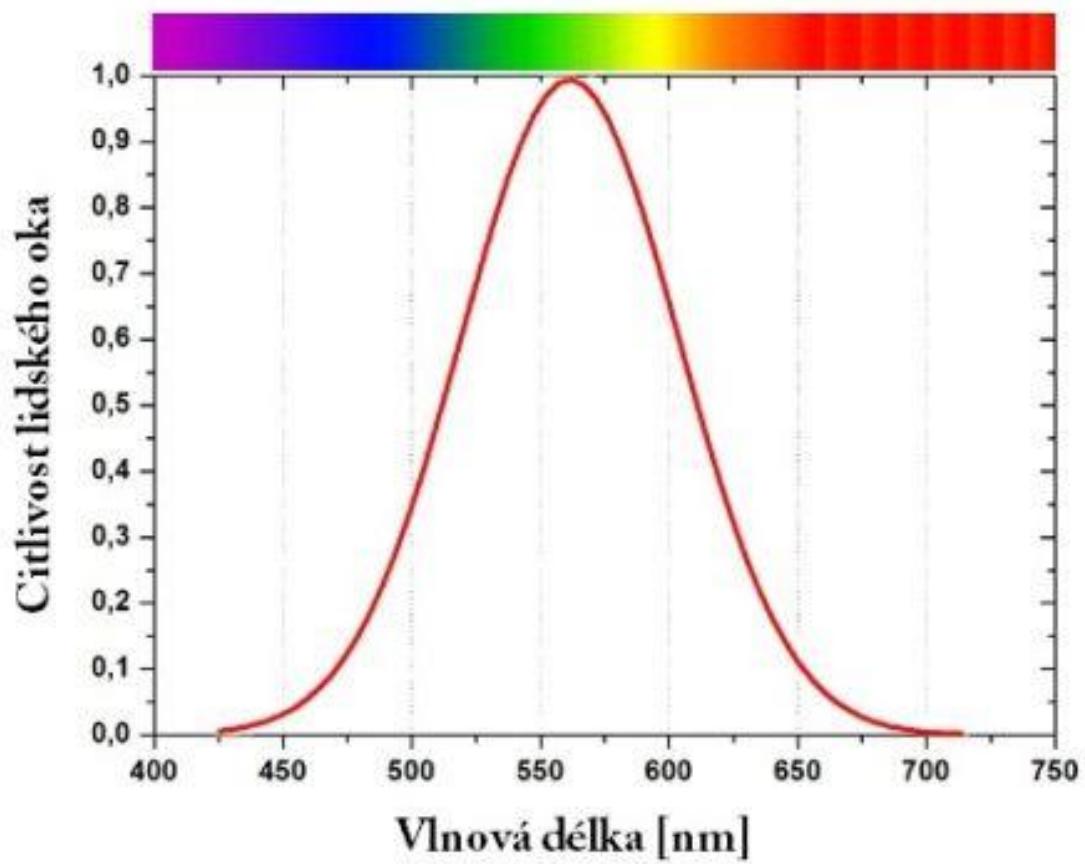
- Barevné CRT televizní obrazovky byly prvním elektronickým zobrazovacím zařízením, které vytvářelo barvu mícháním tří barevných komponent
- Vznikl tzv. **RGB model**
- Dodnes prakticky všechny počítačové monitory a displeje využívají RGB
- Pixel je tvořen třemi samostatnými subpixely – červeným, zeleným a modrým



RGB

- Každá barva je udána poměrem tří základních barev – komponent
- Základní bary mají vlnové délky 630 (R), 530 (G) a 450 (B) nm
- R – Red , červená
- G – Green , zelená
- B – Blue , modrá
- **Aditivní model** – barva vzniká součtem (smícháním základních barev)
- Výsledná intenzita se rovná součtu intenzit jednotlivých složek
- Lidské oko je na každou ze tří základních barev citlivé různě
- Největší intenzitou je vnímána barva zelená o vlnové délce 555nm
- Pokud se vlnová délka světla oddaluje od 555nm, klesá tím relativní vnímaná intenzita
- Na červené světlo s vlnovou délkou 630 nm je lidské oko asi 4x méně citlivé než na zelené
- Na modré světlo s vlnovou délkou 450 nm je lidské oko asi 2x méně citlivé než na zelené

RGB





RGB

- složením všech tří barev – červené, zelené a modré vzniká **bílá barva**
- Podle poměru červené a modré složky může mít bílá barva různou „teplotu“





Barevná hloubka

- Celkový počet barevných odstínů, které umí zobrazovací zařízení zobrazit, je dán počtem bitů, které nesou informaci o intenzitě tří základních složek
- V současné době je nejběžnější barevnou hloubkou tzv. **TrueColor** – informace o barvě je **24-bitová**, což umožňuje zobrazení 2^{24} barevných odstínů (tj. 16.7 milionů barev)
- 24 bitů = 8 + 8 + 8 bitů
- Jas každé ze tří barevných složek (R G B) je reprezentován **osmibitově** (hodnotou 0-255)
- Lidské oko **není schopné rozlišit** od sebe dvě „sousední“ barvy
- Přesto existují barvy, které oko umělo rozpoznat, ale RGB mícháním jsou nezobrazitelné – RGB mícháním lze vyrobit libovolný odstín ale již ne jeho libovolnou intenzitu
- Např. nikdy nelze zobrazit čistou modrou barvu s takovou intenzitou jako čistě bílou (protože bílá vznikne součtem plných jasů všech tří barevných složek a maximálně jasná čistá modrá je pouze R0 G0 B255 – tzn. pouze třetinový jas oproti bílé)
- Stejně tak např. žlutou barvu lze zobrazit „svítivější“ než červenou , protože žlutá vznikla smícháním červené a do toho ještě svítící zelené



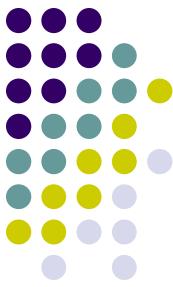
Barevná hloubka

- LCD TN displeje (povíme si o nich později) používají pro intenzitu každé ze tří barevných složek pouze 6 bitů (zde použité tekuté krystaly umí prostě pouze 64 fází)
- Levné LCD TN displeje tedy dokáží zobrazit pouze 2^{18} různých barev
- Barevné hloubky TrueColor výrobci TN LCD displejů dosahují různými triky (např. dithering), aby pak mohly ve specifikaci svých výrobků uvádět falešné údaje o 16 mil. barvách
- Lidské oko je však i tak schopno dobře rozpoznat nízkou barevnou hloubku LCD TN panelů
- Profesionální displeje dnes používají 10-bitové hodnoty pro každý barevný kanál - tzn. dokáží nastavit 1024 (2^{10}) různých intenzit každé barevné složky a výsledně lze namíchat 2^{30} barevných odstínů



Závislost datová hodnota - jas

- Jas pixelu je v počítači uložen jako číslo
- Monitor musí rozsvítit obrazový bod intenzitou odpovídající hodnotě jeho jasu
- Jak hodně má svítit pixel, jehož jas je popsán hodnotou 20 ?
- Jak hodně má svítit pixel, jehož jas je popsán hodnotou 120 ?
- Bude pixel s hodnotou jasu 120 svítit s 6x vyšší intenzitou než pixel s hodnotou jasu 20?
- Jak monitor převede datové hodnoty na jas pixelů, popisuje jeho **gamma křivka**, která je nelineární kvůli logaritmickému vnímání jasu lidským okem



Logaritmické vnímání

- Vnímaní lidskými smysly nemá **lineární** charakter, ale je **logaritmické**
- Oko velmi dobře rozezná rozdílnou svítivost 1-Wattové a 2-Wattové žárovky
- Na druhou stranu oko nerozezná rozdíl mezi svitem 100-Wattové a 101 Wattové žárovky (Přitom je mezi nimi také rozdíl jednoho Wattu)
- V obou případech je mezi žárovkami stejný rozdíl, ale v případě 100-Wattové žárovky je nepostřehnutelný
- (Stejným způsobem funguje i nás sluch)
- Nevnímáme **absolutní rozdíl**, ale **poměr**
- 2-Wattová žárovka má dvojnásobný výkon oproti 1-Wattové
- Stejný nárust svítivosti by tedy naše oko vnímal až při srovnání 100W a 200W žárovky
- **Nízké intenzity** je nás zrak schopen rozeznávat v **jemných krocích**
- V případě vysokých intenzit světla nedokáže nás zrak rozlišit tak jemné změny

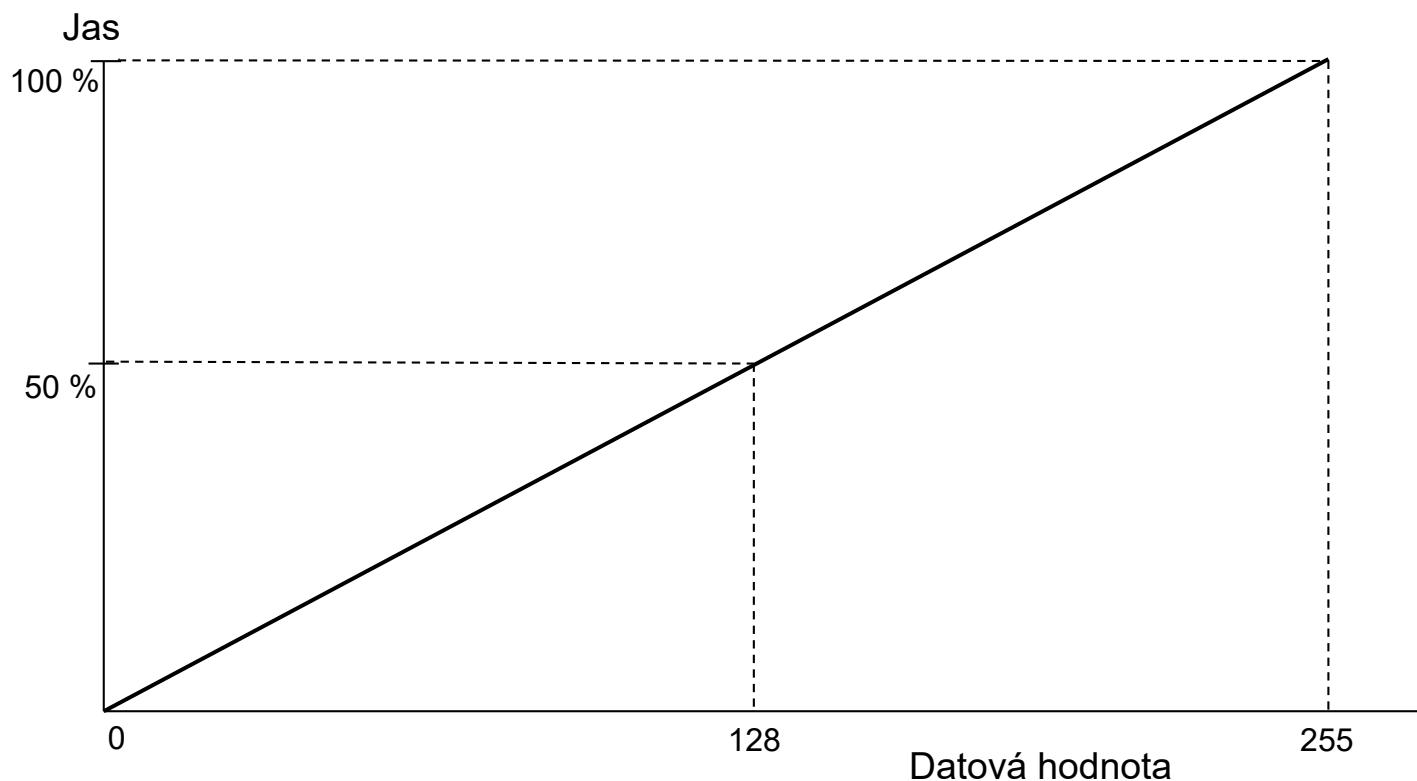
Proč se nepoužívají lineární systémy



- Jestliže v **lineárním** systému dojde ke změně jasu mezi hodnotou např. 4 a 5 (tmavé odstíny) představuje to změnu 20%, která neunikne pozornosti - vznikne skok, zub, proužek - podle okolností
- Jestliže dojde ke změně jasu mezi hodnotou 199 a 200 (světlé odstíny) je změna 0,5 %, tedy 40x menší, než v prvém případě
- Rozdíl jedné hodnoty by tedy byl pro oko v tmavých odstínech velmi výrazný a v jasných odstínech nepostřehnutelný
- Lineární systém by reprezentoval tmavé odstíny velmi hrubě a jasné odstíny zbytečně jemně

Lineární systém

V lineárním zobrazovacím systému by byl jas bodu (0 – 100%) přímo úměrný datové hodnotě jeho intenzity (0-255). Takový systém je pro displeje zcela nevhodný!





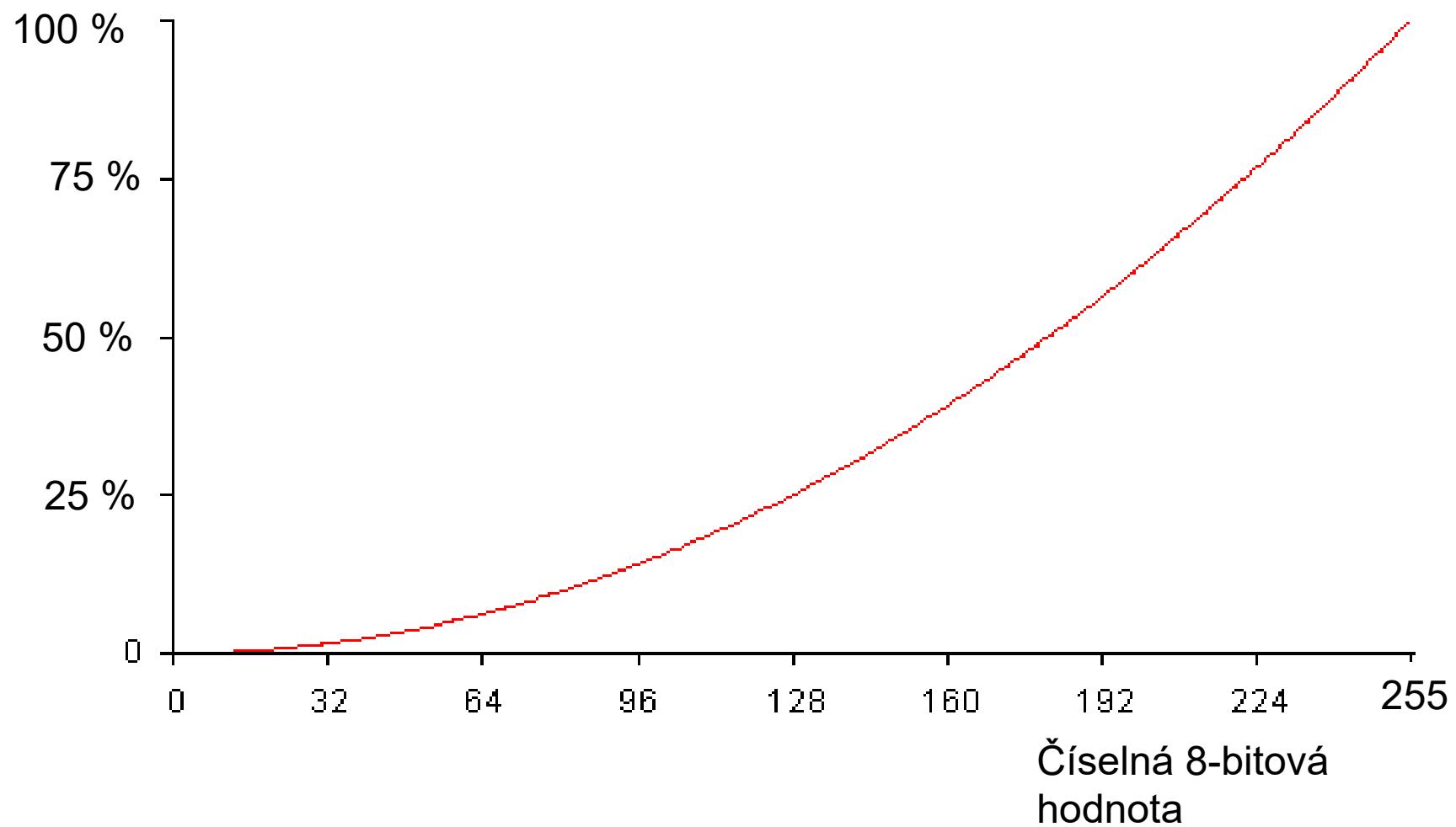
Gamma

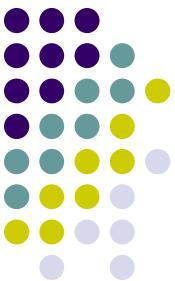
- Kvůli logaritmickému (poměrovému) vnímání intenzity světla lidským okem, by nebylo vhodné, kdyby číselná reprezentace hodnot jasu v počítači **byla lineární**
- Proto byla zavedena tzv. **Gamma vyzařovací křivka**
- V praxi to znamená, že hodnota **0** znamená nulovou intenzitu (tma)
- Hodnota **255** znamená maximální zobrazitelnou intenzitu pixelu
- Hodnota **128** ale **neznamená intenzitu 50%**
- Intenzita 50% je reprezentována hodnotou 186
- Přiřazení číselných hodnot intenzitám je **nelineární**
- Nižší intenzity jsou vyjádřeny **přesněji** – s jemným krokem
- S rostoucí intenzitou roste i krok (a klesá přesnost) – vyšší jas je popsán méně přesně (když něco hodně svítí, musí dojít k velké změně jasu, abychom si všimli, že došlo k nějaké změně – pokud se výkon 1000 W reflektoru zvýší o 1 W, nelze to rozeznat, ale pokud se o 1W zvýší výkon 5W žárovky, je to poznat)
- Vstup (fotoaparát, skener, kamera) je nelineární úmyslně, aby kompenzoval lidské vnímání a "zachraňoval" tmavé odstíny
- Gamma korekce tedy snižuje rozdíly jasu mezi tmavými úrovněmi a zvyšuje rozdíly jasu mezi světlými úrovněmi
- **Gamma funkce popisuje souvislost mezi datovou úrovní bodu a jeho vyzařovaným jasem**



Gamma 2.2

JAS





Gamma

$$y = y_{\min} + (y_{\max} - y_{\min}) \cdot \left(\frac{x}{x_{\max}} \right)^{\gamma+1}$$

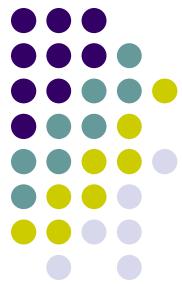
Gamma křivka je definována jednoduchým vzorcem

y.... Výsledný jas bodu

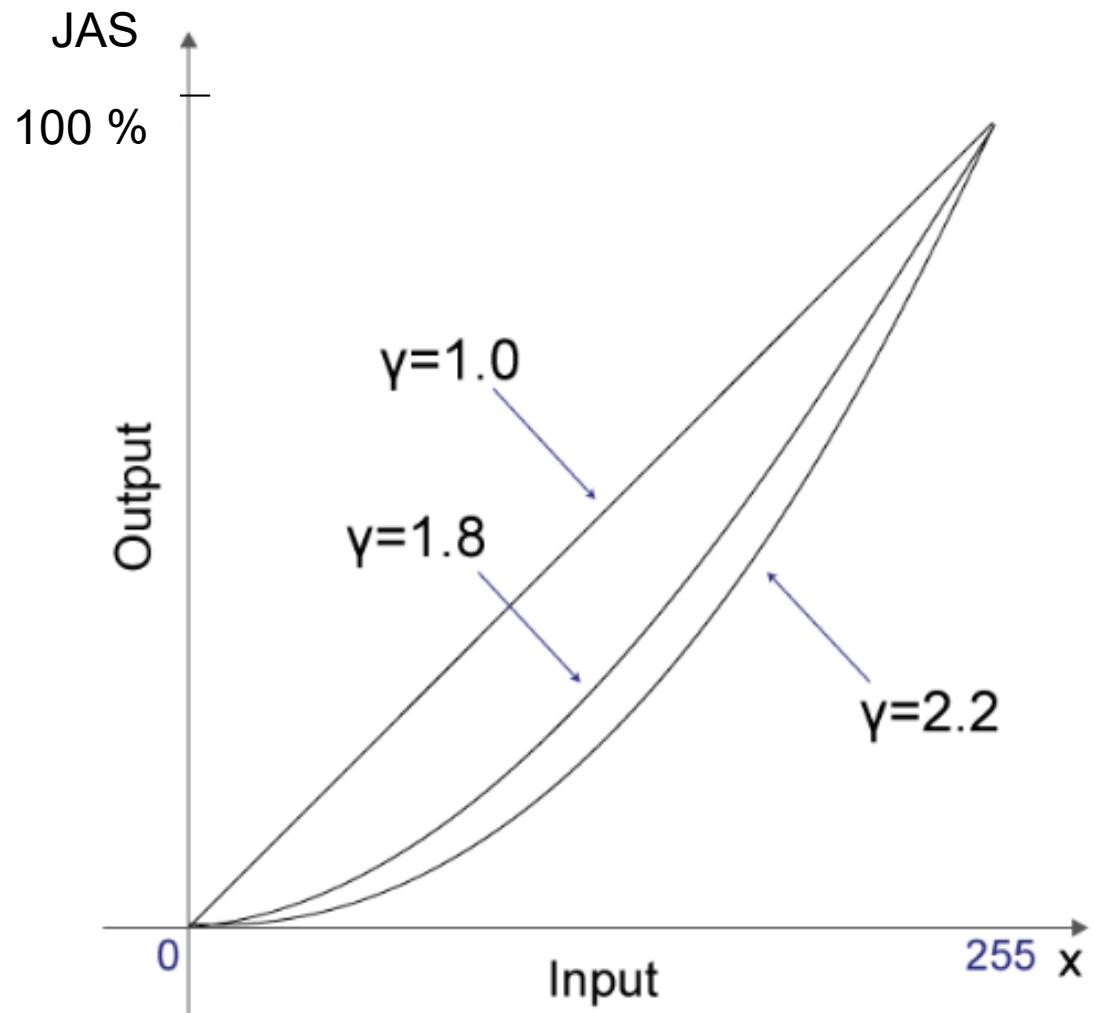
x.... Číselná hodnota jasu bodu

Gamma... hlavní parametr určující tvar (nelinearitu) křivky

Za standard se považuje Gamma=2.2

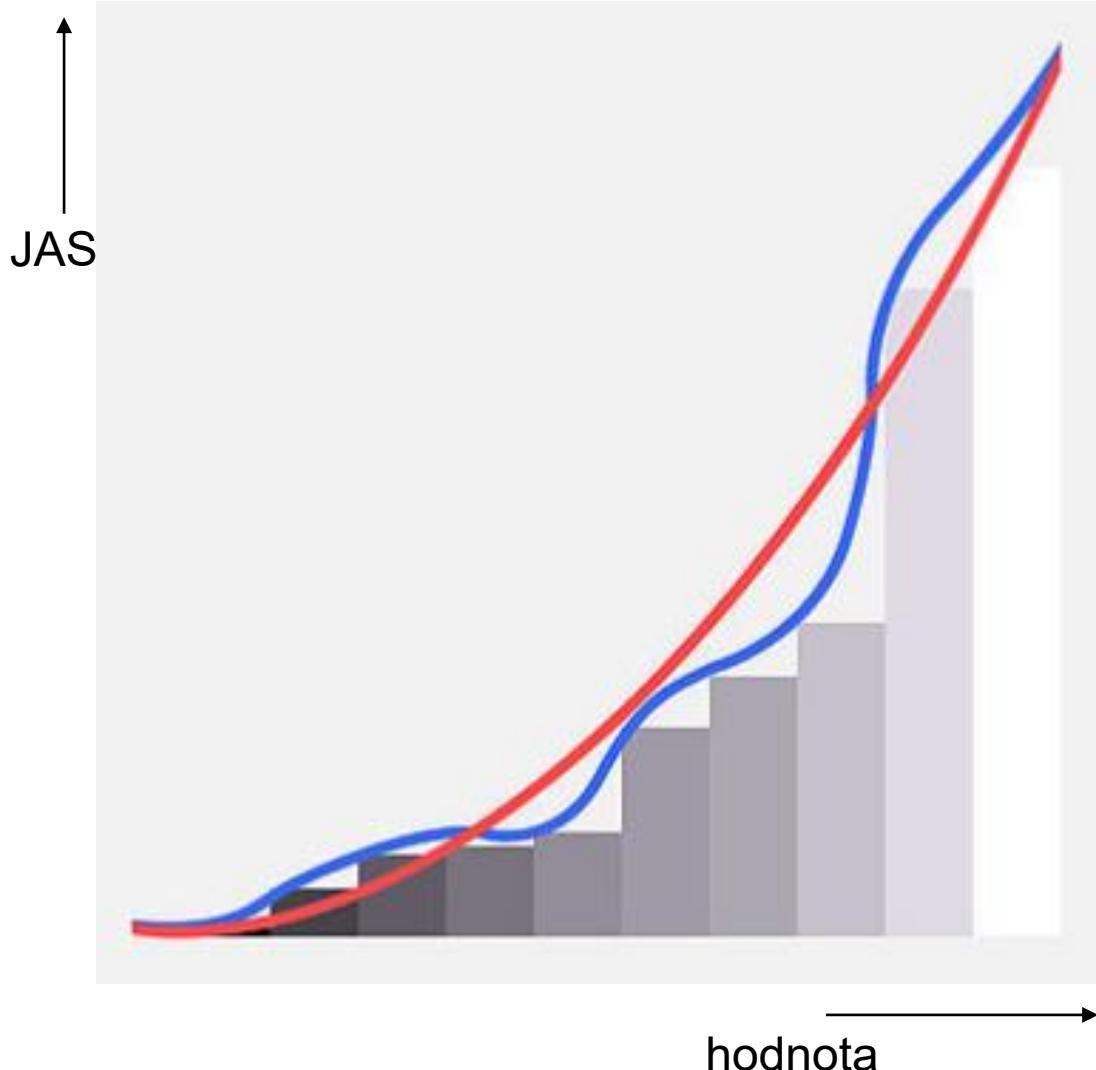


Gamma





Gamma



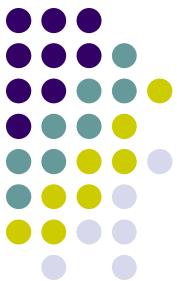
Ideální gamma křivka

Skutečná charakteristika
monitoru není dokonalá

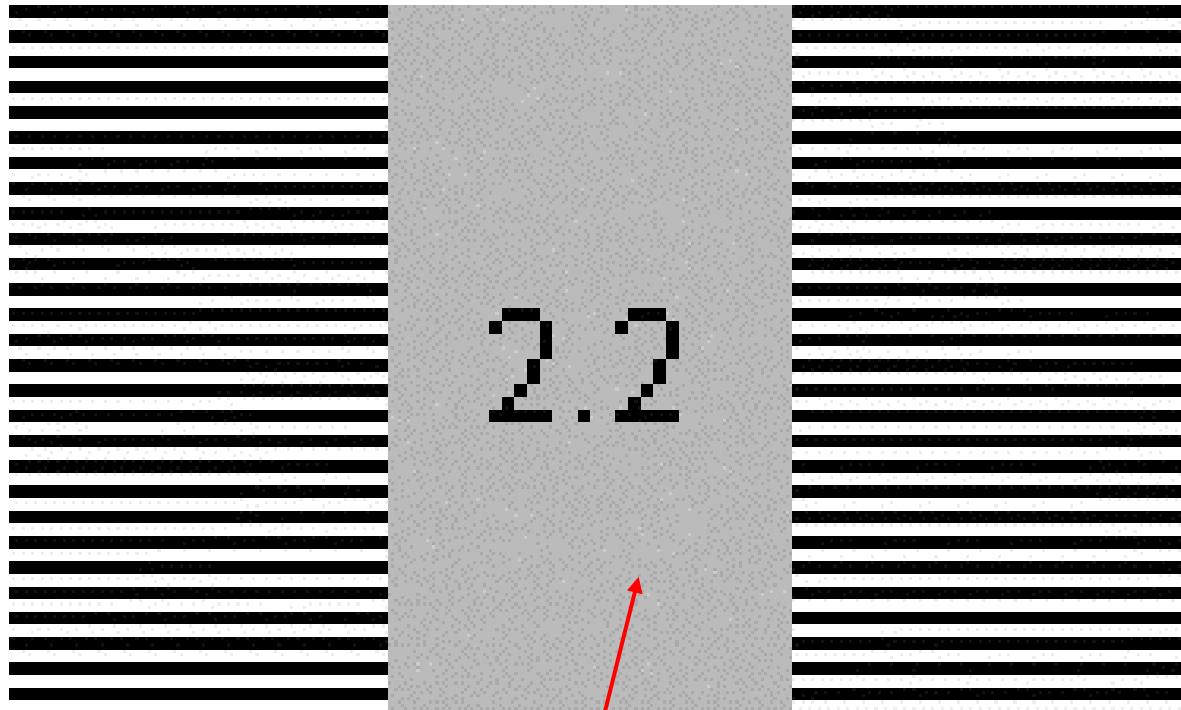


- Applet s gamma testem
- <http://www.tsi.enst.fr/~brettel/TESTS/Gamma/Gamma.html>
- Výborný gamma test (doporučuji měnit vertikální úhel pohledu na lcd a sledovat, jak se přitom mění gamma displeje)

http://www.lagom.nl/lcd-test/gamma_calibration.php



Testovací obrazec detailně



Plocha vyplněná pixely s jasem 186. Tato hodnota odpovídá jasu 50%

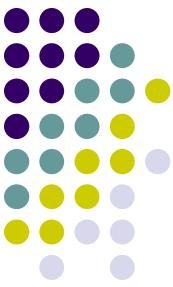
Proužky s jasem 0 a 255 (jas 100%). Při pohledu z dálky přestane oko rozlišovat jednotlivé proužky a ty splynou do šedé plochy s 50% jasem.

Pokud je monitor správně zkalibrován, musí pruhovaná oblast při pohledu z dálky působit stejným jasem jako oblast vyplněná pixely s hodnotou jasu 186. To platí pro všechny typy monitorů (CRT, LCD, OLED....)

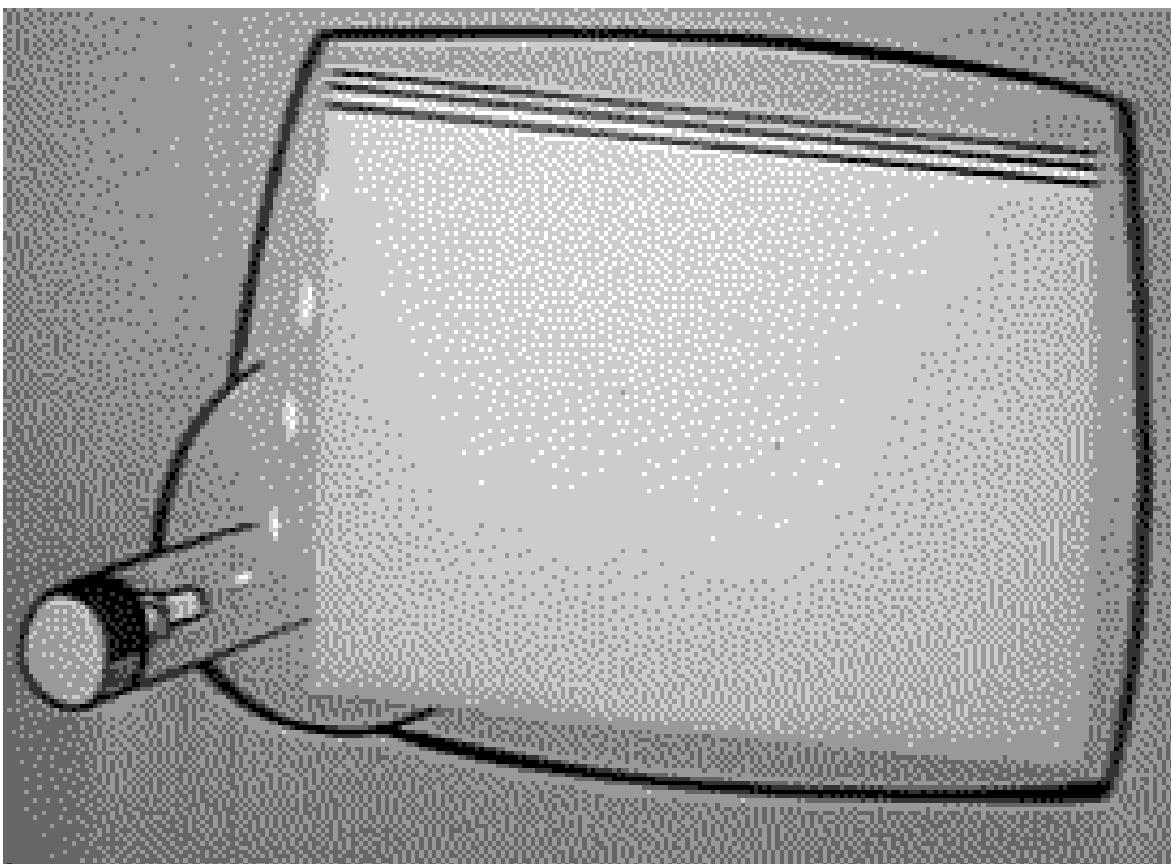


CRT

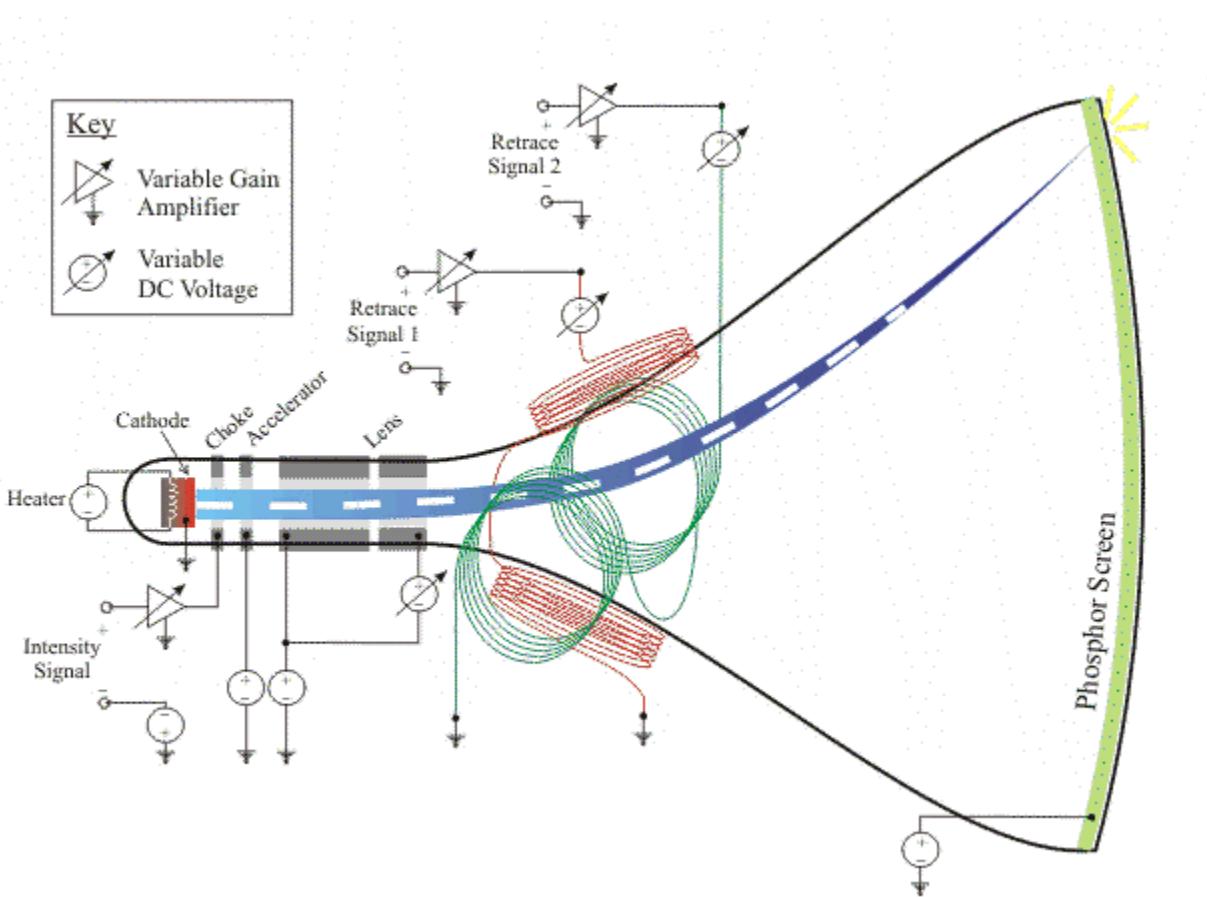
- **Cathode ray tube**
- V současné době se již téměř nevyrábí, v minulosti dominantní typ zobrazovacího zařízení
- Monochromatický obraz se vytváří jedním elektronovým paprskem. Barevný obraz se vytváří pomocí svazku 3 **elektronových paprsků** (všechny paprsky stejné, neexistují žádné barevné elektrony)
- Elektrony dopadají na **Stínítko** (přední strana obrazovky, kterou sledujeme) je složeno z opakujících se červených, zelených a modrých bodů – **luminofory**
- Po dopadu elektronů na **luminofor** je vyzářeno světlo příslušné barvy
- Intenzita paprsku se mění, podle toho, jak jasný bod má být zobrazen.
- Čím více energie elektronový paprsek luminoforu předá, tím jasněji se rozsvítí
- Každý ze tří paprsků dopadá pouze na bod jedné barvy
- Jedním paprskem jsou bombardovány pouze červené luminofory, druhým zelené, třetím modré. Mícháním těchto tří základních barev v různých poměrech lze vytvořit libovolný barevný odstín
- Barevné CRT obrazovky potřebují tzv. **masku** (delta, trinitron, štěrbinová), která zajistí, aby každý paprsek rozsvěcel pouze jeden bod správné barvy
- Paprsky jsou postupně elektromagneticky **vychylovány** tak, aby vykreslily celý obraz (nejdříve zleva doprava vykreslují řádek, pak následuje posun dolů o řádek níže)

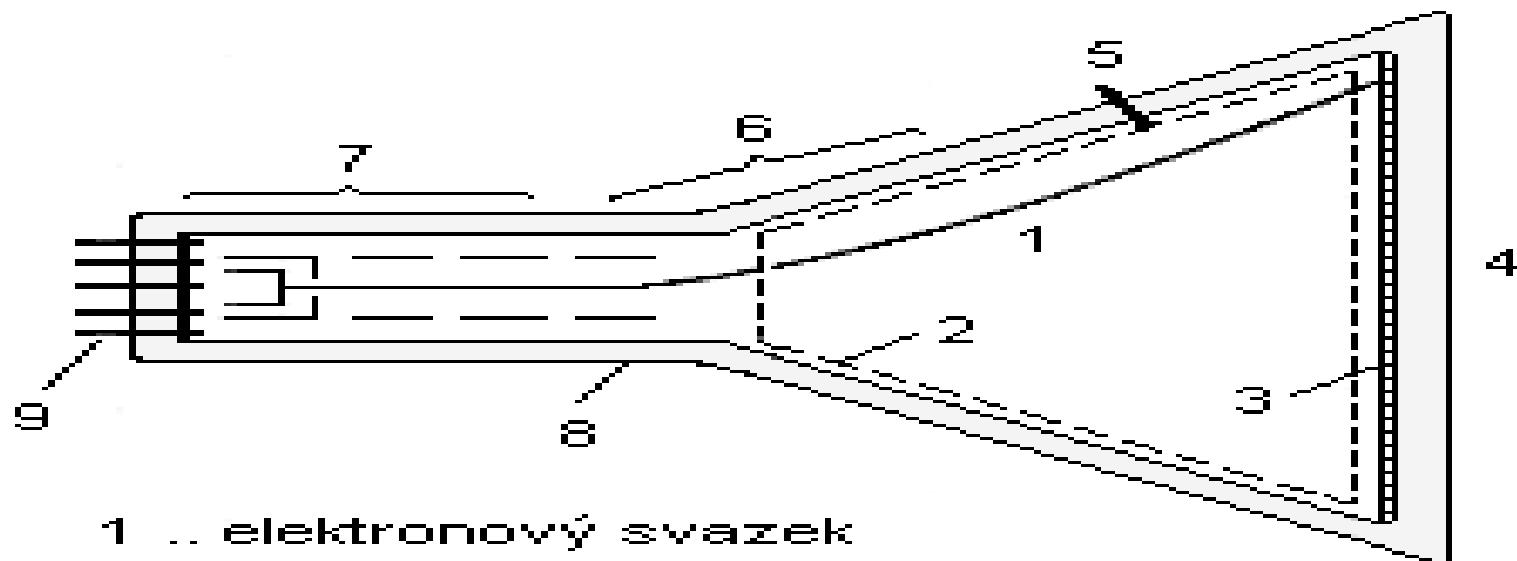
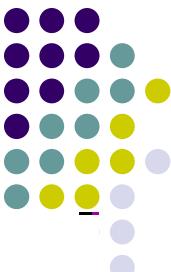


CRT



CRT

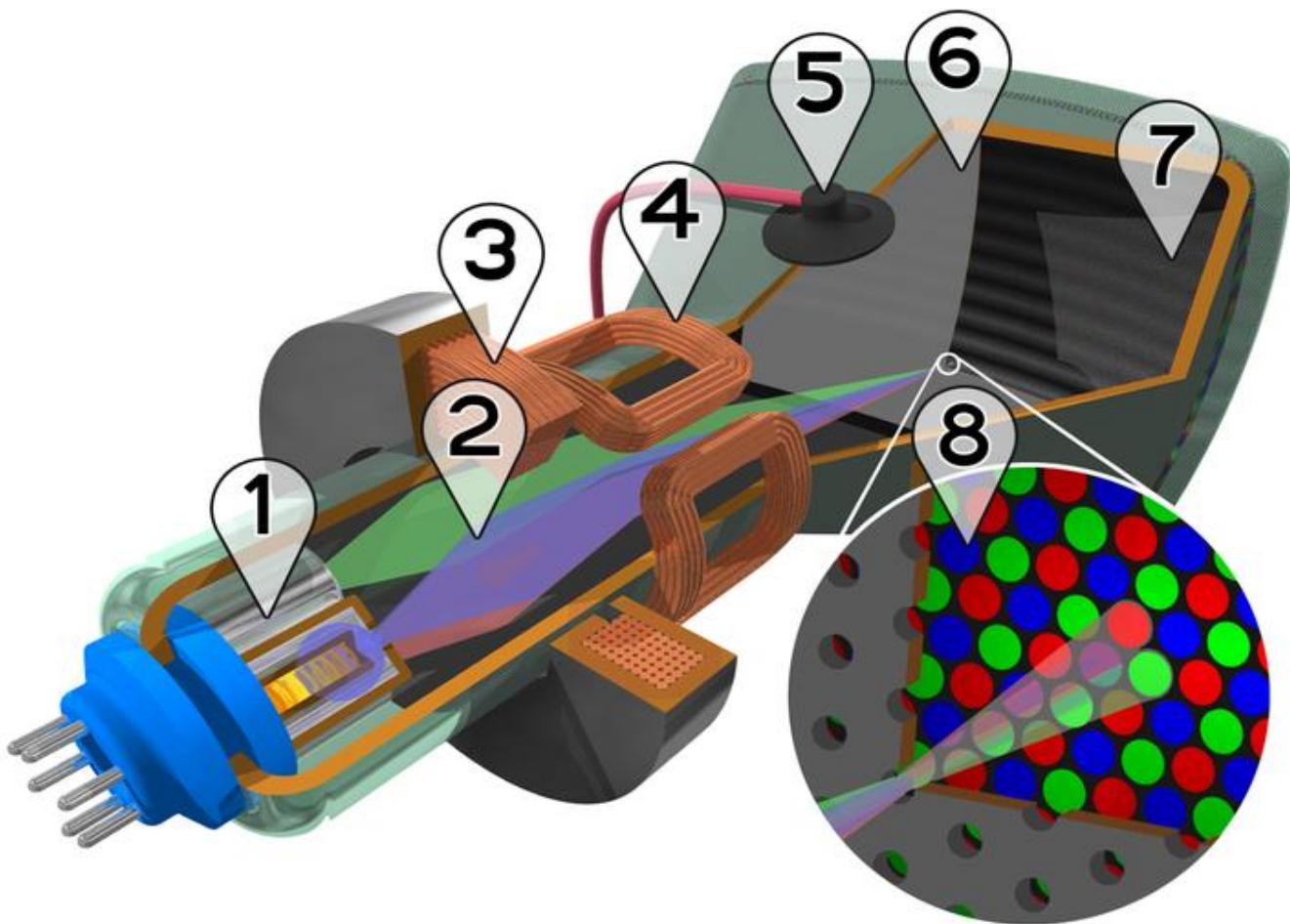




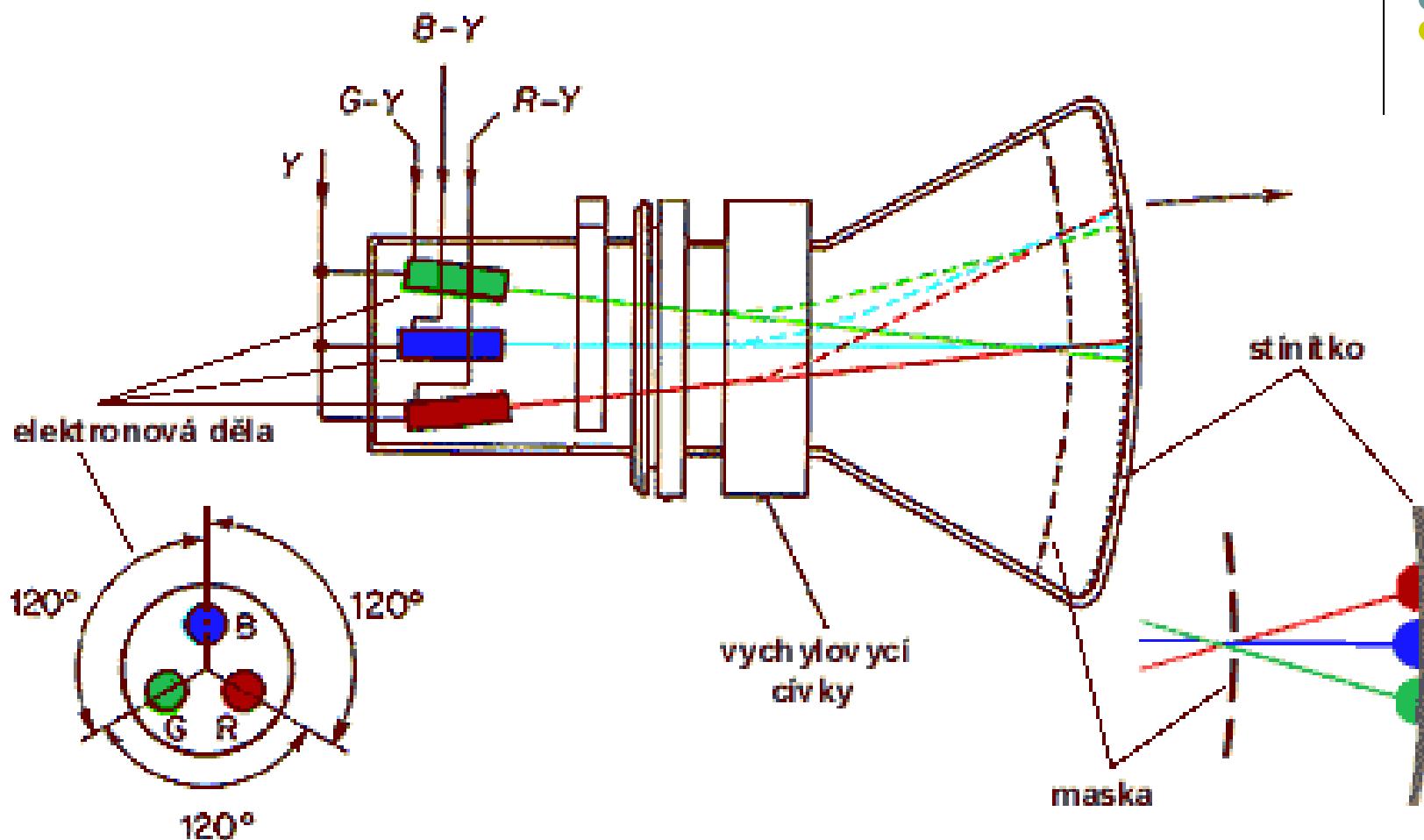
- 1 .. elektronový svazek
- 2 .. grafitový povlak
- 3 .. luminofor
- 4 .. plocha ke sledování obrazu
- 5 .. kontakt pro připojení grafitové anody
- 6 .. místo účinku vychylovací soustavy
- 7 .. elektronová tryska
- 8 .. hrdlo
- 9 .. patice

Schéma CRT obrazovky

CRT



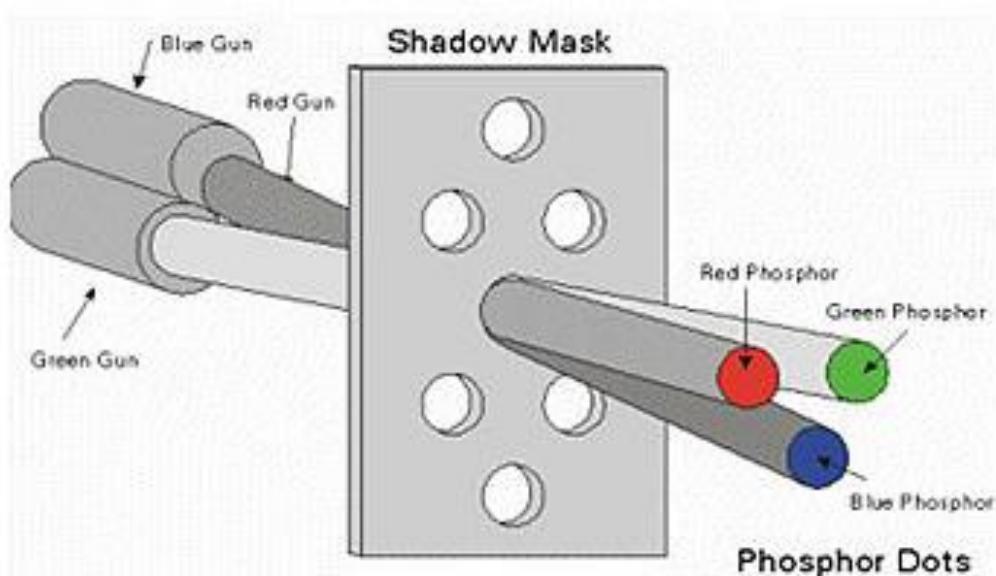
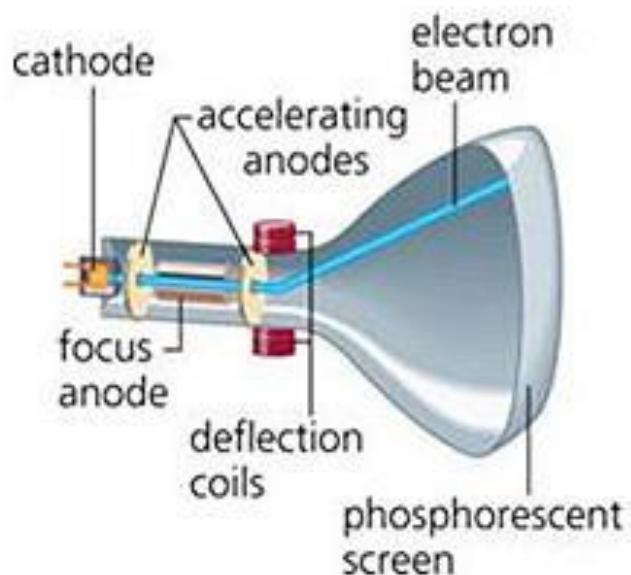
1. Elektronové dělo
2. Paprsky
3. Zaostření
paprsku
4. Vychylovací cívky
5. Anoda
6. Maska
7. Luminofory
8. Detail bodů

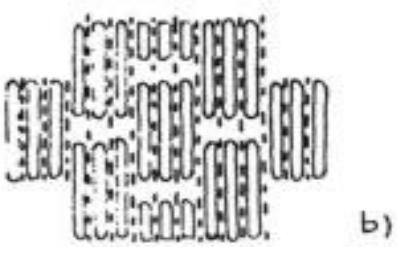
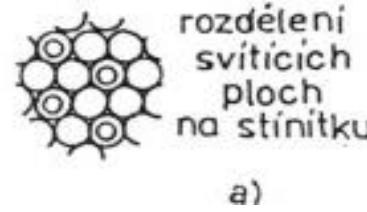
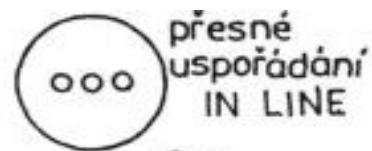
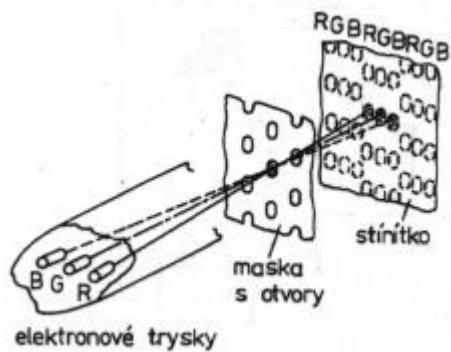
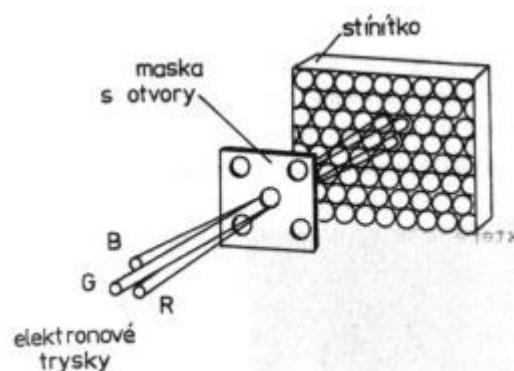




CRT stínítko

- Na stínítku jsou naneseny **luminofory** pro základní tři barvy RGB.
- Buď ve tvaru **delta** (jsou do trojúhelníku) nebo typu **In Line**, přesněji **Trinitron** (štěrbinová maska). Jelikož je Trinitron registrovaná známka Sony, mnozí výrobci používali pro tento typ obrazovek podobné názvy (např. Flatron)
- Paprsky je třeba umístit přesně, kam patří
- Nejběžnějším řešením je maska, tedy kovový plát, v němž jsou prostřednictvím kyseliny vypáleny drobné dírky, kterými paprsek prochází (**Invarová maska**)
- Maska se během provozu **zahřívá** a následně roztahuje, takže paprsky se hůře strefují do správného otvoru
- Firma Sony pak vyvinula alternativní řešení
- Zaměnila kovový plášť za konstrukci z pevně natažených tenkých drátků, umístěných ve směru odshora obrazovky dolů (**Trinitron**)
- Tímto způsobem může na luminofor přes masku proniknout více elektronů, takže jednotlivé body září silněji.
- Tato technologie má však i své nevýhody. K přesnému upevnění drátků je třeba použít dva další horizontální drátky, které udržují mřížku na místě. Zhruba ve třetině obrazovky, jak seshora tak zezdola, jsou slabě viditelné dvě linky.
- Drátky tvořící mřížku jsou velmi náchylné k interferencím elektromagnetického pole, a proto pokud máte po stranách monitoru umístěné reproduktory nebo jiný zdroj elektromagnetického pole (např. mobilní telefon), může se obraz rozmažat a klepat

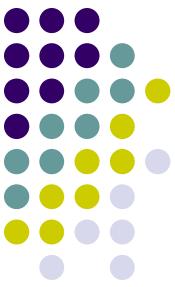






Dosvit

- **Luminofor** po dopadu elektronů vyzáří světlo příslušné barvy po určitou krátkou dobu
- Čím vyšší intenzitu má elektronový paprsek, tím více energie luminoforu předá a ten bude svítit jasněji – tak lze regulovat jas každého obrazového bodu
- Poté luminofor **zhasne**
- Obraz je tedy nutné několikrát za sekundu **překreslit**
- Obraz se vykresluje **z horního levého rohu** po řádcích až směrem dolů a pak zhasnutý paprsek vrací zpět do levého horního rohu
- Elektronové dělo tedy postupně osvítí všechny obrazové body na všech řádcích a to celé se opakuje neustále rychle dokola
- Ve chvíli, kdy jsou vykreslovány dolní řádky obrazu, horní řádky obrazovky již zhasly
- Ve chvíli, kdy jsou vykreslovány horní řádky obrazu, na spodních řádcích může ještě trochu svítit minulý snímek
- Na CRT tedy **nikdy není zobrazen dokonale celý snímek** (uvidíme to např. když nasnímáme obrazovku videokamerou, nebo při pořízení fotografie s krátkým časem expozice)
- Vidíme vždy pouze pár svítících řádků, které byly
- Důležitým parametrem CRT obrazovky je její **dosvit** a **obnovovací frekvence**
- Dosvit – setrvačnost luminoforu (jak dlouho po vybuzení vyzařuje světlo)
- Obnovovací frekvence – počet překreslení celého obrazu za sekundu (udává se v Hertzích)



CRT

- Doporučené video – CRT monitor natočený vysokorychlostní kamerou a slowmotion
- <https://www.youtube.com/watch?v=3BJU2drirtCM>



Obnovovací frekvence CRT

- Čím vyšší je obnovovací frekvence, tím méně se při sledování obrazu unaví oči – obraz je klidnější
- Minimální hodnota pro počítačové monitory by měla být 75 Hz
- Vyšší frekvence než 120 Hz se velmi obtížně dosahují při vysokém rozlišení obrazu (obraz se sice stane klidnější, ale „rozostří se“)
- Při rozlišení 1024x768 a obnovovací frekvenci 120 Hz bylo potřeba za sekundu stihnout elektronovým dělem ozářit 94 milionů bodů a přenést o nich informaci z počítače do monitoru (24bitů – 1 bod) – tj. tok 270 MB/s - a to byl problém
- Na ozáření jednoho obrazového bodu vychází pouze kratičký časový úsek $1/(1024 \times 768 \times 120)$
- Obnovovací frekvenci tedy nelze jednoduše zvyšovat a obraz CRT monitorů bude vždy trpět nestálostí způsobenou blikáním



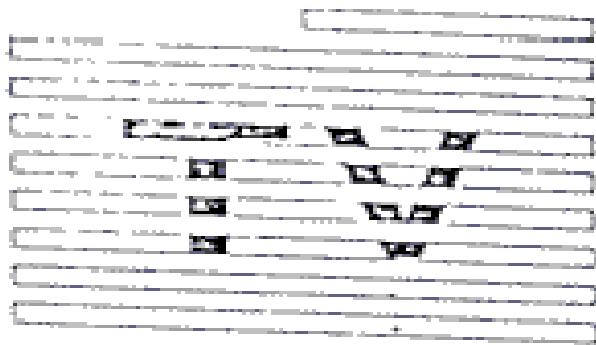
Obnovovací frekvence CRT

- Standardní **televizní obrazovka** používá obnovovací frekvenci **50 Hz**
- Při tom jsou 25x za sekundu zobrazeny **liché řádky** a 25x za sekundu **sudé řádky**
- Obraz na TV obrazovce je tedy tzv. **prokládaný** (interlaced) – za jednu sekundu se zobrazí 50 **půlsnímků**
- Pokud zobrazíme nejprve pouze liché řádky obrazu (jako jeden půlsnímek), poté sudé, dále opět liché, sudé atd., navíc každý půlsnímek o 1/50s později, lidské oko nedokáže postřehnout rozdíl oproti zobrazování celých snímků
- **Proč bylo zavedeno prokládané video?**
- Snímek v televizním vysílání má **576 řádků**.
- V **kině** stačí sledovat **24 snímků** za sekundu, protože snímky jsou zobrazeny na plátně naráz vcelku a celou dobu.
- Na CRT by se nedalo dívat, kdyby se obrazovka překreslovala pouze 24x za sekundu, protože snímek je vykreslen postupně od shora dolů a řádky ihned zhasínají – viditelně by to blikalo
- CRT obrazovka musí být překreslena minimálně 50x za sekundu (obnovovací frekvence 50 Hz) protože se na ní snímek vykresluje postupně a není zobrazen vcelku jako snímky na plátně v kině
- Prastaré televizní vysílání, ale nedokázalo odvysílat během 1/50 sekundy snímek, který má 576 řádků
- Kdyby se počet řádků snížil, rozlišení obrazu by bylo příliš nízké
- Počet řádků tedy zůstal 576, ale během 1/50 s se odvysílají a zobrazí pouze liché řádky a během další 1/50 s se odvysílají a zobrazí pouze sudé řádky.
- Obrazovka se tedy od shora dolů překresluje 50x za sekundu a snímek má 576 řádků, akorát je nedokážeme vykreslit všechny současně

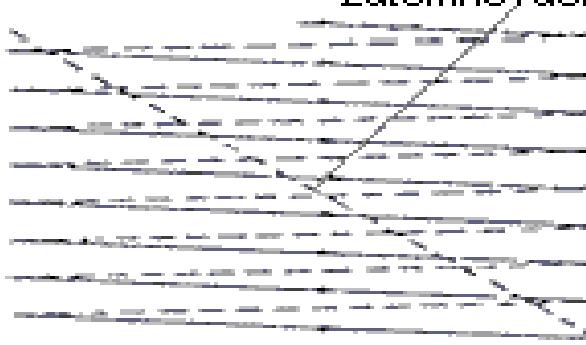


Prokládání (interlacing)

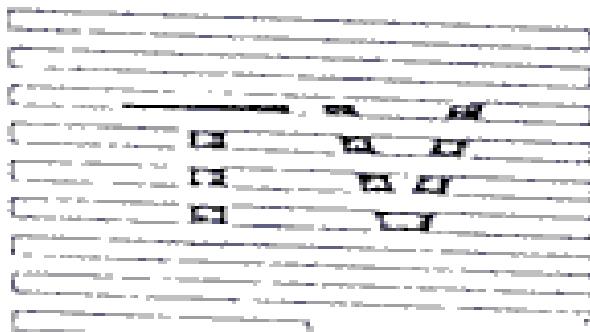
První půlesnímek



zatemňovací interval



Druhý půlesnímek





Progresivní CRT

- Zásadní rozdíl mezi TV obrazovkou a počítačovým CRT monitorem spočívá v tom, že **počítačový CRT monitor nepoužívá prokládání** a vykreslí celý snímek naráz (postupně všechny řádky od shora dolů)
- CRT displeje, které nepoužívají prokládání se nazývají **progresivní CRT**
- Počítačový monitor tedy při obnovovací frekvenci např. 75 Hz vykreslí 75 úplných snímků za sekundu
- TV CRT vykreslí při obnovovací frekvenci 50 Hz pouze 50 půlsnímků za sekundu (v každém půlsnímku budou jen liché nebo sudé řádky)



CRT - prokládání

- Zobrazovat obraz prokládaně umí **pouze klasické CRT televize**
- Plasmové televize, LCD, OLED, projektoru a počítačové monitory zobrazují vždy celý obraz (snímek) najednou (tedy neprokládaně = progresivně)
- Počítačový monitor, nedokáže zobrazit obraz prokládaně a při zobrazení **prokládaného TV signálu (videa)** zobrazuje kompletní snímky složené z dvou půlsnímků do jednoho
- Protože ale půlsnímky, ze kterých je celý snímek složen, nebyly u prokládaného videa pořízeny televizní videokamerou ve stejném okamžiku, liší se v nich poloha pohybujících se objektů
- TV videokamera snímá obraz **prokládaně**
- Filmová kamera natáčí **progresivně**
- Sudé řádky byly TV kamerou sejmuty o 1/50 sekundy později a mají být o 1/50 sekundy později také zobrazeny – na CRT bude vše OK
- Počítačové monitory ale zobrazí liché i sudé řádky dohromady v jednom snímku – hrany pohybujících se objektů pak vypadají zdvojené a „roztržené“

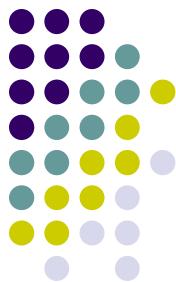
Snímek prokládaného TV signálu zobrazený na monitoru





Prokládaný videosignál

- Je skandální, že standardní TV vysílání v běžném rozlišení SD používá dodnes prokládání a snímky mají **576** viditelných řádků (to je horší rozlišení než dnes mají některé chytré hodinky)
- Prokládané video s rozlišením **720x576 px** a půlsnímky, které mají jen **288 řádků** bylo zavedeno okolo roku 1940 – nepochopitelné jak mohlo něco tak bizarního přežít dodnes
- Řada starších videokamer natáčí **prokládané video**
- Vysílání v novém **DVB-T2** v HD rozlišení již konečně prokládání nepoužívá a snímky jsou progresivní (50 celých snímků za sekundu)



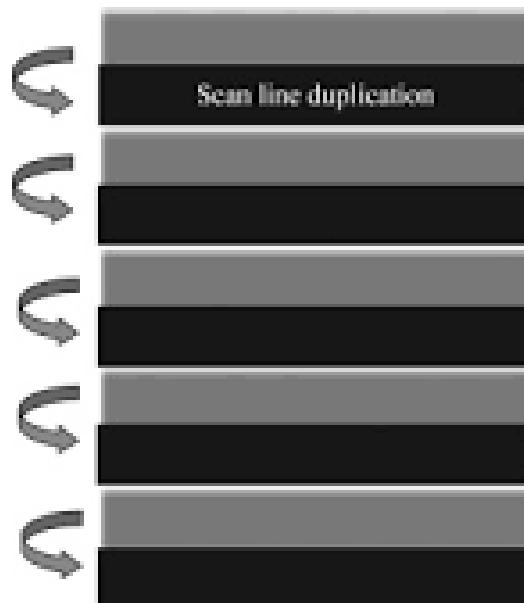
Deinterlacing

- Televizní přenosy a videa pořízena starší videokamerou jsou **prokládaná**
- Při zobrazení **prokládaného videa na progresivním displeji** je třeba provést jeho **deinterlacing**
- **Videokamera** při snímání prokládaného videa pořídí každou 1/50 sekundy jeden půlsnímek, který obsahuje buď jen liché nebo sudé řádky
- **Blend deinterlacing** - Spojit půlsnímek s lichými řádky a půlsnímek se sudými řádky do jednoho výsledného snímku není dobrý nápad, protože tyto půlsnímky nebyly pořízeny ve stejný časový okamžik
- Šlo by to pouze tehdy, pokud by byl snímán nehybný obraz
- Někdy se tato metoda deinterlacingu, která spojuje dva půlsnímky do jednoho provádí, ale je docela složitá (musí se kompenzovat posun pohybujících se objektů na sudých/lichých řádcích) a klesne nám snímková frekvence na polovinu (např z 50 půlsnímků na 25 snímků)



Deinterlacing

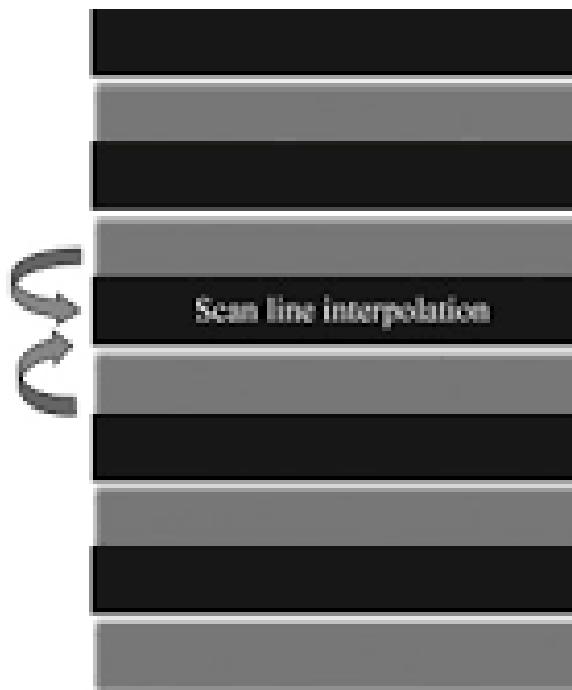
- Nejprimitivnější metodou deinterlacingu, je **duplicace řádků**
- První půlsnímek obsahuje pouze liché řádky. Každý takový řádek se zkopíruje i o řádek níž, na místo chybějícího sudého řádku.
- Totéž se provede v následujícím půlsnímku, kde se duplikují sudé řádky
- Snímek pak bude mít plný počet řádků, ale na dvou řádcích pod sebou je vždy totéž
- Tuto metodu používaly nejstarší LCD televize, jejichž slabý procesor nestíhal v reálném čase počítat nic složitějšího





Deinterlacing

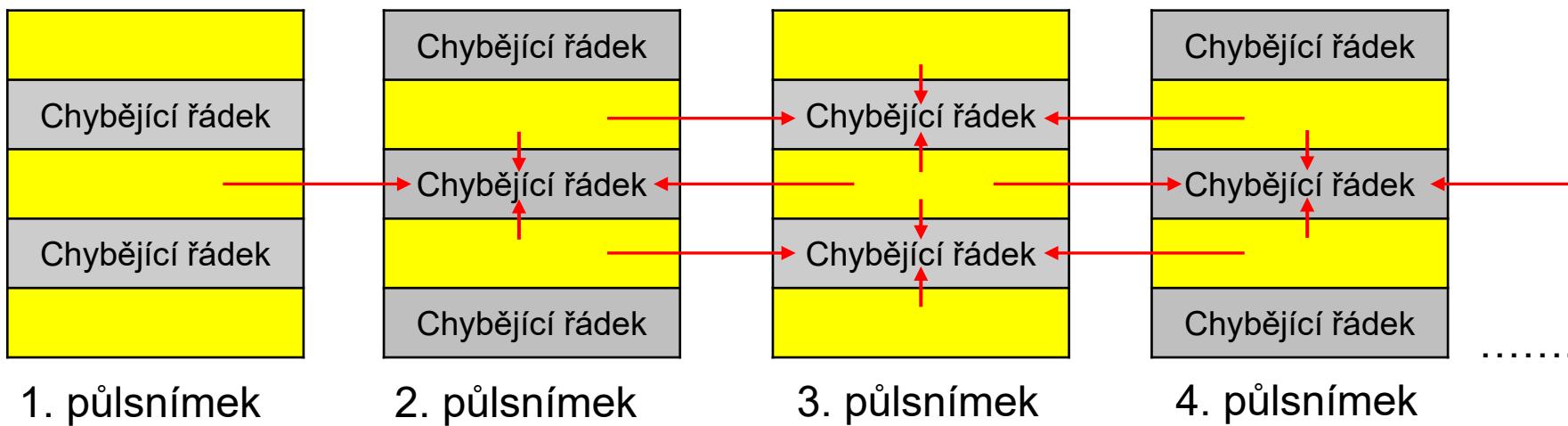
- O něco lepší metodou deinterlacingu, je **interpolace řádků**
- Chybějící sudé řádky se dopočítají jako interpolace dvou lichých řádků
- Tedy obsah chybějícího sudého řádku se vypočítá z lichého řádku nad ním a pod ním
- V následujícím půlsnímku se zas dopočítá obsah všech chybějících lichých řádků ze sudých řádků nad/pod řádkem

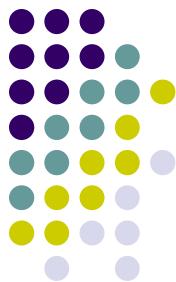




Deinterlacing

- Moderní televize obvykle provádí **složitou interpolaci**
- Obsah chybějícího sudého řádku vypočítají z podoby sudého řádku v minulém a následujícím půlsnímku (tyto půlsnímky mají sudé řádky) a z podoby lichých řádků nad a pod řádkem
- Polovinu toho, co na obrazovce vidíte, si televize „vymyslela“
- Každý výrobce TV používá trochu jiné metody a algoritmy deinterlacingu
- Kvalita zobrazení prokládaného televizního vysílání pak tedy nezáleží jen na kvalitě displeje, ale i na kvalitě výpočtů prováděného deinterlacingu





Deinterlacing

- Filmy se vždy natáčí **progresivně** – Filmová kamera pořizuje celé snímky a v kině se zobrazují celá filmová políčka
- Takový film se pak dá odvysílat i prokládaně (liché a sudé řádky filmového políčka se odešlou ve dvou po sobě jdoucích půlsnímcích)
- Při zobrazení takového prokládaného vysílání není třeba provádět deinterlacing – liché a sudé řádky ze dvou po sobě jdoucích půlsnímku lze jednoduše vzít a sloučit dohromady do jednoho snímku, protože k sobě patří – byly pořízeny ve stejný okamžik a následně rozděleny do dvou půlsnímků



CRT TV

- CRT TV je jedinou obrazovkou, která přirozeně **umí zobrazit prokládaný** Tv-signál (přímý přenos s 50 půlsnímky/s, obraz z vaší videokamery)
- zatímco všechny ostatní typy displejů musejí při zobrazení takového videa použít **deinterlacing** (umělé odstranění prokládání) a často také rescaling (přepočet obrazu na jiný počet řádků obrazovky), čímž dochází k značné degradaci videa
- Při sledování **filmů** (zaznamenaných **progresivně** jako 25 plných snímků) ovšem výše uvedená výhoda přestává platit a **převažují nevýhody** této staré technologie



Progressive - Interlaced

- Moderní video-formáty do budoucna nepočítají s prokládáním
- Všechny moderní videokamery již také umožňují snímat 24/25/30/50/60 plných snímků za sekundu bez prokládání
- Při specifikaci typu videosignálu u moderních formátů obvykle uvádíme **počet řádků** snímku, poměr stran a údaj o tom, zda je video prokládané nebo nikoliv (**p** nebo **i**)
- Např.
 - 16:9 **1080p25** (progresivní, 25 snímků/s, 1920x1080 bodů)
 - 16:9 **1080p50** (progresivní, 50 snímků/s, 1920x1080 bodů)
 - 4:3 **576i50** (prokládaný, 50 půlsnímků/s, 720x576 bodů) – původní TV vysílání v normě PAL a DVB-T
 - 16:9 **720p25** (progresivní, 25 snímků/s, 1280x720 bodů)
 - 16:9 **1080i50** (prokládaný, 50 půlsnímků/s, 1920x1080 bodů)
 - **2160p30** (UHD – 4k rozlišení, progresivní, 30 snímků/s, 3840x2160)



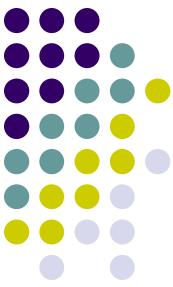
CRT

- CRT technologie je dnes prakticky mrtvá
- Její nevýhodou je zejména
 - Vysoká hmotnost obrazovky (rostet s třetí mocninou úhlopříčky)
 - Velká hloubka obrazovky (zabírá hodně místa na stole)
 - Obtížná výroba větších úhlopříček (nad 1m je to téměř nevyrobiteLNé)
 - Nutnost obnovování – blikání obrazu
 - Snímek není zobrazen celý naráz, ale je vykreslen od shora dolu po řádcích, luminofory rychle zhasínají
 - Nepřesnost zobrazení (nepřesné vychýlení a zaostření paprsku)
 - Analogové zpracování signálu (šum, nelinearita atd. degradují obraz)
 - Obtížně se zvyšuje rozlišení
 - Nezdravé elmag. vyzařování (anionty, kationty)
 - Zkreslený obraz v okrajích (elektronový paprsek to má do rohů obrazovky dál než do jejího středu)
 - Zkreslení způsobené vypouklou obrazovkou
 - Vyšší el. spotřeba (např. oproti LCD a OLED při stejně úhlopříčce a jasu)
- CRT má ale i své výhody
 - Výborná barevná věrnost (u nového a zkalibrovaného monitoru)
 - Vysoký kontrast a jas (časem se zhoršuje)
 - Žádné „mrtvé body“ (nic takového nikdy nemůže na CRT vzniknout)
 - Neomezený pozorovací úhel (na rozdíl např. od LCD)

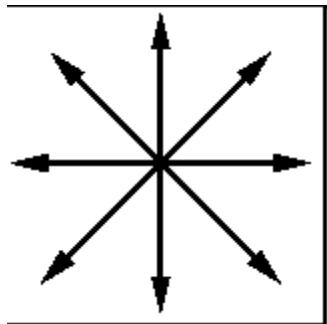


Polarizované světlo

- Kromě intenzity a vlnové délky (barvy) má světlo ještě jeden důležitý parametr - polarizaci
- **Lidské oko** polarizaci světla **nevnímá**, ale některá zvířata ano (např. sépie, netopýři) – neumíme si představit, co to je (jako kdybychom chtěli barvoslepému vysvětlit, co jsou to barvy)
- **Světlo** je elektromagnetické záření, které „kmitá“ ve všech směrech
- **Polarizační filtr** propouští pouze světlo, jehož vlna „kmitá“ v jednom směru
- Požadovaný směr kmitání (polarizace) se řídí natočením filtru
- Průhledné materiály, které se skládají z rovnoběžných tenkých dlouhých krystalů nebo molekul, propouštějí jen světlo polarizované v jistém směru

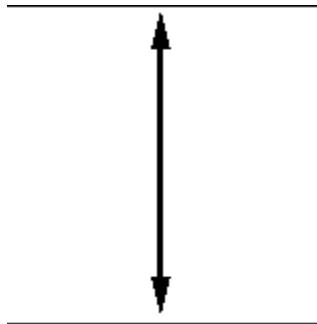


Polarizace světla



Nepolarizované světlo

Vlny kmitají všemi směry

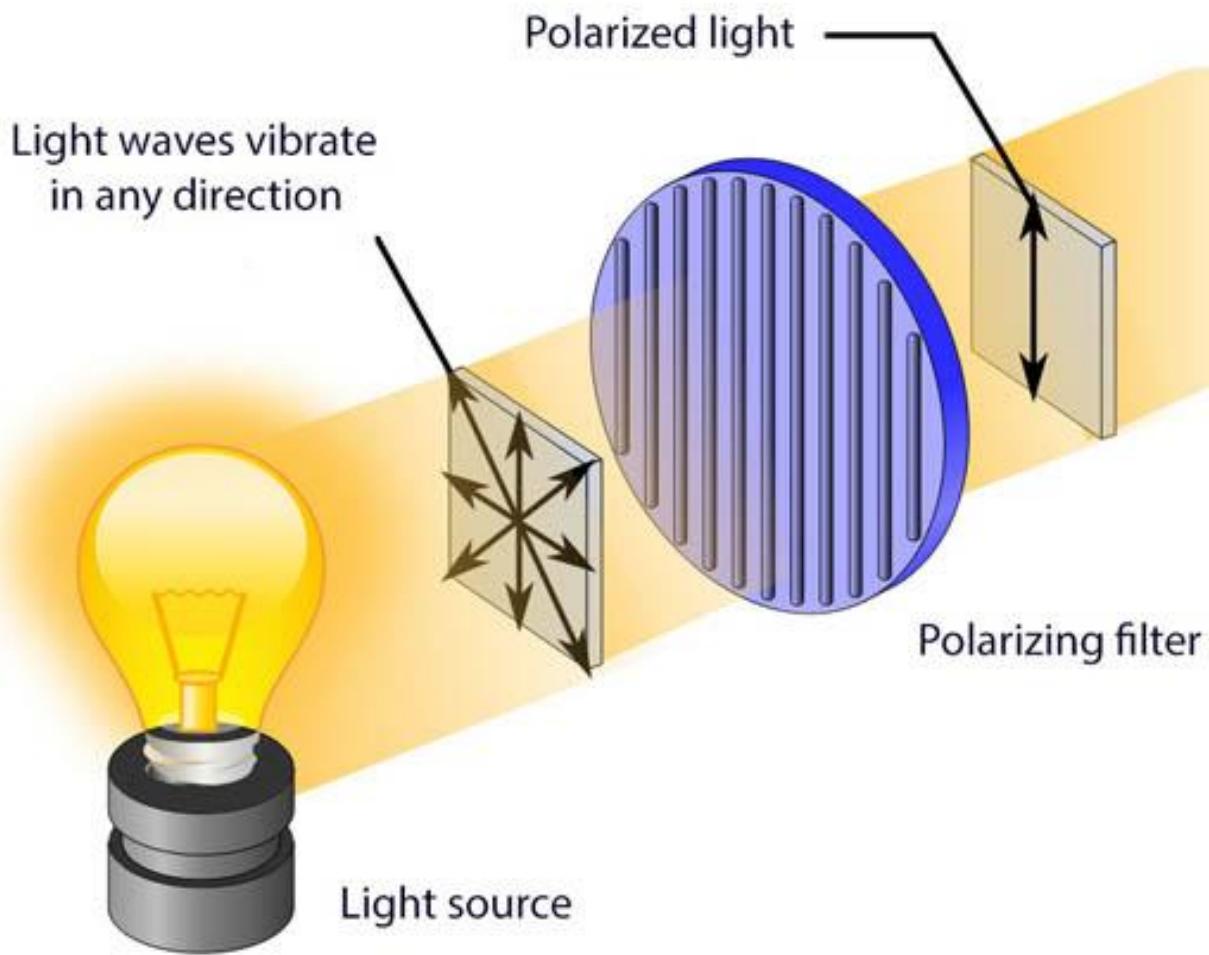


Polarizované světlo

Vlny kmitají jediným směrem

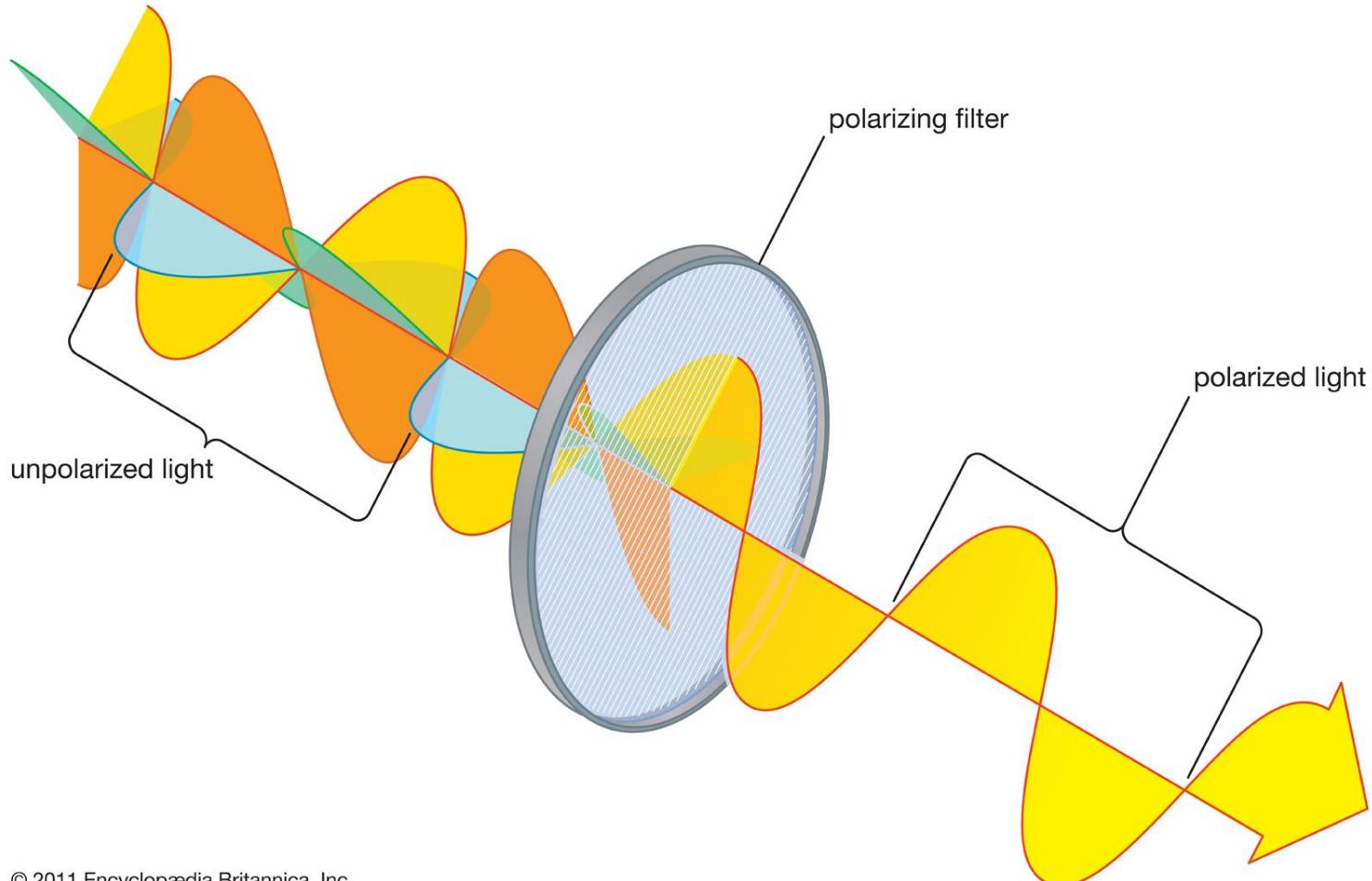


Polarizace světla





Polarizace světla



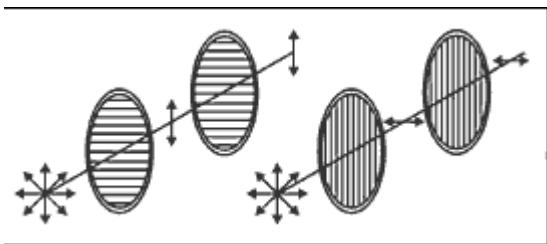


Polarizované světlo

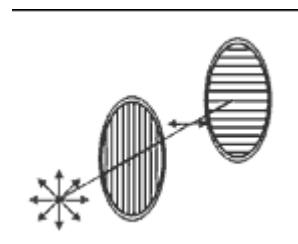
- <http://www.youtube.com/watch?v=YTEBaO4Lewc>
- <http://www.youtube.com/watch?v=QgA6L2n476Y>



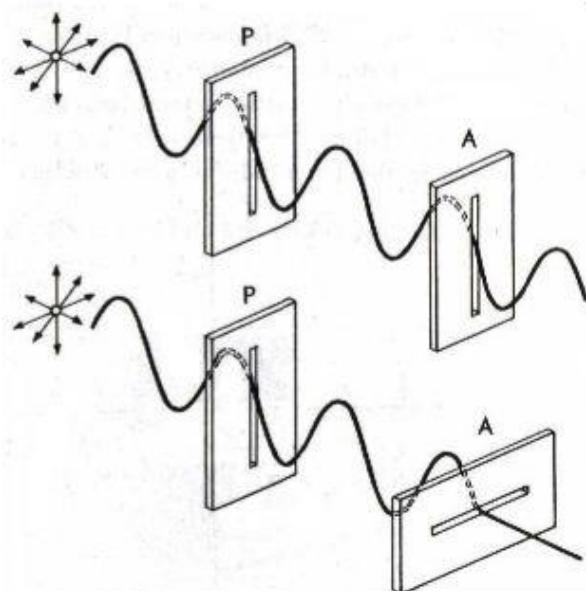
Polarizace



Filtry orientované stejně, světlo prochází



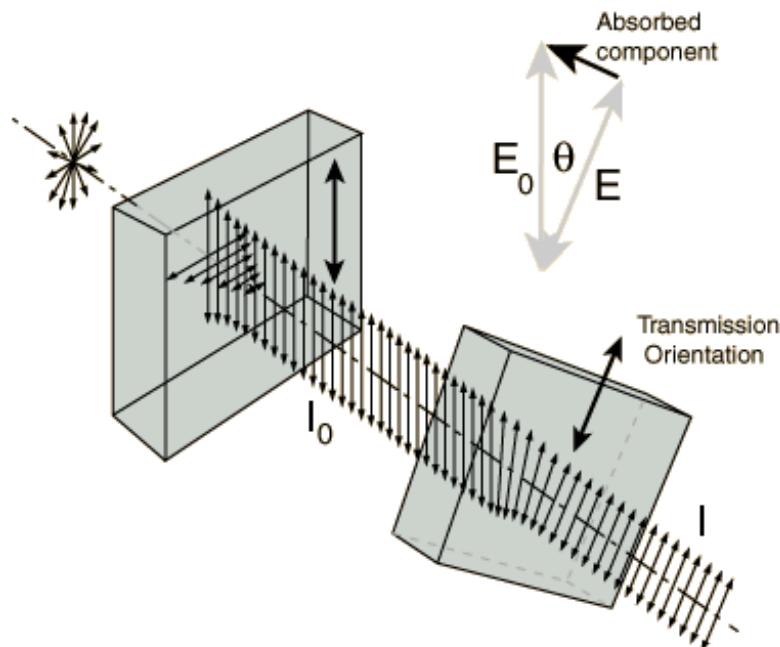
Filtry orientované kolmo na sebe, světlo neprochází





Polarizace

- Část světla kmitajícího pod úhlem x vzhledem ke směru krystalů či molekul, kterou materiál propustí, je daná Malusovým zákonem,



- $I = I_0 (\cos x)^2$
- kde I_0 je intenzita světla před průchodem a I intenzita propuštěného světla

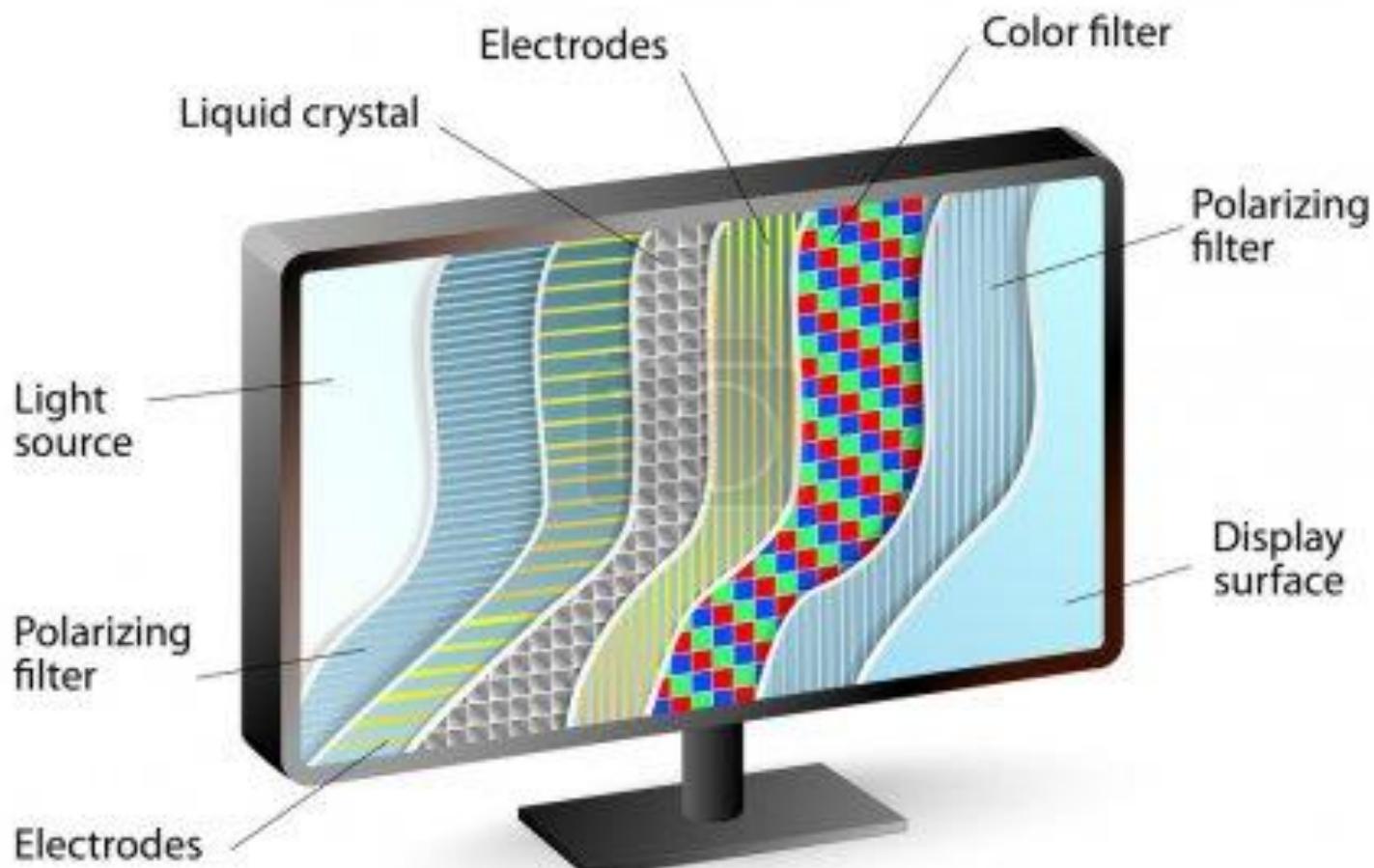


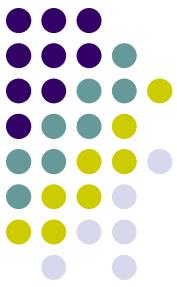
Kapalné krystaly

- **Kapalné krystaly** byly objeveny již v roce 1888 botanikem F.Reinitzerem v Praze
- Jsou to **anizotropní** kapaliny
- **Anizotropní** = látka má různé vlastnosti v **různých směrech**
- Molekuly kapaliny se samovolně **směrově uspořádávají**
- Molekuly mají velmi protáhlý tvar a polarizují světlo
- Působením vnějšího elektrického pole lze měnit směr natočení molekul (všechny molekuly mají **stejnou orientaci** natočení)
- Pomocí ovlivnění stočení krystalů v pixelu lze kontrolovat množství procházejícího **polarizovaného světla**



LIQUID CRYSTAL DISPLAY





LCD – stručný popis funkce

- <https://www.youtube.com/watch?v=jVtAag4BH0w>
- <https://www.youtube.com/watch?v=lZMnmtXY9JM>



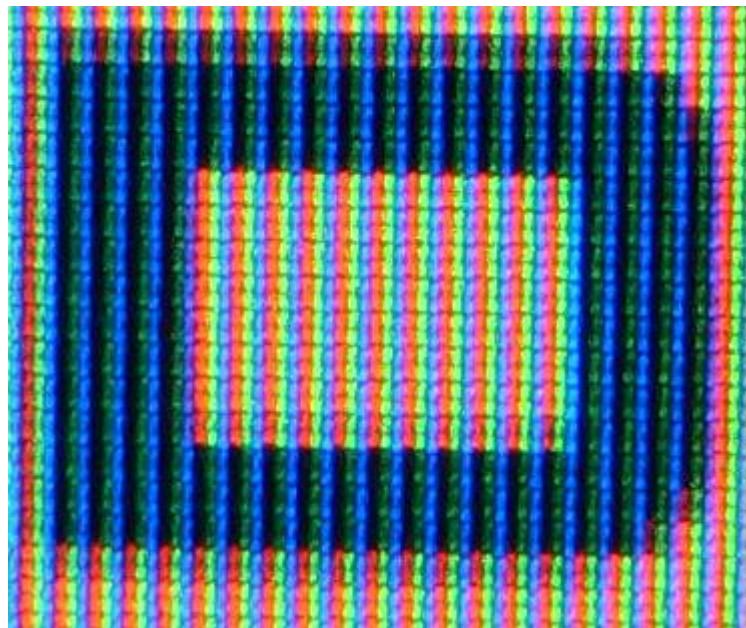
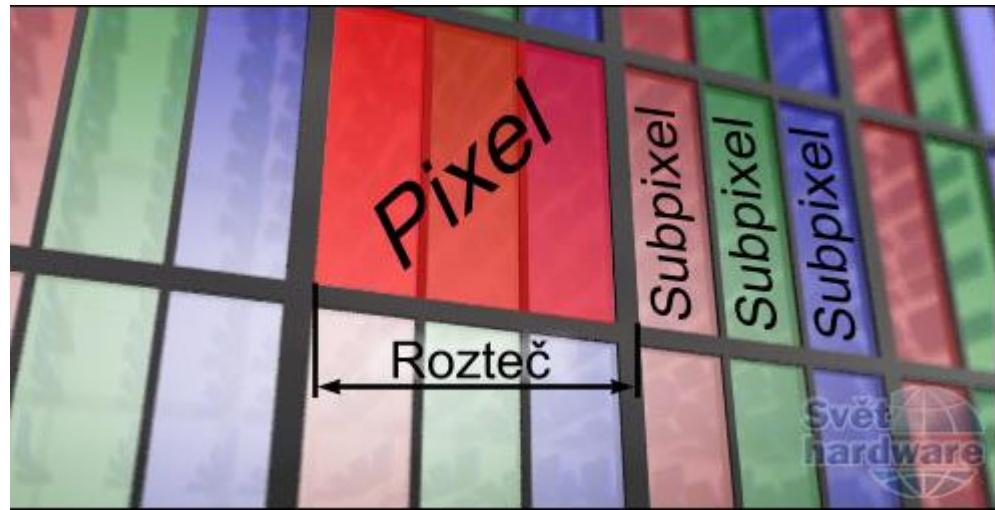
LCD – stručný popis

- Za obrazovkou je umístěné podsvícení
- Jako zdroj světla se používají malé **světelné trubice** nebo **LED**
- K co nejdokonalejšímu rovnoměrnému podsvícení povrchu slouží síť optických vláken a difuzerů, které světlo rozptylují rozvádějí po celé ploše obrazovky
- Toto světlo pak prochází **polarizačními filtry** a **kapalnými krystaly v jednotlivých pixelech**
- Uspořádání molekul kapalných krystalů způsobuje změnu **polarizace světla**, a tím reguluje množství světla, které pixelem projde
- Uspořádání molekul tekutého krystalu se mění v závislosti na elektrostatickém poli
- Barvu subpixelu zajišťuje průchod světla přes barevný filtr



LCD – základní parametry

- **Nativní rozlišení** – počet pixelů v horizontálním x vertikálním směru.
- Obraz v jiném než nativním rozlišením musí být obrazovým procesorem uvnitř LCD přepočítán – tím dochází k jeho degradaci (rozmařání, zkostrbatění)
- Po připojení LCD k počítači je nesmysl používat jiné rozlišení obrazovky než nativní (některý software však nemusí nativní rozlišení našeho LCD umět)
- Před nákupem LCD je dobré zjistit si, zda naše grafická karta vůbec umí vygenerovat obraz v nativním rozlišení daného LCD. (Kupovat LCD s rozlišením nepodporovaným grafickou kartou je fatální omyl)
- V současné době jsou běžně vyráběny LCD panely s tímto rozlišením
 - 1280x1024
 - 1024x600 (mininotebooky)
 - 1024x768 (notebooky)
 - 1280x960
 - 1280x800 (většina klasických notebooků)
 - 1366x768 (pouze LCD televize)
 - 1600x900
 - 1600x1050
 - 1920x1080 (FullHD)
 - 1920x1200
 - 3840x2160 (4k – UHD)
- Jeden pixel = tři barevné **subpixely**





LCD – základní parametry

- **Poměr stran**
- Běžně 5:4, 4:3, 16:9, 16:10
- **Úhlopříčka**
- Udává se v palcích
- Většina výrobců používá jako první dvojčíslí v typovém označení monitoru úhlopříčku (např. 2493, 237WD, 19LC)
- **Rozteč**
- Udává se milimetrech
- Je to šířka jednoho pixelu, tedy součet šířky tří subpixelů
- Subpixely jsou obdélníky (protažené vertikálně)
- Pixel složený ze tří obdélníkových subpixelů je čtvercový



LCD – základní parametry

- **Použitá technologie panelu**
- Jeden z nejdůležitějších parametrů
- V současné době se používají technologie TN, MVA, PVA, IPS
- Problém je, že někdy je těžké tuto informaci získat
- Výrobní technologie panelu určuje jeho další vlastnosti (kontrast, barevnou věrnost, pozorovací úhly, chování mrtvých pixelů...)
- Ve většině prospektů a katalogů ovšem tento údaj **nebývá uveden!** (výrobce mají zákazníky za pitomce a raději se je snaží omráčit falešnými údaji o kontrastu a odezvě)
- Zejména u některých LCD televizorů nelze technologii panelu zjistit ani v podrobných technických specifikacích ani na webu výrobce



LCD – základní parametry

- **Doba odezvy (response time)**
- Udává se v ms
- Původně chápáno jako čas, za který se dokáže změnit pixel z černé barvy na bílou a zpět na černou
- Tekuté krystaly nedokáží změnit orientaci v nekonečně krátkém čase, naopak jsou docela „líné“
- Doba potřebná k rozsvícení zhasnutého bodu na maximální jas (přechod 0-255) se označuje jako ***rise time***
- Doba potřebná k zhasnutí maximálně svítícího bodu (přechod 255-0) se označuje jako ***fall time***
- Celková doba odezvy je rovna součtu obou hodnot.
- Nižší hodnota udává lepší výsledek – krystaly v panelu rychleji reagují na změnu obrazu
- Vysoké hodnoty naopak znamenají, že na displeji bude rychle se měnící obraz zobrazen rozmazaně (zanechává šmouhy)



LCD – základní parametry

- Okamžitá změna z černé (0) na bílou (255) se vyskytuje málokdy
- Daleko častější je změna z jednoho středního odstínu do druhého
- Důležitějším typem odezvy je tedy hodnota **grey-to-grey**
- Udává například změnu z tmavě šedé (32) do světle šedé (128)
- Tato odezva bývá dnes nejčastěji udávána výrobci v jejich technických specifikacích
- Zatímco se dříve se udávala hodnota rise+fall dnes se udává pouze čas pro změnu v jednom směru a proto se numericky zdá, že dnešní výrobky mají mnohem kratší dobu odezvy



LCD – doba odezvy

- Dobu odezvy LCD nelze udávat jedním jediným číslem
- Doba odezvy je totiž různá pro různé skokové změny intenzity
- Například:
 - změna jasu bodu z hodnoty 50 na hodnotu 100 může trvat 8 ms
 - Změna hodnoty jasu bodu z hodnoty 100 na hodnotu 150 může trvat 3 ms
 - Změna hodnoty jasu bodu z hodnoty 150 na hodnotu 200 může trvat 1,5 ms
 - Jakou pak tedy má displej dobu odezvy???
- Největší problém - Odezva, kterou udávají výrobci, je pouze jedna jimi vybraná - tzn. nejlepší, která se u panelu vyskytuje
- Výrobce si prostě zvolí například změnu 100-220 a tu uvede v technických parametrech
- Jiné změny přitom můžou trvat mnohem déle (i mnohonásobně déle)
- Displej s udávanou hodnotou např. 5 ms, může některé přechody vykonat až po 30 ms
- **Zásada: neporovnávat kvalitu LCD displejů podle odezvy, kterou uvádí výrobci.**
- Pokud chcete opravdu zjistit, jakou má LCD displej dobu odezvy, je třeba prozkoumat všechny doby odezvy pro různé změny jasu – to pak lze shrnout v tabulce nebo grafu



LCD – Doba odezvy

Hodnoty odezvy v ms - HP Pavilion 23xi (e-IPS, W-LED, 7 ms)											
0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	255	SVĚT HLEDÁ VÁS
0	11,6	11,2	11,2	8,4	10	9,6	8,8	8,8	10	7,6	
25	2		8,4	10	11,2	9,6	9,6	10	9,2	8	7,6
50	4,8	6,4		8	10,8	9,2	8	8	8,4	8,4	8,8
75	5,2	6,4	6,7		8	8,4	8,4	10	7,6	7,6	6,7
100	4	8	9,2	8,4		7,6	9,6	8,8	7,2	7,2	7,2
125	5,6	5,6	8	8	8,8		7,8	8,4	6,7	8	6,4
150	5,2	10	7,6	8	9,2	8,6		7,9	8,8	8,8	6,8
175	6	6	6,7	9,6	8	8,4	8		8	7,9	4,8
200	6	6,8	8	9,2	9,6	9,6	8,8	8		7,8	4,6
225	6,4	6	10,4	7,6	10,4	6,8	8,8	5,6	5		4
255	8,4	6,7	7,2	5,6	9,2	5,2	7,2	8,8	8	7,9	

Změna jasu z hodnoty 100 na hodnotu 50 trvá 9,2 milisekundy



LCD – Doba odezvy

Hodnoty odezvy v ms - HP Pavilion 23xi (e-IPS, W-LED, 7 ms)											
	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	255
0		11,6	11,2	11,2	8,4	10	9,6	8,8	8,8	10	7,6
25	2			8,4	10	11,2	9,6	9,6	10	9,2	8
50	4,8	6,4			8	10,8	9,2	8	8	8,4	8,4
75	5,2	6,4	6,7			8	8,4	8,4	10	7,6	7,6
100	4	8	9,2	8,4		7,6	9,6	8,8	7,2	7,2	7,2
125	5,6	5,6	8	8	8,8		7,8	8,4	6,7	8	6,4
150	5,2	10	7,6	8	9,2	8,6		7,9	8,8	8,8	6,8
175	6	6	6,7	9,6	8	8,4	8		8	7,9	4,8
200	6	6,8	8	9,2	9,6	9,6	8,8	8		7,8	4,6
225	6,4	6	10,4	7,6	10,4	6,8	8,8	5,6	5		4
255	8,4	6,7	7,2	5,6	9,2	5,2	7,2	8,8	8	7,9	

Změna jasu z hodnoty 25 na hodnotu 0 trvá 2 milisekundy



LCD – Doba odezvy

Hodnoty odezvy v ms - HP Pavilion 23xi (e-IPS, W-LED, 7 ms)											
	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	255
0	11,6	11,2	11,2	8,4	10	9,6	9,6	8,8	8,8	10	7,6
25	2		8,4	10	11,2	9,6	9,6	10	9,2	8	7,6
50	4,8	6,4		8	10,8	9,2	8	8	8,4	8,4	8,8
75	5,2	6,4	6,7		8	8,4	8,4	10	7,6	7,6	6,7
100	4	8	9,2	8,4		7,6	9,6	8,8	7,2	7,2	7,2
125	5,6	5,6	8	8	8,8		7,8	8,4	6,7	8	6,4
150	5,2	10	7,6	8	9,2	8,6		7,9	8,8	8,8	6,8
175	6	6	6,7	9,6	8	8,4	8		8	7,9	4,8
200	6	6,8	8	9,2	9,6	9,6	8,8	8		7,8	4,6
225	6,4	6	10,4	7,6	10,4	6,8	8,8	5,6	5		4
255	8,4	6,7	7,2	5,6	9,2	5,2	7,2	8,8	8	7,9	

Změna jasu v opačném směru z hodnoty 0 na hodnotu 25 trvá 11,6 milisekundy



LCD – doba odezvy

Hodnoty odezvy v ms - Fujitsu P27T-7 LED (AH-IPS, W-LED, 5 ms)											
0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	255	SVĚT
0	10,4	13,4	12	8,3	6,7	7,9	7,8	4,7	5,6	6,2	H225
25	6,4		8,4	10,4	9,6	7,5	7,8	8	5,3	5,4	6
50	4,4	6,8		9,2	10,7	7	7,7	7,8	5,3	5,5	5,5
75	4,8	5,9	8,4		7,2	9,5	8,2	7,2	5,1	5,5	5,5
100	7,2	7,2	8,7	6,5		7,1	7,7	7,3	5,5	5,3	4,8
125	7,1	7	8,4	9,6	8,3		6,8	6	4,8	5,1	4,7
150	6,6	7,1	8,5	9	9	7,4		5,7	4,5	4,7	4,8
175	6,6	7,3	8,1	9	9	8	6,6		4	4,1	5
200	7,1	7,1	7,8	8,7	9,2	8,4	6,7	5,9		3,1	4,3
225	6,9	7,5	8,1	9,3	9,5	8,4	7,7	7,1	4,7		3,3
255	7,4	7,6	8,1	9,1	9,4	9	8,3	8,1	6,4	5	

Je zřejmé, že tento monitor má lepší dobu odezvy, než monitor ve spodní tabulce

Hodnoty odezvy v ms - Philips 278C4QHSN (e-IPS, W-LED, 7 ms)											
0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	255	SVĚT
0	9	10	10	10,7	9,8	9,5	10,1	9,4	8,4	9,7	H225
25	6,5		8,9	9,7	10,6	10,3	10,2	9,9	9,2	9,1	9,4
50	6,7	6,9		9,5	11,6	10,6	9,8	9,8	10	8,3	9,1
75	9,3	7,5	8,9		9,2	9,4	9,3	9,8	9,4	8,1	8,1
100	8,1	10,2	10	8,9		9	8,3	9,3	9,2	8,1	7,8
125	8,9	8,9	10,3	10,4	9		8,3	9,2	8,5	7,9	7,4
150	8	8,6	10,1	10,3	9,9	7,7		6,5	8,4	6,9	7,5
175	8,4	8,3	9,9	10,1	9,7	9,4	7,2		5,9	6,3	6,4
200	8,1	8,7	9,5	9,9	9,4	9,2	7,6	6,1		5,5	6,8
225	8	8,7	9,3	9,6	9,6	8,5	7,7	6,4	6,3		5,1
255	8,2	9	9	9,2	9	8,1	6,9	5,9	4,9	6,6	



LCD - Doba odezvy

		Hodnoty odezvy v ms - AOC I2369Vm (e-IPS, W-LED, 6 ms)										SVĚT MONITORŮ
0		25	50	75	100	125	150	175	200	225	255	
0	9,2	12,8	14,8	19,2	18,6	15,5	14,1	11,9	9,8	8,5		
25	3,6		8,6	9,6	11,6	13	14	12,9	11,3	9,6	8,2	
50	8	4,9		10,4	10,6	12,7	12,6	12,2	10,3	8,7	7,5	
75	8	5,9	9,6		7	8,9	10,7	10,9	9,2	8,2	6,9	
100	8,4	6,2	8,5	7,4		6	9,7	9,9	8,5	7,6	7,1	
125	9,5	8,8	10,8	10	7,3		5,6	8,4	7,2	7,1	6,4	
150	8	8,6	10,2	10	9,3	7,8		5	6,6	6,4	6,2	
175	7,7	9,1	10,7	11,4	11,4	10	5,6		3,8	8,5	6,4	
200	7	9,5	10,4	12,2	12,6	11,3	10	6,3		4,1	6	
225	8,1	9,9	10,5	11,8	12,3	12	10,3	5,4	5,6		5	
255	8,9	9,8	11,2	12	13,2	12,7	11,7	10,6	8,6	6		

Jestliže jsou naměřené doby odezvy pro přechody mezi různými jasy přibližně stejné, říkáme, že displej má **vyrovnanou dobu odezvy**

RESPONSE TIMES

To	0	26	51	77	102	128	153	179	204	230	255
From	0	6.23	7.92	7.84	8.35	7.94	7.76	7.34	6.92	5.79	5.69
26	3.90		6.86	7.34	7.82	7.74	7.57	7.24	6.77	6.28	5.57
51	3.72	5.87		6.52	7.48	7.46	7.31	7.05	6.63	6.15	5.48
77	3.37	5.71	6.17		6.69	7.03	7.17	6.90	6.51	6.06	5.35
102	3.54	4.89	5.61	6.44		6.91	6.84	6.76	5.77	5.92	5.24
128	3.47	4.74	5.57	6.20	6.96		6.88	6.65	6.28	5.87	5.18
153	3.51	4.53	5.17	5.94	6.18	6.23		6.43	6.20	5.78	5.08
179	3.51	4.45	5.05	5.62	5.96	6.18	6.19		5.49	5.68	5.09
204	3.57	4.36	4.93	5.47	5.75	6.01	5.98	6.00		5.68	5.08
230	3.58	4.37	4.88	5.36	5.71	5.96	6.04	5.96	5.69		5.21
255	3.74	4.37	4.87	5.34	5.67	5.93	6.00	6.00	5.95	5.65	

Tento displej má vyrovnanější dobu odezvy než displej na předchozí straně



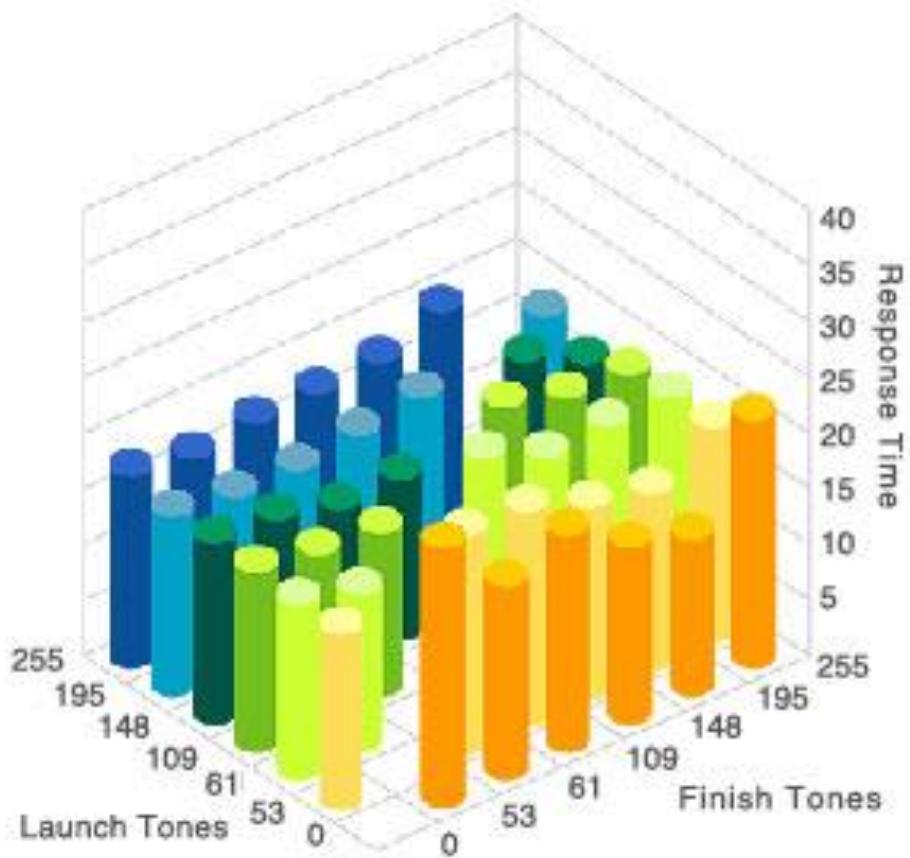
LCD – Doba odezvy

Hodnoty odezvy v ms - Philips 273P3QPYEB (A-MVA, W-LED, 6 ms)											
0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	255	
0	27,6	37,8	38,5	39,6	25,6	14,4	9,6	8,3	6,5	5,6	
25	6,6		14,4	16,3	18,8	12,1	11,8	9	7,9	5,9	5,9
50	7,6	12,2		10,3	13,2	10,6	9,4	8,5	6	5,1	5
75	6,7	12	12		10,4	10,4	8,6	6,9	6,2	4,5	4,4
100	6	15,2	19	10,1		7,5	7,5	6,7	5	4,1	3,7
125	6,2	12,3	17,5	14,1	10		6,5	5,9	4,5	3,7	3,2
150	5,8	15,2	16,9	13,2	11,7	8		4,4	4,2	3,3	2,8
175	5,9	14,8	16,8	15,1	12,2	9	5,3		3,4	2,8	2,6
200	5,5	13,7	16,8	14,4	11,6	9,1	7	5,5		2,9	2,1
225	5,7	12,8	16	14,7	11,9	9,9	7,6	5,4	3,5		1,7
255	6,2	13,2	16,4	13,2	11,3	9,5	8,1	6,4	4,5	2,9	

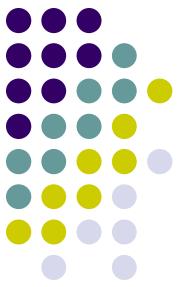
Jestliže se naměřené doby odezvy pro přechody mezi různými jasy významně liší, říkáme, že displej má **nevyrovnovanou dobu odezvy**



LCD – doba odezvy



Dobu odezvy lze vyjádřit i 3D grafem

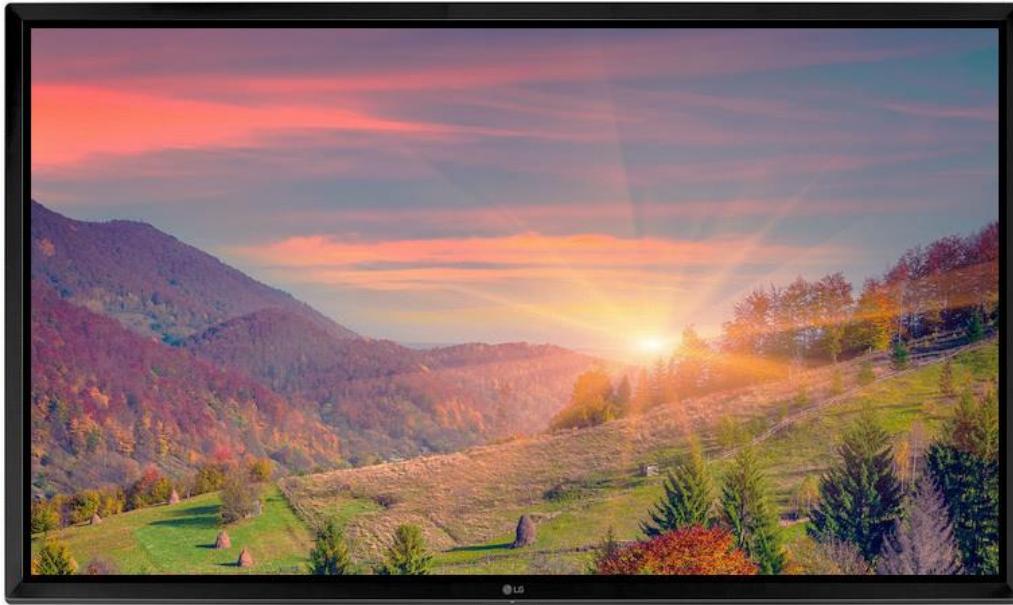


- Více o odezvě a jednoduché testovací animace
- http://www.lagom.nl/lcd-test/response_time.php#response_time_gif



LCD – základní parametry

- **Kontrast**
- Jeho hodnota je vypočítána z **poměru** svítivosti bílé a černé barvy
- Obě hodnoty jsou změřeny a dány do poměru
- Reálné hodnoty jsou hluboko pod reklamními údaji výrobců (až 1/4)
- Je to dáno tím, že laboratorní měření se provádí odlišným způsobem a jen na jednom pixelu
- Čím je kontrast vyšší, tím je černá černější a bílá bělejší
- Dnešní běžné hodnoty u průměrných LCD jsou 250:1, kvalitní LCD dosahují kontrast 1000:1.
- Špičkové modely (např. drahé televize) mají kontrast až 5000:1
- Monitor, který dokáže zobrazit dokonalou černou, má nekonečný kontrast – to ale právě LCD displeje neumí



Nízký kontrast



Vysoký kontrast



LCD – základní parametry

- Výrobci často místo kontrastu udávají tzv. **dynamický kontrast** (což je větší číslo a tak to klamně vypadá, že displej je lepší)
- Dynamický kontrast nevyjadřuje přímo kontrast, jaký dokáží zobrazit samotný tekuté krystaly
- Dynamický kontrast má smysl pouze při přehrávání videa
- Jde o kontrast, který **v průběhu času** dokáže LCD zobrazit, když se mění i **úroveň podsvícení**
- U filmů se uměle zvyšuje dynamika obrazu, tak že při tmavých scénách řídící chip displeje sníží podsvícení, aby byl obraz ještě tmavší a ve světlých scénách se zvýší jas displeje, aby byl obraz ještě světlejší
- Dynamický kontrast je pak poměr mezi jasem nejsvětlejšího bodu, když je celkový jas displeje nastaven na maximum a jsem černého bodu na displeji s celkovým jasem sníženým na minimum
- Pro **statický obraz**, prohlížení fotografií, prezentací, tvorbu webu, programování je dynamický kontrast k ničemu a automatické změny podsvícení mohou být naopak velmi rušivé (zvláště např. při úpravě fotografií)
- Hodnoty dynamického kontrastu dosahují až 50000:1 – jde dnes ovšem o **zcela bezcenný údaj** a výrobci jejich udáváním dělají ze zákazníků hlupáky



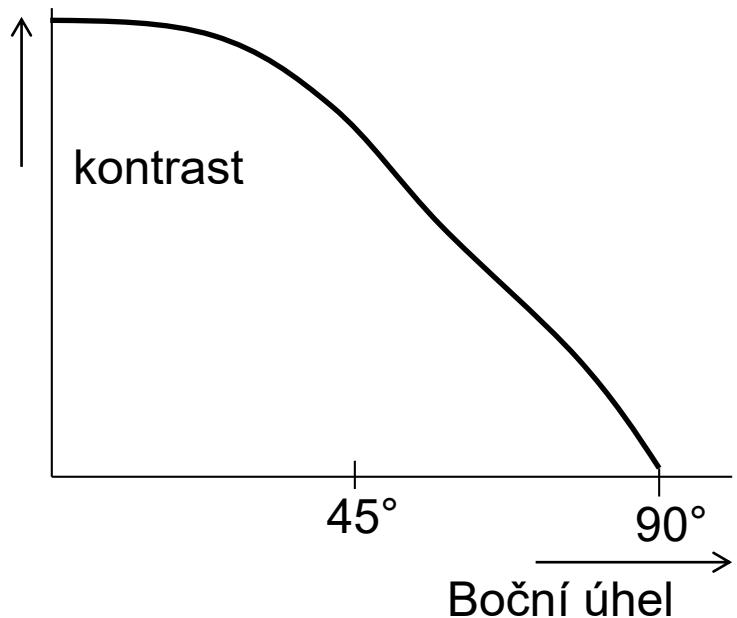
LCD – základní parametry

- **Pozorovací úhly**
- Při pohledu shora/zdola/z boku je obraz na LCD obvykle výrazně horší – klesá kontrast a dochází viditelné barevné odchylce
- Měl by se udávat úhel, ze kterého lze displej pozorovat bez výrazné změny barevnosti v horizontálním a vertikálním směru – to je ale značně volná definice
- U tohoto parametru výrobci velmi často zveřejňují nepravdivé informace, například uvádí až úhel, při kterém začne obraz přecházet do inverze (negativní zobrazení)
- Údaje udávané výrobcem jsou proto zcela bezcenné, pokud u nich výrobce neuvede metodiku měření
- Pozorovací úhly v horizontálním a vertikálním směru jsou různé, protože subpixely mají obdélníkový tvar (jsou protáhlé ve vertikálním směru a úzké v horizontálním)

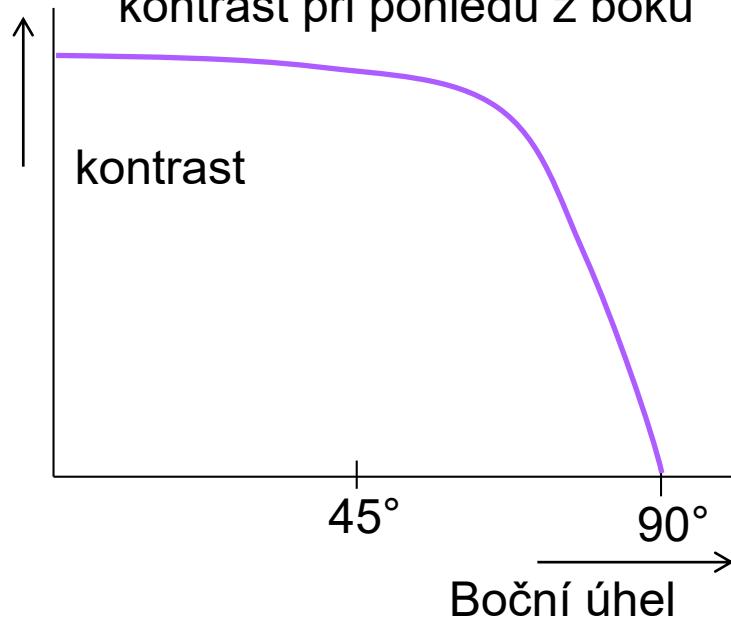


LCD – základní parametry

Pozorovací úhly



Tento displej má lepší kontrast při pohledu z boku



U obou displejů bude výrobce pravděpodobně uvádět pozorovací úhly 178°, ale jejich kvalita obrazu při pohledu z boku není stejná



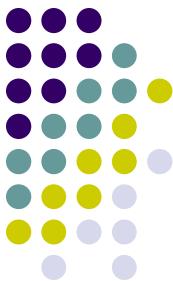
LCD – základní parametry

- Jas
- Udává se v **cd/m²** nebo **nits** ($1 \text{ cd/m}^2 = 1 \text{ nit}$)
- Hodnota se určuje tak, že všechny pixely zobrazí bílou barvu a změří se svítivost monitoru. Změřená svítivost se pak vydělí plochou displeje
- Čím vyšší je jas, tím lepší bude obraz na displeji např. při použití venku za slunečního světla
- Údaj je důležitý pro **TV** (jas by měl být alespoň **500 cd/m²**, aby byl srovnatelný s CRT televizní obrazovkou). Na TV s nízkým jasem vypadá obraz málo „živý“
- Pro počítačové monitory, které sledujete ze vzdálenosti několika cm je dostačující i jas okolo 150 cd/m^2
- Nejnižší jas mívají displeje na notebookech (také kvůli šetření energie při napájení z akumulátoru)
- Jas LCD obvykle **postupně klesá** (např. o 10% po každých 10000 hodin provozu)
- Pokud u nového LCD musíte nastavit jas na maximum, aby se vám obraz líbil, budete mít časem problém – jas se bude postupně snižovat a není zde rezerva, aby šel nastavit vyšší



LCD – základní parametry

- **Input lag** – zpoždění na vstupu
- LCD displeje zpracovávají vstupující obrazový signál a provádí jeho případné **úpravy a přepočty** (gamma, dithering, převzorkování rozlišení...) než je snímek zobrazen
- Toto zpracování zabere určitý postřehnutelný čas (jednotky milisekund)
- Při běžné práci takové zpoždění prakticky není zjistitelné, ale náruživý hráči **počítačových her** ho mohou zaznamenat (na displeji se děj hry odehrává později, než jak ho počítač generuje) a zjistí, že se prodloužila okamžitá odezva na vizuální podnět



LCD - historie

- Myšlenka **LCD** (Liquid Crystal Display) se zrodila již v roce 1968 a o rok později James Fergason objevil tzv. TN (Twisted Nematic) efekt, který je základem všech displejů založených na tomto principu - tím je využívání polarizovaného světla a natáčení tekutých krystalů v elektrickém poli pomocí přivedeného napětí
- Rok 1973 - britský vědec George Gray našel způsob, jak učinit tekuté krystaly stabilní i za normálních tepelných a tlakových podmínek
- Až za dlouhých 13 let (v roce 1986) uvedla společnost NEC pro osobní počítače **první LCD monitor**
- První LCD byly tzv. „**pasivní**“ (DSTN)
- Protože tehdy bylo z hlediska technologie nemyslitelné, aby pro každý pixel matrice byla k dispozici jedna elektroda, tak byla každému řádku a sloupci přiřazena pouze jediná
- Každý bod (pixel) matrice, který byl jednou adresován jen velmi pomalu měnil svůj stav
- Výsledkem byl rozmazaný a neostrý obraz.
- Obrovské zpoždění pasivních displejů (zpoždění DSTN bylo v řádu 100ms) vyřešily až aktivní displeje TFT, které většinu hlavních neduhů starší technologie vymazaly
- **Aktivní TFT** používá tranzistoru ke každému bodu matrice (odtud název TFT - tenký fóliový tranzistor)
- Aktivace pixelu tímto způsobem je o jeden až dva řády rychlejší

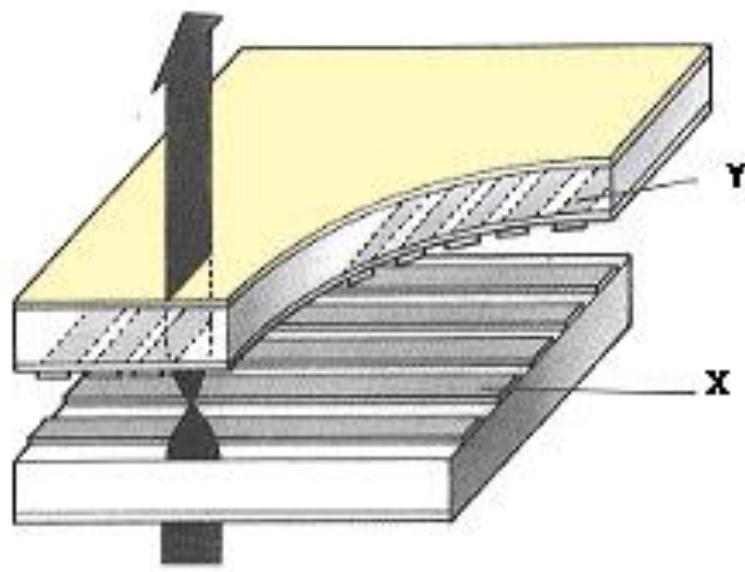
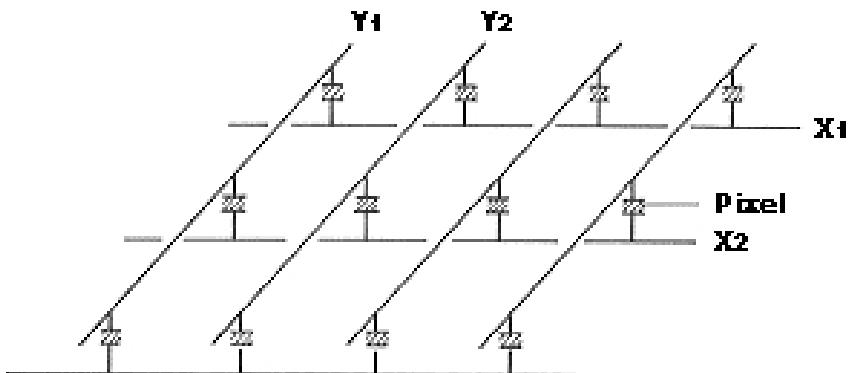


Pasivní displeje

- **Pasivní displej** – levná a zastaralá technologie
- **Mřížka** vodičů s pixely nacházejícími se na každém průsečíku v mřížce.
- Mají elektrody v řádcích pod pixelem a elektrody umístěné ve sloupcích pod pixelem.
- Průsečíky řádků a sloupců tvoří pixel.
- Když elektrický impuls projde jedním **řádkem** a jestliže určitý **sloupec** je uzemněný, tak vznikne elektrické pole, které může změnit stav kapalného krystalu (z bílého na černý).
- Jejich hlavním znakem je jediný obvod pro řízení celého bloku pixelů - typicky pro řádky nebo sloupce
- Problémy vznikají, když počet řádků a sloupců narůstá, protože s vyšší hustotou pixelů musí být velikost elektrody redukovaná a velikost napětí nutně narůstá.
- Vybraný pixel je aktivní (černý), ale okolí je rovněž částečně aktivní (šedé). Částečně aktivní pixely snižují kontrast a kvalitu obrazu na monitoru
- Nejjednodušší LCD zobrazovače s pasivní maticí jsou sedmisegmentové zobrazovače



Pasivní displej



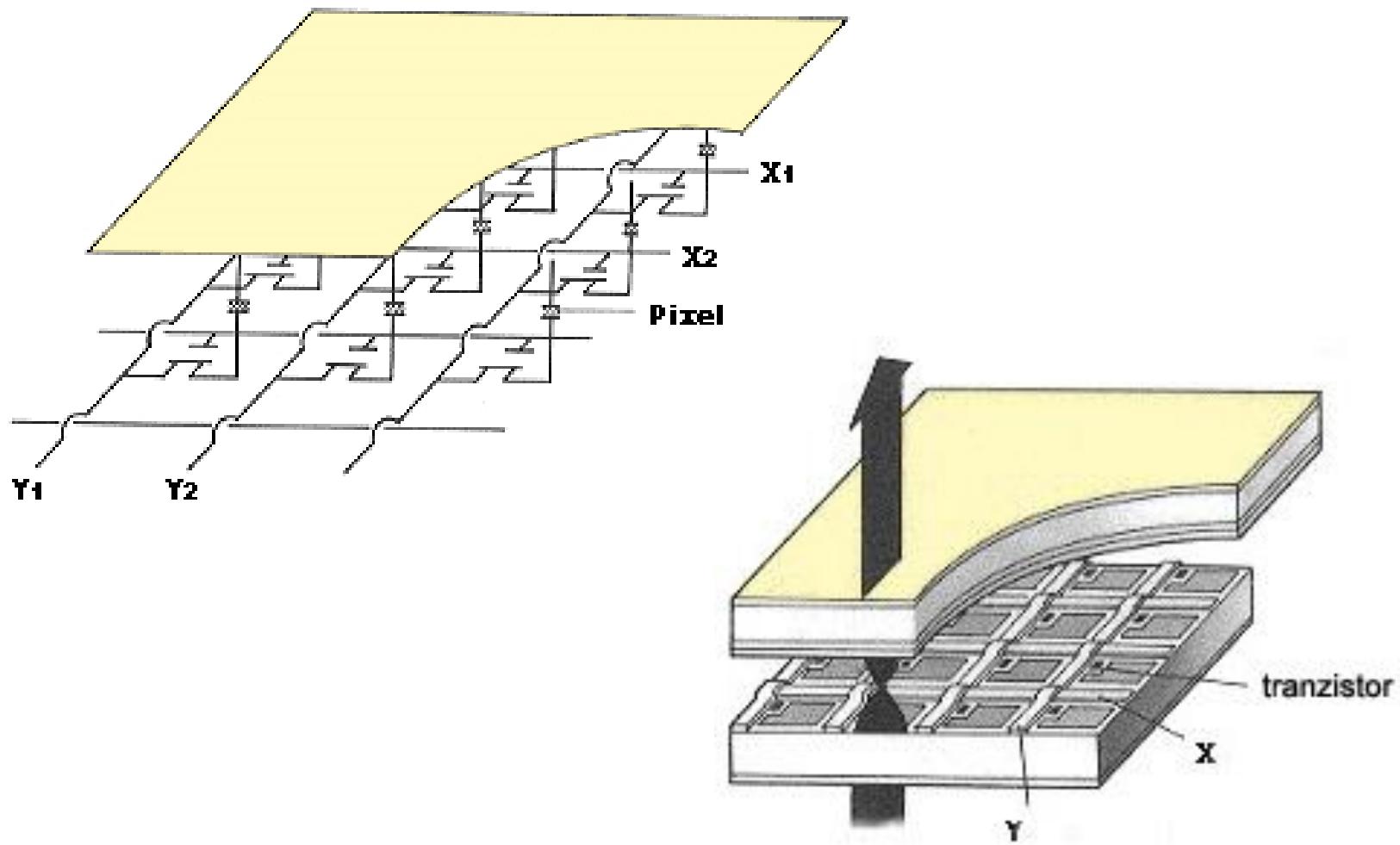


Aktivní displeje

- **Aktivní displeje** – mnohem dražší moderní technologie
- Využívají pro každý z obrazových bodů samostatnou vrstvu tranzistorů **TFT** (Thin Film Transistor), které zajišťují aktivaci pixelu
- Odpadá problém s částečnou aktivací sousedních pixelů, obraz je tedy ostrý
- Jsou **poruchovější** (vadné pixely) ale umožňují mnohem vyšší obnovovací frekvenci
- Všechny dnes používané LCD displeje ve výpočetní technice jsou **aktivní** a pixely jsou řízené **TFT tranzistory**



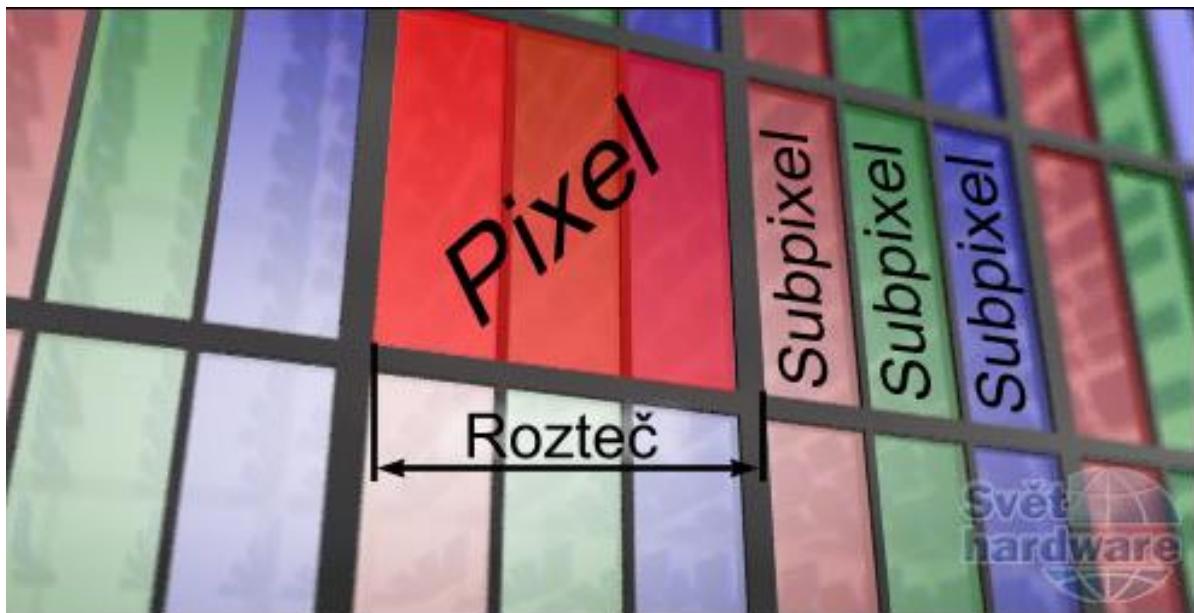
Aktivní displej





TFT

- TFT (Thin Film Tranzistor) – tenký fóliový tranzistor
- LCD z rozlišením 1920x1080 (FullHD) má 2073600 pixelů
- Každý obrazový pixel je složen ze tří barevných bodů – subpixelů
- Každý subpixel je řízen vlastním tranzistorem
- Tranzistorů je tedy celkem 6220800





Technologie TN

- TN – Twisted Nematic
- **Nejstarší** z technologií LCD panelů
- **Nejhorší** obrazové parametry ze všech technologií, přesto je nejpoužívanější, protože je levná
- Jedinou výhodou TN panelů je jejich nízká cena a **velmi dobrá odezva** (Krystaly lze rychle pootočit do požadovaného směru)



Technologie TN

- U této technologie se používají molekuly, které tak mají snahu ležet **ve vrstvách**, které jsou vzájemně pootočené
- To znamená, že v každé vrstvě je jejich směr více pootočený
- V TN displejích je kapalný krystal umístěn mezi dvěma navzájem pootočenými polarizačními filtry
- Jejich vnitřní povrch je speciálně upravený drážkováním tak, aby molekuly na povrchu ležely stejným směrem jako polarizační filtry.
- Pokud by mezi polarizačními filtry tekutý krystal nebyl, světlo by jimi neprocházelo (filtry jsou vzájemně pootočené o 90 stupňů)
- Točící se struktura molekul postupně po vrstvách **mění úhel natočení procházejícího světla** a způsobí, že projde i druhým polarizačním filtrem
- Po připojení napětí se rozpadne šroubovitá struktura a většina molekul se srovná ve směru elektrického pole
- Výsledný efekt je ten, že nedochází k otočení roviny procházejícího polarizovaného světla a světlo buňkou neprochází.

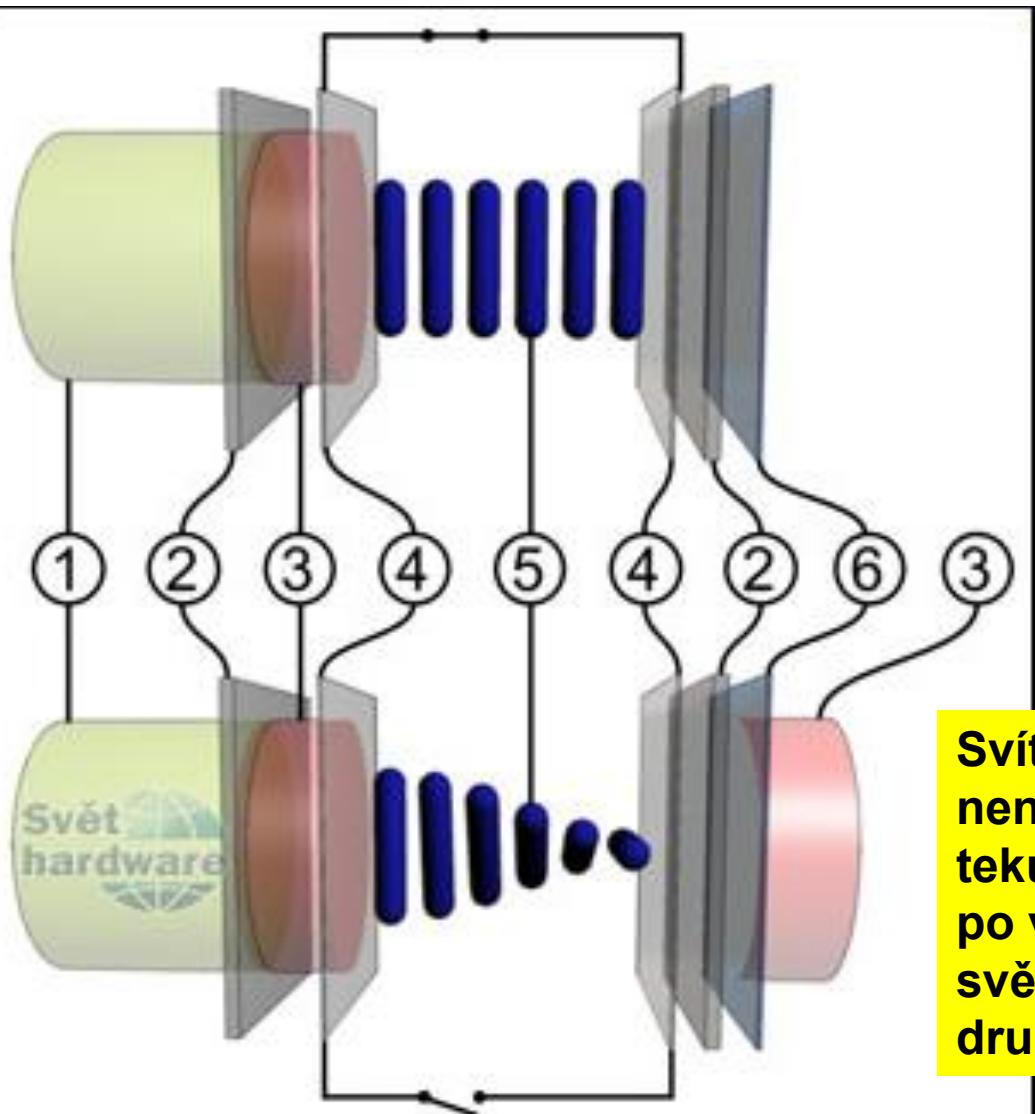


Technologie TN

- Bez tekutých krystalů mezi filtry by světlo procházející jedním polarizačním filtrem bylo blokováno filtrem druhým
- Molekuly tekutých krystalů jsou bez vnějšího elektrického pole ovlivněny mikroskopickými drážkami na elektrodách.
- Drážky na elektrodách jsou vzájemně kolmé, takže molekuly jsou srovnány do spirálové struktury a stáčí polarizaci procházejícího světla o 90 stupňů, což mu umožňuje projít i druhým filtrem
- V okamžiku vzniku el. pole jsou molekuly tekutých krystalů taženy rovnoběžně s elektrickým polem, což snižuje rotaci polarizace světla v tekutém krystalu mezi polarizačními filtry
- Pokud nejsou tekuté krystaly vůbec stočené, procházející světlo bude polarizováno kolmo k druhému filtru a bude úplně blokováno a subpixel se bude jevit jako černý.
- Pomocí ovlivnění stočení krystalů v subpixelu lze kontrolovat množství procházejícího světla, tzn. jeho svítivost

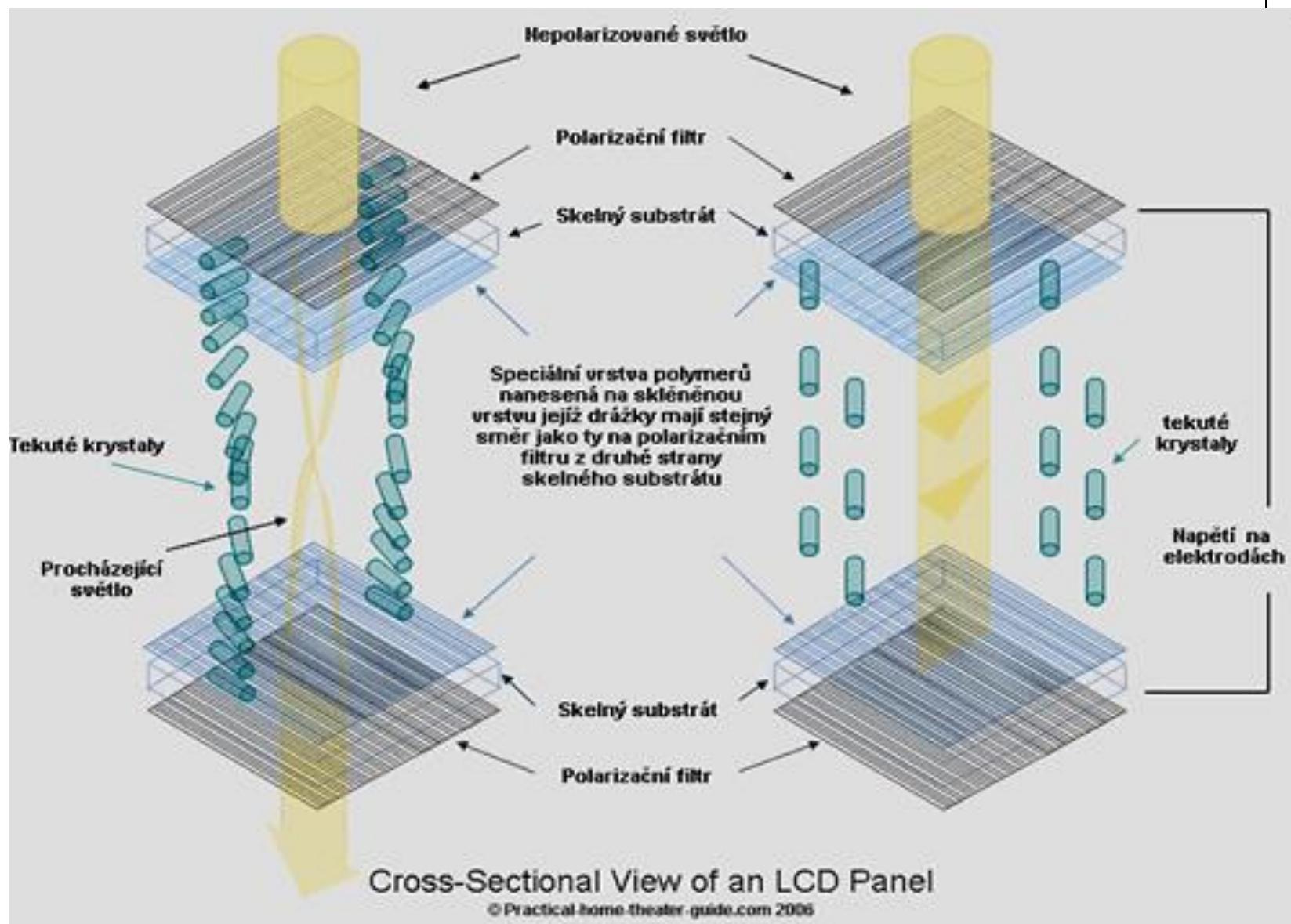


Technologie TN



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

Svítící pixel, žádné napětí není přivedeno. Molekuly tekutého krystalu postupně po vrstvách polarizované světlo otočí do směru druhého filtru





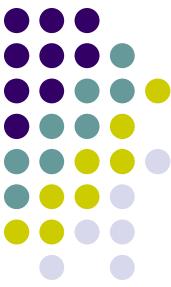
TN - nedostatky

- Nízké pozorovací úhly jsou uměle zvětšovány pomocí naneseného spec. filmu
- U technologie TN při pohledu **shora obraz výrazně světlá**, při pohledu **zdola naopak prudce tmavne** až přejde do inverze a znova světlá
- Výrobce často uvádí vertikální pozorovací úhel $2 \times 85^\circ = 170^\circ$, ale například při pohledu z úhlu 45° je obraz daleko horší než při úhlu maximálním
- V horizontálním směru, pokud se začnete přibližovat okrajovému úhlu, obraz začne rapidně žloutnout a ztrácat kontrast
- Tato technologie také trpí syndromem **svítících mrtvých pixelů** - aby krystal zabránil propouštění světla, musí do něj být přivedeno napětí, pokud je však na krystalu napětí nulové (vada tranzistoru), krystal světlo propouští a bod trvale svítí
- Druhé úskalí je zapříčiněno šroubovitým uspořádáním molekul. Toto uspořádání je totiž velice složité a dochází k velkým nepřesnostem a právě kvůli nepřesnostem a barevné podání velmi slabé
- **Podání barev je nejhorší** ze všech technologií, hodí se pouze do kanceláře



TN - barvy

- Všechny TN panely používají pouze **6-bitové** hodnoty pro barevné složky
- Molekulu lze nastavit pouze do **64 různých úhlů pootočení (narušení spirály)**
- Každý subpixel tedy může mít pouze 64 různých úrovní jasu
- 8-bitové TN panely jsou ve skutečnosti 6-bitové s ditheringem
- Pixel může nabývat pouze jedné z **262000 barev**
- Přesto výrobci TN-LCD obvykle uvádějí ve svých specifikacích, že zobrazí 16 mil. barev
- Jde o falešné barvy, které jsou dosaženy tzv. **ditheringem**



Dithering

- **Dithering** je metoda, kdy dochází k optickému klamu podle následujícího příkladu: Displej dokáže zobrazit pouze černou a bílou barvu. Jak docílit 50% šedé?
- Stačí vedle sebe na střídačku rozmístit bílé a černé pixely a pokud se na obrazec koukneme z dostatečné vzdálenosti, aby zmizel vzorek, vidíme šedou barvu
- Stejně funguje i dithering u velmi starých LCD
- **16 milionů barev** je obvykle dosaženo složením výsledné barvy v oblasti 2x2 pixelů (zprůměruje se barva všech 4 pixelů a barevné složky se namíchají z 64-stupňů jasu násobených sílu 4 subpixelů)
- Každý jednotlivý pixel této oblasti má ale úplnějinou barvu než by měla být jeho originální, proto aby spolu se sousedními vytvořil výslednou „truecolor“ barvu v matici 2x2
- Barevné rozlišení obrazu je tedy poloviční
- **Moderní LCD tento typ ditheringu nepoužívají**



FRC dithering

- Dithering s **FRC** je forma, kdy dochází k dopočítávání barvy vlivem poblikávání pixelu mezi dvěma barvami
 - Pokud se má zobrazit 50% jas, tak stačí, aby pixel blikal mezi bílou a černou s dostatečnou frekvencí, aby si oko tyto dvě barvy spojilo (v čase zprůměrovalo) jako výslednou šedou
 - Pokud displej používá FRC, je obraz neklidný
-
- TN 6-bitový panel zobrazí pouze jasy 0, 4, 8, 12, „, 128, 132, „, 252 v porovnání s hodnotami 0~255, které umí 8-bitový panel lepší technologie
 - Dithering může vybrat pouze z těchto hodnot, aby „vyrenderoval“ barevný obraz



Pasivní displeje STN a CSTN

- **STN** – Super twisted nematic
- Klasický TN displej má tekuté krystaly zkroucené o 90 stupňů v klidu a 0 stupňů po připojení napětí
- STN displej má tekuté krystaly, jejichž zkroucení se pohybuje mezi 180 až 270 stupni
- STN displeje se obvykle vyrábějí bez podsvícení a fungují jako reflexivní – odrážejí světlo z vnějšího okolí, tzn. že potmě nesvítí a nic na nich neuvidíme
- Mají pomalou odezvu a jsou monochromatické (jednobarevné, což nemusí být nutně černobílá kombinace)
- **CSTN** displeje jsou barevným rozšířením STN, používají klasickou trojici subpixelů RGB
- STN a CSTN displeje jsou **velmi levné**, ale obrazová **kvalita je nízká**. Najdeme je např. jako malé informační panely na některých digitálních zařízeních



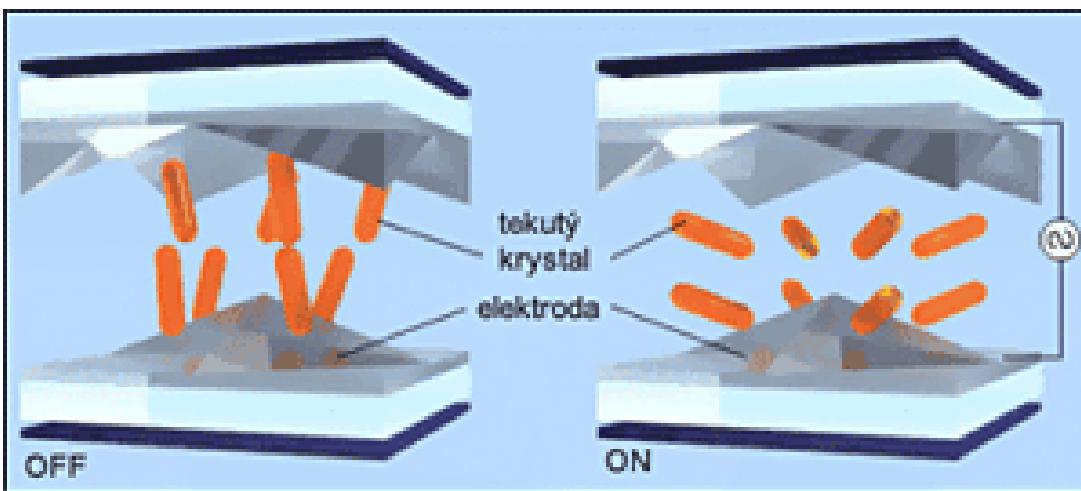
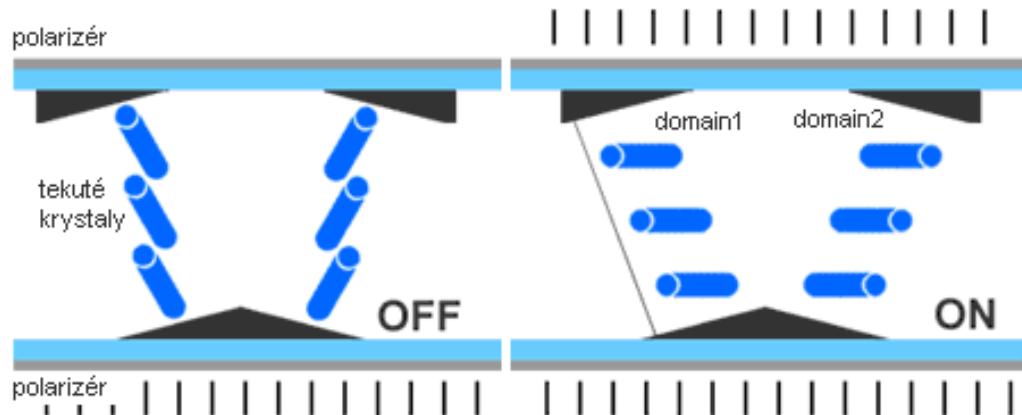
MVA a PVA

- xVA - **Vertical Alignment**
- MVA = Multi-Domain Vertical Alignment
- Tyto technologie jsou založeny na myšlence orientovat molekuly tekutých krystalů vertikálně
- molekuly se otáčejí pouze o 45° a v klidovém stavu připomíná jejich uspořádání stromeček
- subpixely v tomto klidovém stavu světlo nepropouští
- Působením elektrického proudu dochází k „otevírání stromečku“, čímž se ovlivní polarizace světla tak, že obrazovým bodem může procházet
- Elektrody mají specifický „jehlanový“ tvar, který je náročnější na výrobu
- PVA = Patterned Vertical Alignment - Jedná se o novější variantu zobrazovací technologie MVA
- Molekuly jsou rozděleny do domén, ve kterých jsou orientovány prostorově
- Další nadstavbou je S-PVA – subpixely jsou rozděleny do dvou oddělených zón, přičemž každá zóna má 4 domény. Každý pixel se tedy skládá z 8 domén.



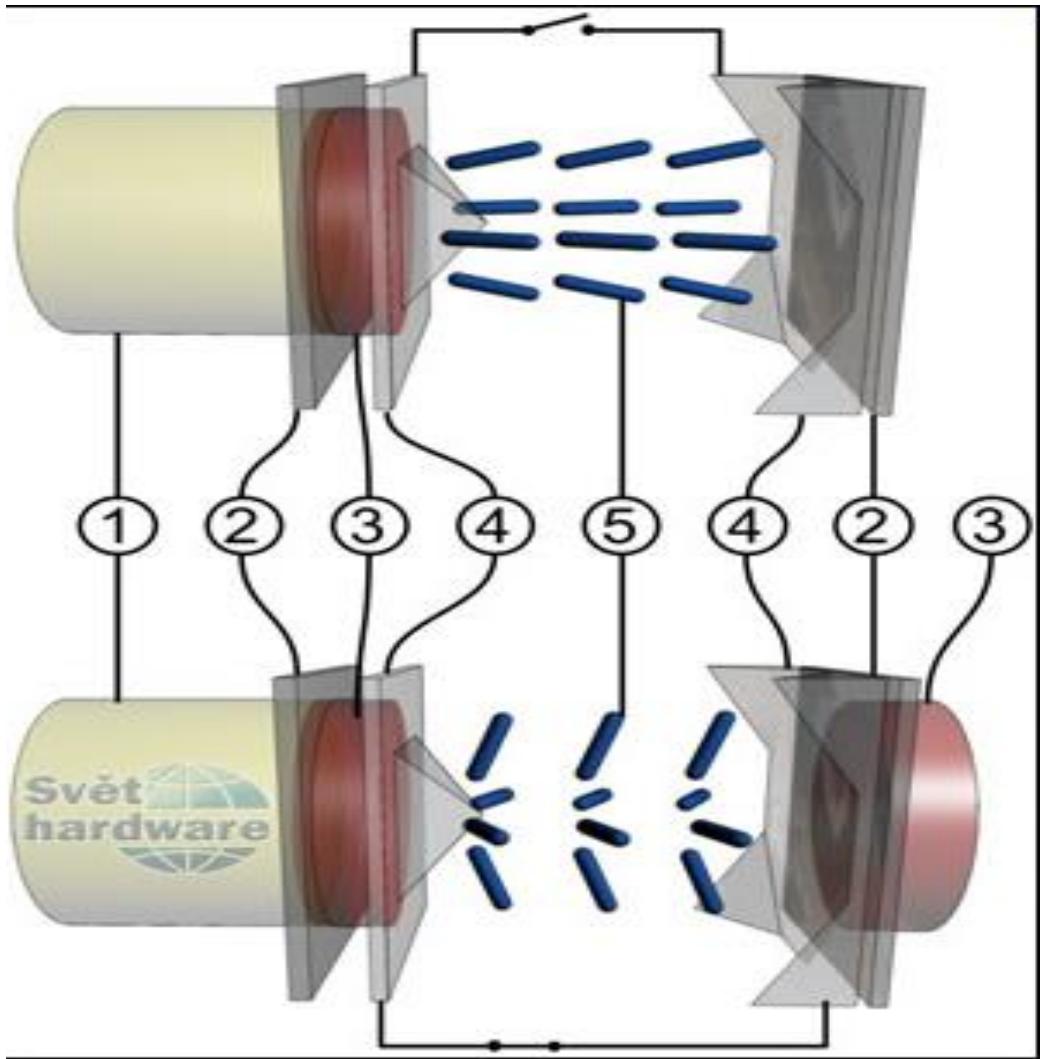
MVA

MVA Multi-Domain Vertical Alignment





Vypnuto, bod nesvítí



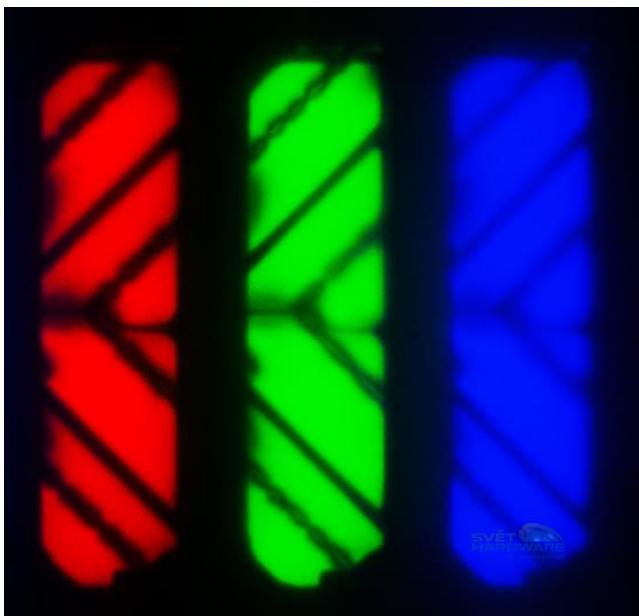
- 1- Zdroj bílého světla
- 2- Polarizační filtr
- 3- Polarizované světlo
- 4- Elektrody
- 5- Tekuté krystaly

Zapnuto, bod svítí

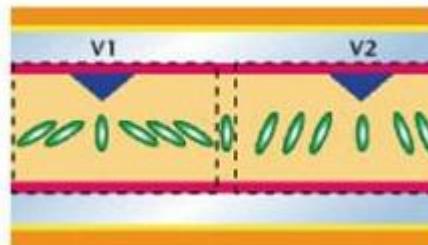


S-PVA

- Supixel S-PVA je rozdělen do dvou zón a intenzita jasu se reguluje výrazně lépe.
- Pokud má bod zobrazit např. 50% jas, tak vypne jednu zónu a druhou nechá na 100 %.
- V praxi to vypadá tak, že nejdříve začne slábnout intenzita uprostřed daného subpixelu (zóna1) a na okrajích (zóna2) stále svítí naplno.
- Když jas klesne pod 50 %, dojde k pohasínání i krajních částí.

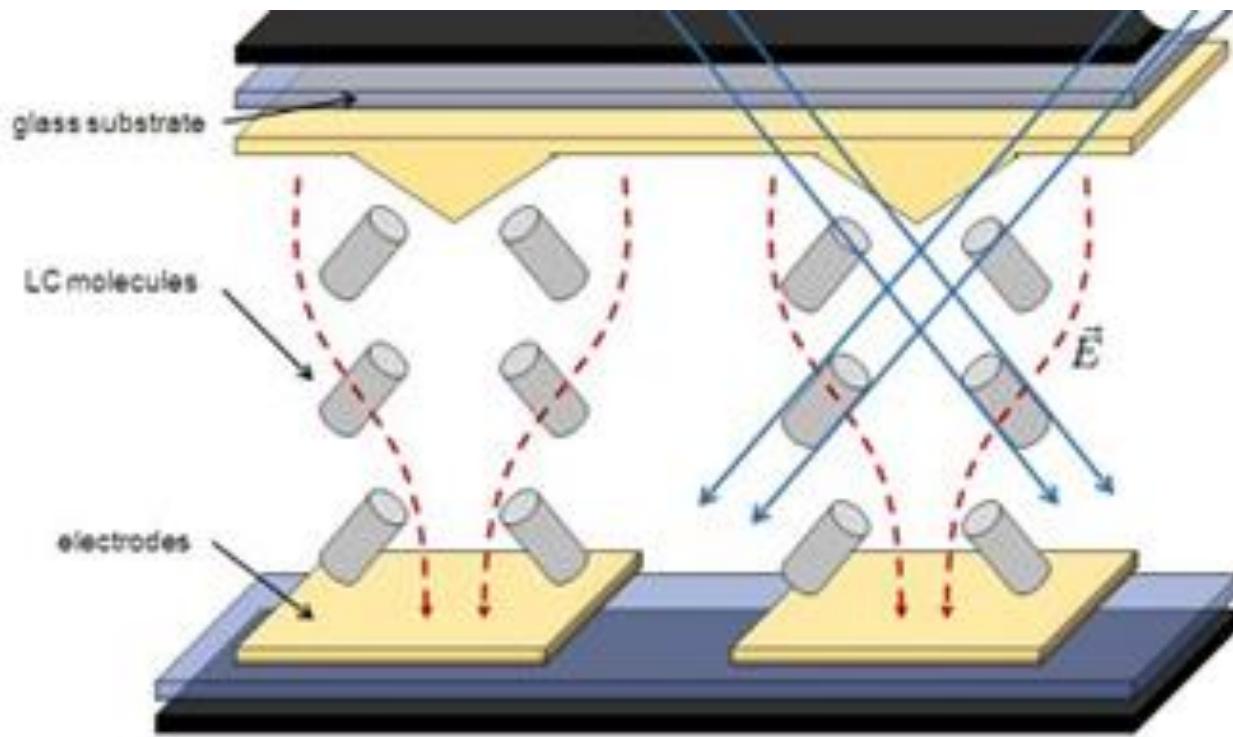


4 azimuthal x 2 polar domain





S-PVA





Výhody xVA

- Technologie xVA částečně odstraňuje problém vadných pixelů
- **Vadný bod** zde nesvití, ale je **trvale zhasnutý** – tím pádem je nenápadný a neruší
- Pozorovací úhly jsou stejné ve vertikálním i horizontálním směru a jsou výrazně lepší než u TN displejů
- **Kontrast** může přesáhnout 1000:1
- Černá barva je opravdu **černá**
- Řízení jasu subpixelu je 8-bitové
- Barvy jsou $3 \times 8\text{b} = 24$ bitové a poměrně věrné
- Rozdíl v kvalitě zobrazení oproti TN technologii je okem na první pohled rozeznatelný
- **Doba odezvy** bývá o dost delší ve srovnání s technologií TN
- xVA displeje mají velmi **nevyrovnou dobou** odezvy
- xVA displeje mezi ze všech variant LCD displejů nejdelší a nejnevyrovnanější dobu odezvy, ale mají nejtmavší zobrazení černé a díky tomu vynikající kontrast

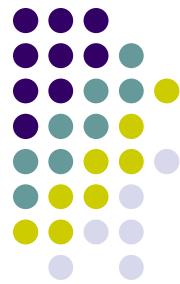


LCD – Doba odezvy

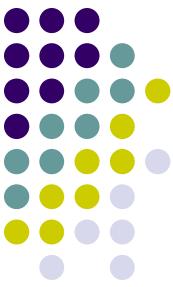
Hodnoty odezvy v ms - Philips 273P3QPYEB (A-MVA, W-LED, 6 ms)											
0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	255	SVĚT HODNA
0	27,6	37,8	38,5	39,6	25,6	14,4	9,6	8,3	6,5	5,6	
25	6,6		14,4	16,3	18,8	12,1	11,8	9	7,9	5,9	5,9
50	7,6	12,2		10,3	13,2	10,6	9,4	8,5	6	5,1	5
75	6,7	12	12		10,4	10,4	8,6	6,9	6,2	4,5	4,4
100	6	15,2	19	10,1		7,5	7,5	6,7	5	4,1	3,7
125	6,2	12,3	17,5	14,1	10		6,5	5,9	4,5	3,7	3,2
150	5,8	15,2	16,9	13,2	11,7	8		4,4	4,2	3,3	2,8
175	5,9	14,8	16,8	15,1	12,2	9	5,3		3,4	2,8	2,6
200	5,5	13,7	16,8	14,4	11,6	9,1	7	5,5		2,9	2,1
225	5,7	12,8	16	14,7	11,9	9,9	7,6	5,4	3,5		1,7
255	6,2	13,2	16,4	13,2	11,3	9,5	8,1	6,4	4,5	2,9	

xVA displeje mají nevyrovnanou dobu odezvy

IPS



- IPS = In Plane Switching
- S-IPS je vylepšená (kratší doba odezvy) verze IPS
- Elektrody se nacházejí ve stejné rovině
- U těchto panelů jsou molekuly tekutých krystalů v klidovém stavu souběžně se základní rovinou
- Ve vypnutém stavu panel světlo nepropouští. Po přivedení napětí se tekuté krystaly pootočí až o 90 stupňů, čímž umožní průchod světla
- Tento typ LCD displejů poskytuje **nejvěrnější barevné podání** (barvy jsou pochopitelně 3x8b)
- Nejčastěji jsou používány v televizní technice
- Dominantním výrobcem těchto displejů je firma LG-Philips



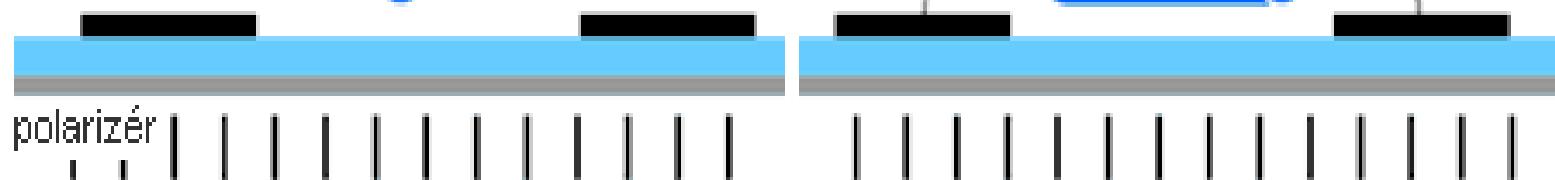
IPS In-Plane Switching

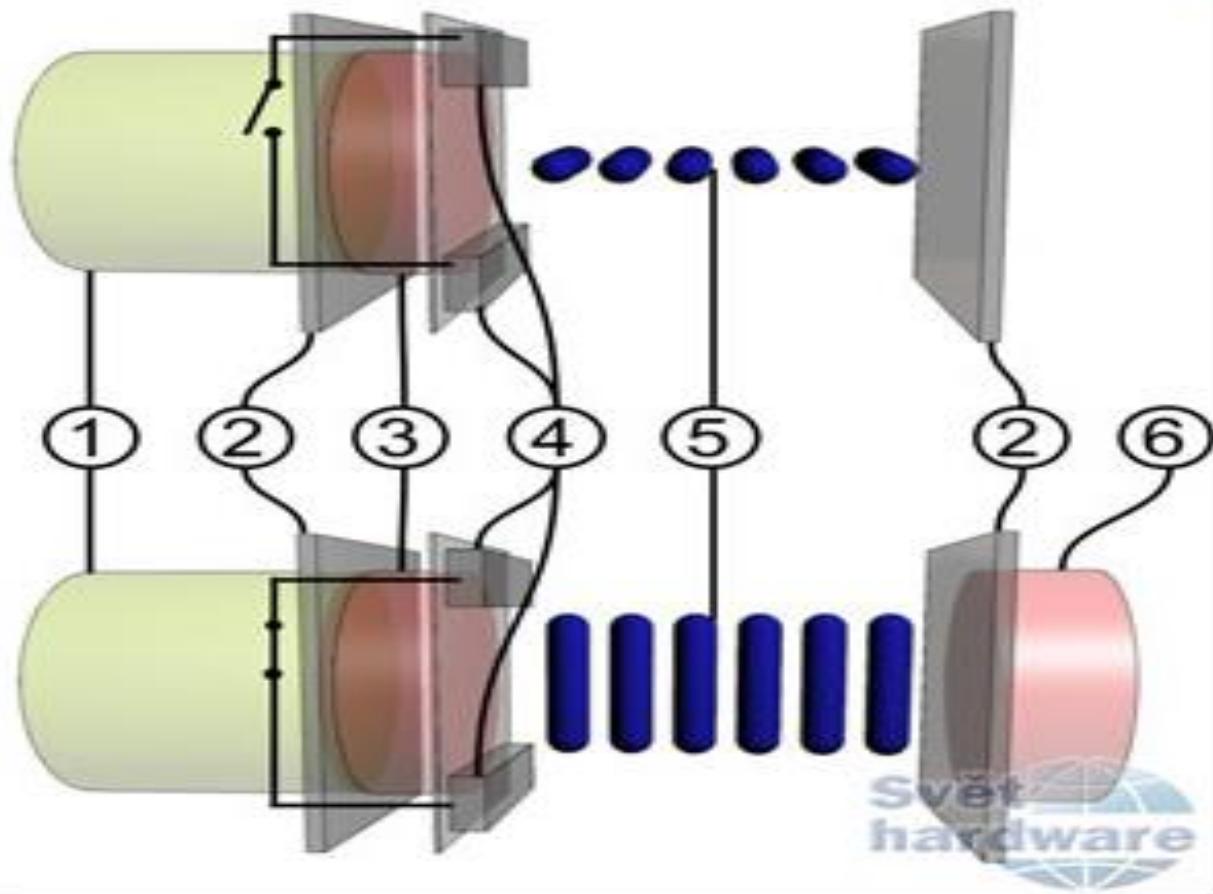
polarizér



tekuté
krystaly

elektrody

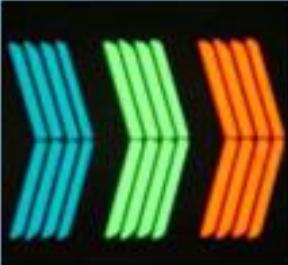
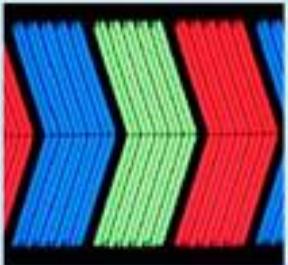
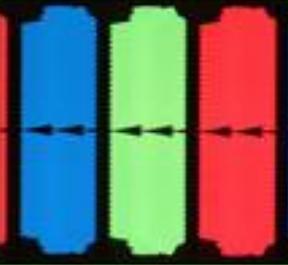




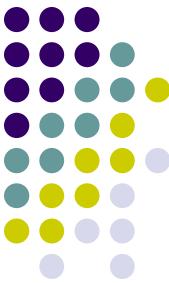
- 1- Zdroj bílého světla
- 2- Polarizační desky
- 3-Polarizované světlo
- 4- Elektrody
- 5- Tekuté krystaly
- 6- Polarizované světlo



IPS

Nickname (Year)	S-IPS (1998)	AS-IPS (2002)	IPS-Pro (2004 -)
Advantage	Color Shift Free	High Transmittance	High Contrast Ratio
Transmittance	100	130	156
Contrast Ratio	137	250	313
Plane View Electrode Structure and LC Molecule Operation	Electrode  LC Molecule (L/R Rotation) Two Domains	Transparent Electrode  Shield Signal Line by Common electrode	Transparent Electrodes  Inter Digital Pixel and Plane Common Electrodes
Front View Photograph of a Pixel			

IPS



- S-IPS displeje jsou nejdražší v porovnání s ostatními technologiemi
- Mají nejvěrnější podání barev a nejvyrovnanější odezvu (přechod z jakékoliv úrovně jasu na jinou trvá vždy skoro stejnou dobu)
- Pozorovací úhly jsou nejlepší ze všech variant LCD displejů
- Nevýhodou je nevýrazné podání černé barvy (je spíš tmavě šedá)



IPS – pozorovací úhly

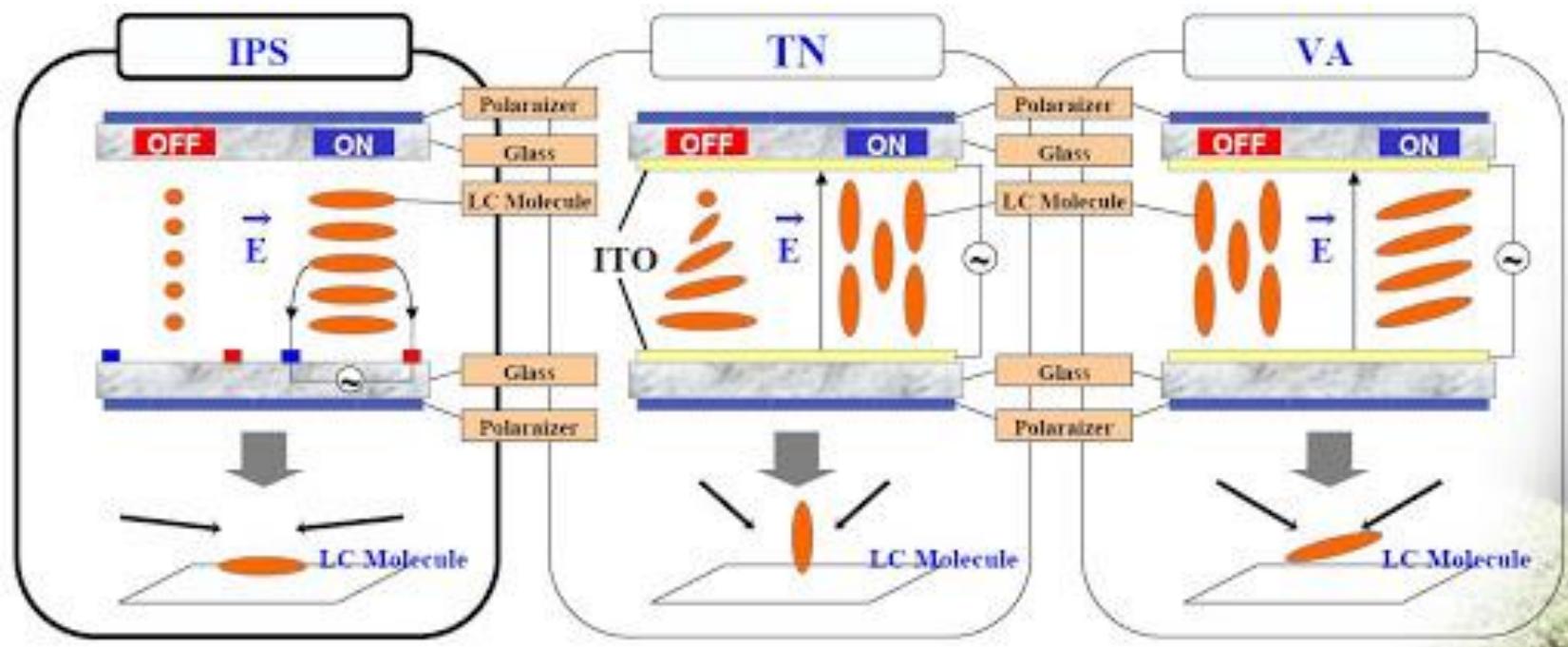


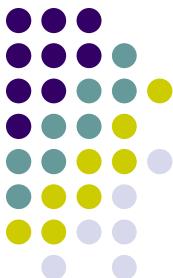
@ 60°	IPS	VA
Color shift ^① ($\Delta u'v'$)	0.018	0.037
GSR ^② (%)	0.78	43.5

① Average of 24-color patches of Macbeth color checker

② Gamma Shift Ratio : ($|60^\circ\gamma - 0^\circ\gamma| / 0^\circ\gamma$) × 100

* In compliance with measurement standard of LG Display





LCD - Shrnutí

	TN	PVA, MVA	IPS
Kontrast	nízký	Velmi dobrý, černá je opravdu tmavá	Dobrý, ale černá je spíš šedá
Doba odezvy	Velmi nízká	Dlouhá a nevyrovnaná	Vyrovnaná, přijatelná
Barvy	Velmi špatné, nevěrné, Truecolor pomocí FRC ditheringu	Dobré	Vynikající, věrné
Pozorovací úhly	Velmi špatné	Dobré, ale rozhodně ne dokonalé	Nejlepší z LCD displejů, ale stále nedokonalé
Vadné pixely	Trvale svítí	Trvale zhasnuté	Trvale zhasnuté
Cena	Nízká	Vyšší	Vyšší
Elektrody	Nad a pod pixelem	Jehlanové pod pixelem a nad pixelem v rozích	Po stranách pixelu



Podsvícení

- Dle typu **podsvícení** se LCD dělí na
 - transmisivní
 - reflexní
 - transreflexní



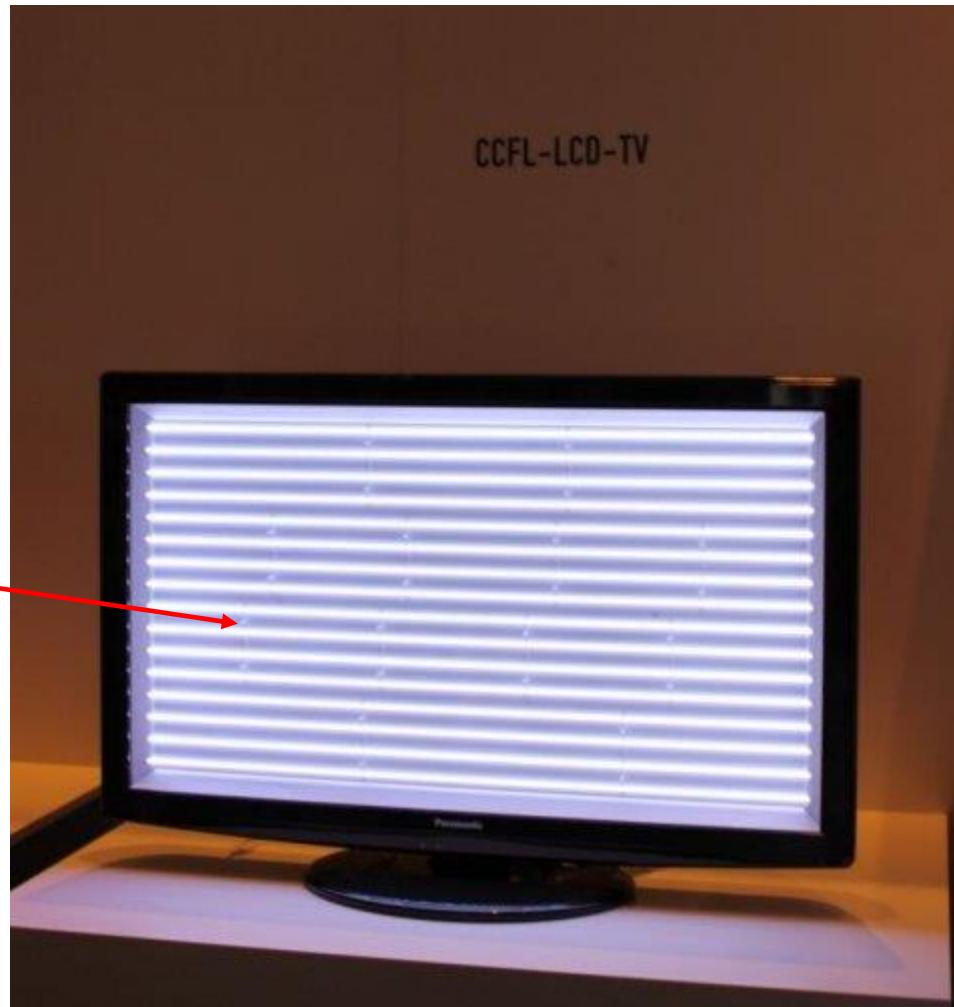
Transmisivní LCD

- **Transmisivní LCD** využívají **CCFL** nebo **LED**, které ze zadu svítí skrz tekuté krystaly a ty regulují v každém subpixelu intenzitu světla procházejícího směrem k našim očím
- **CCFL** (Cold Cathode Fluorescent Lamps) je v podstatě zářivka a používá se stále méně, protože má velkou energetickou spotřebu, nižší účinnost, nižší životnost a s postupem času klesá její jas
- **LED** jsou jako podsvícení energeticky efektivnější, mají delší životnost a mohou produkovat „lepší bílou“
- Nevýhodou všech transmisivních displejů je **špatná čitelnost na přímém slunci** a značná spotřeba energie



CCFL

Displej bez tekutých krystalů

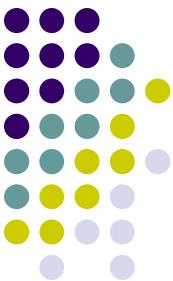


Několik trubic
„zářivek“

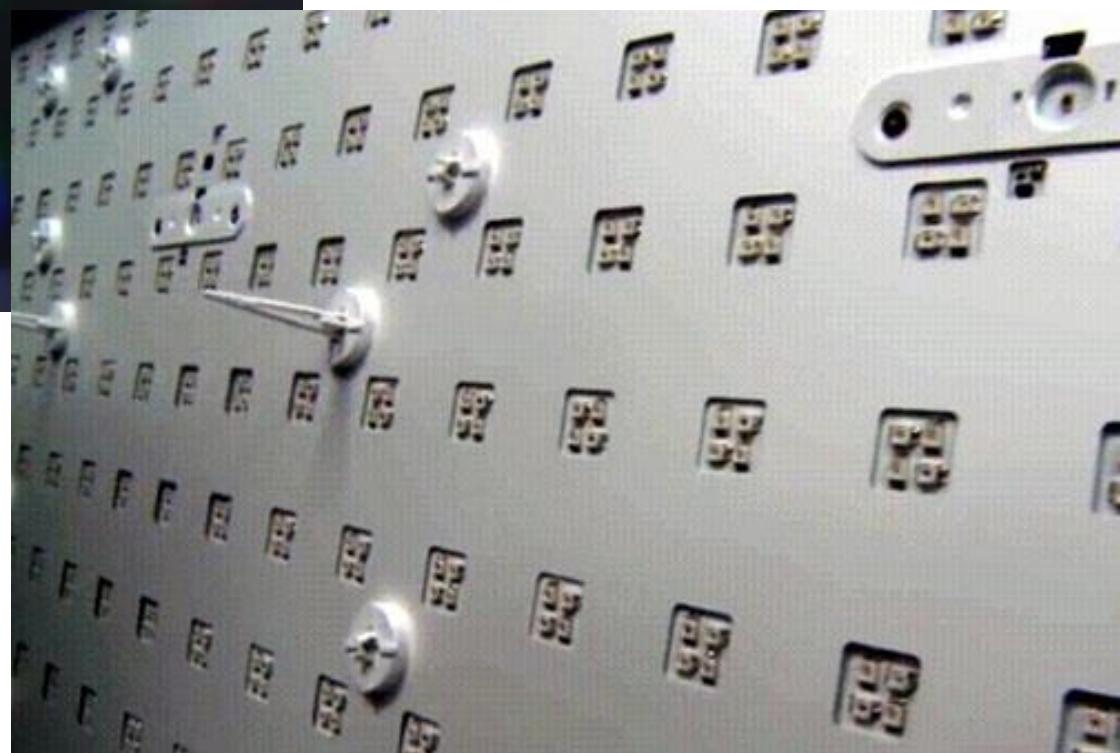
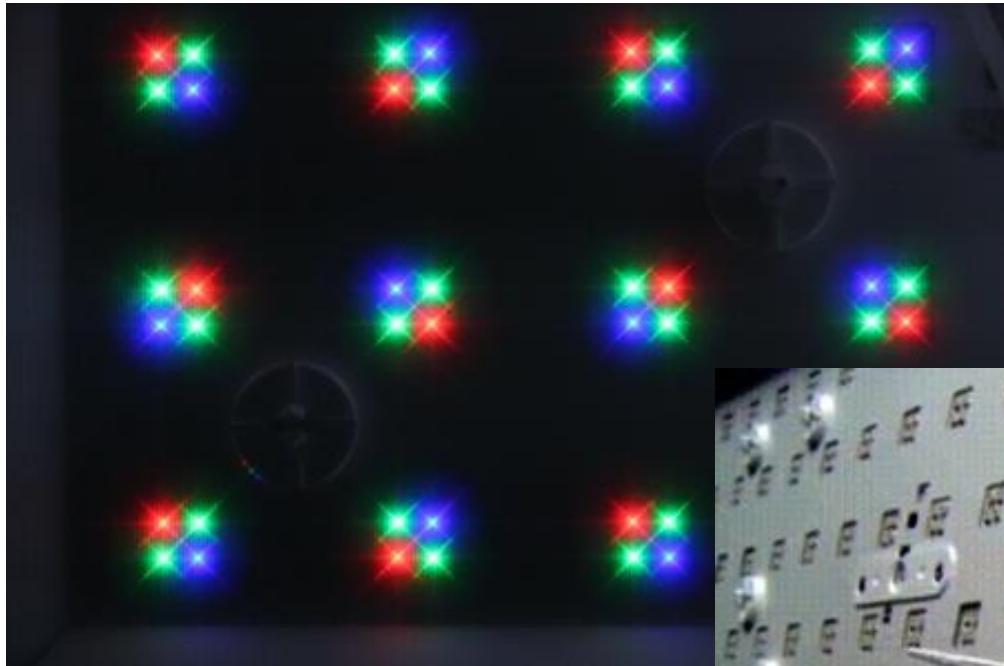


LED podsvícení

- **RGB LED**
 - Používají se skupiny čtyř LED (červená, modrá, dvě zelené), které jsou rozmístěny maticově ve velkém počtu po celé ploše panelu
 - Světlo těchto LED se slévá v bílou barvu – ale v subpixelech se pak z toho zase stejně filtruje červené, zelené a modrá
 - Toto řešení nabízí lepší barevné spektrum – podsvícení je složené přesně z těch vlnových délek červené, zelené a modré, kterou potřebujeme
 - Poměrem jasu modrých a červených LED lze hardwarově nastavit „teplotu“ bílé barvy
 - Tento typ podsvícení je nejkalitnější, nejdražší a nejméně obvyklý
- **Direct LED**
 - Maticové rozložení LED za panelem, ale používají se pouze bílé LED
 - Jas jednotlivých LED v určité oblasti lze zvýšit nebo snížit a tak část displeje zjasnit nebo ztmavit a uměle tak zvýšit kontrast (lokální stmívání)
- **Edge LED**
 - Bílé LED jsou umístěny pouze po okrajích panelu a pomocí sítě speciálních světlovodů s odraznými ploškami se světlo z LED rovnoměrně rozptýlí za LCD panelem.
 - Výhodou této technologie je použití menšího počtu LED a tím i snížení nákladů na výrobu a tedy i ceny, panel může být také velmi tenký
 - Tento typ podsvícení je v současné době nejpoužívanější

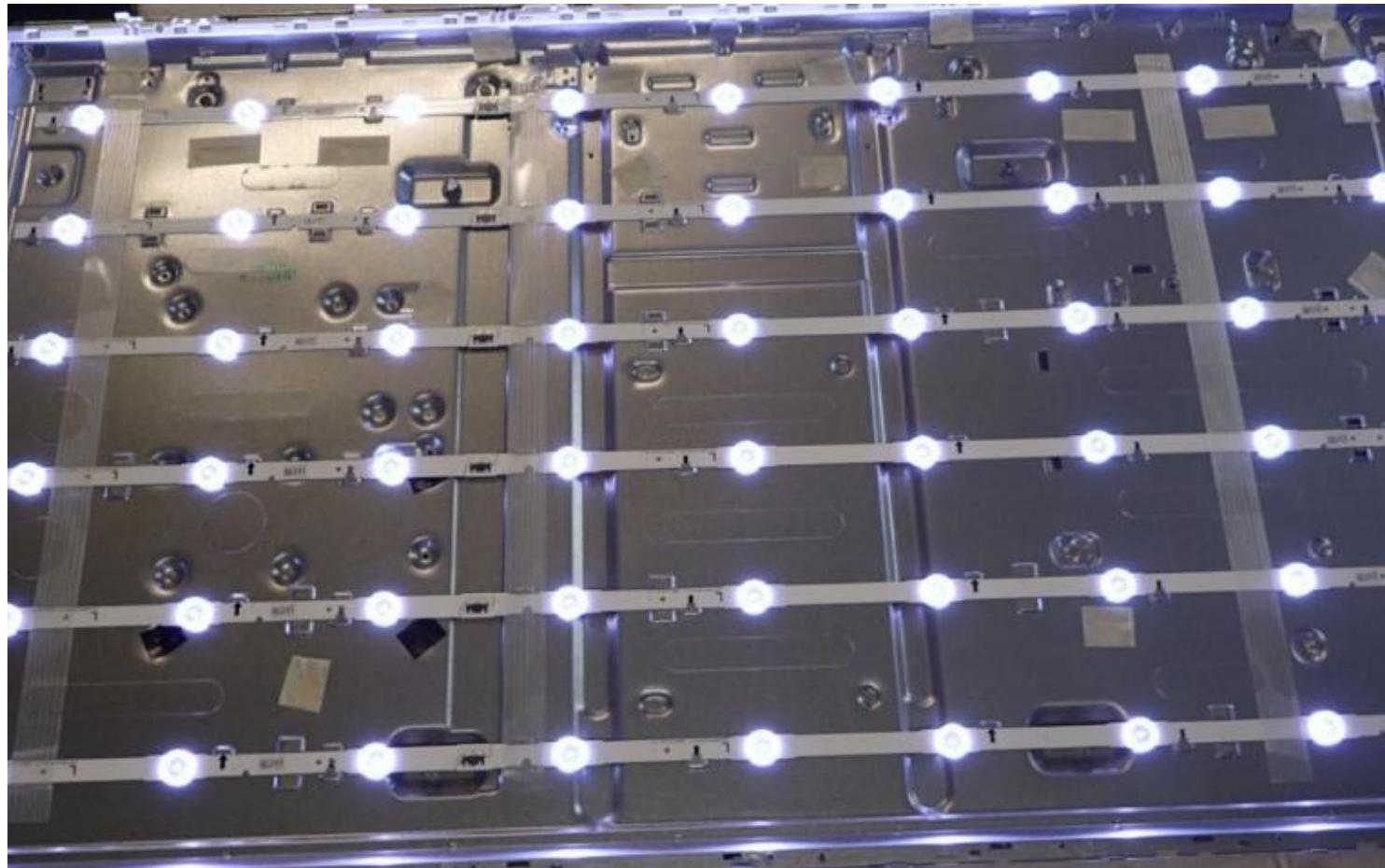


RGB LED podsvícení



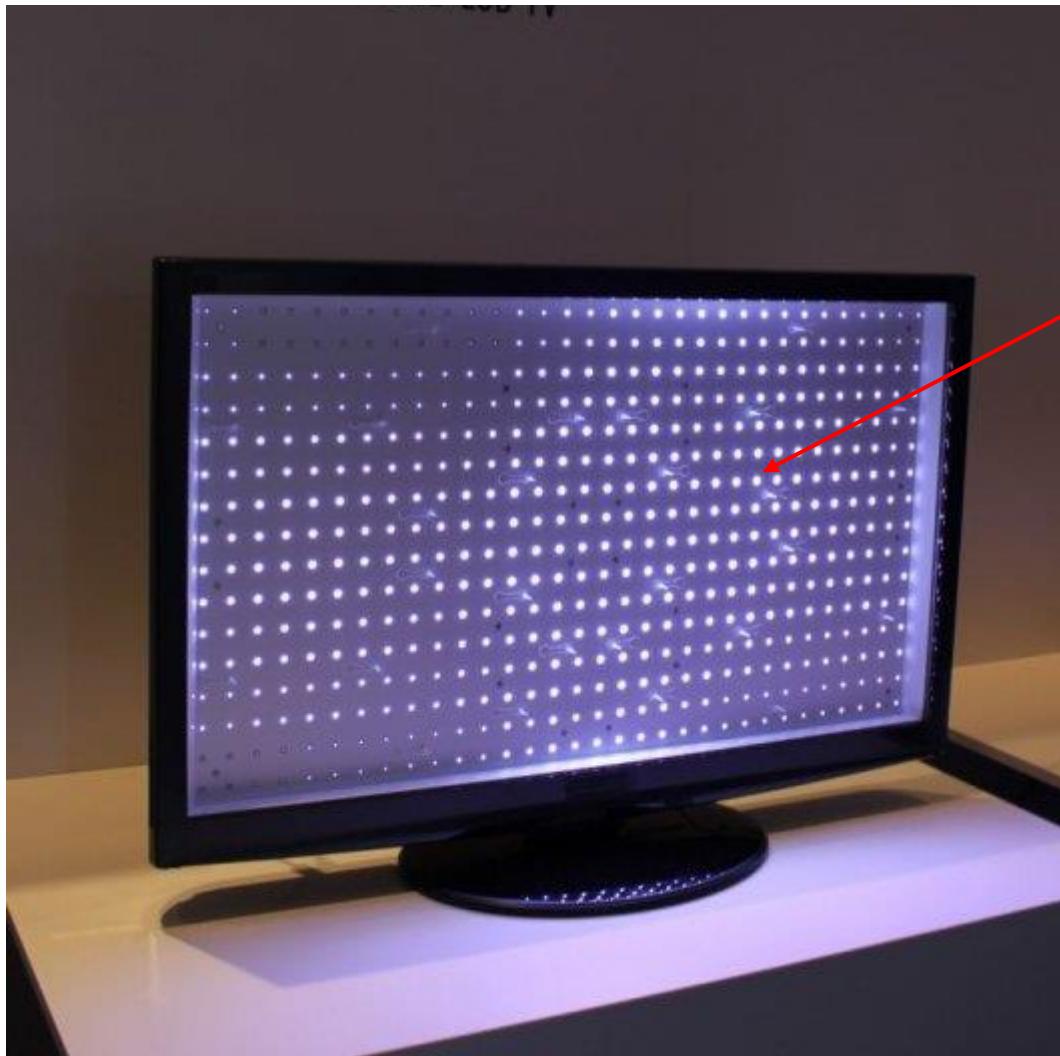


Direct LED podsvícení



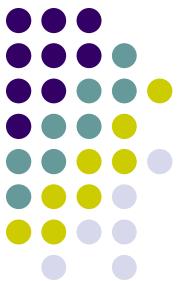


Direct LED podsvícení



Matice bílých LED

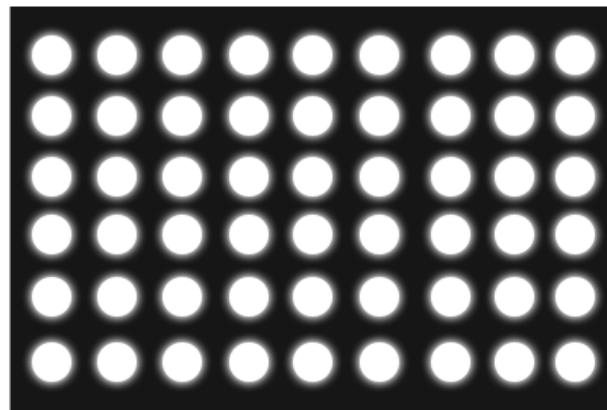
U některých displejů lze lokálně v některých místech displeje snížit podsvícení a tím zvýšit kontrast (černá bude tmavší) – local dimming



Edge LED



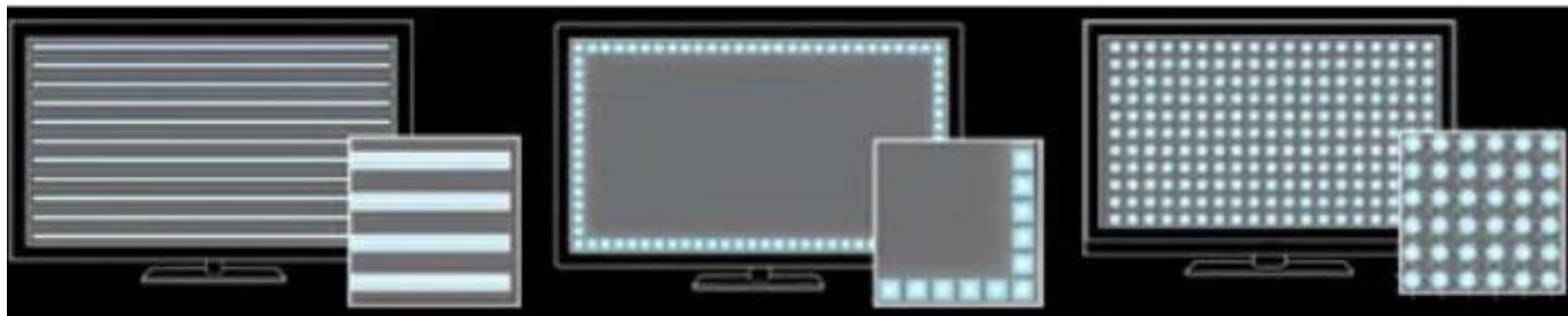
Direct LED



CCFL

EDGE LED

DIRECT LED





Edge LED podsvícení



Podsvícení shora a zdola
(musí být dalšími vrstvami
důkladně rozptýleno, aby
bylo rovnoměrné)



Podsvícení pomocí studené katodové zářivky CCFL



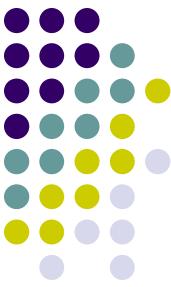
Podsvícení pomocí Edge LED



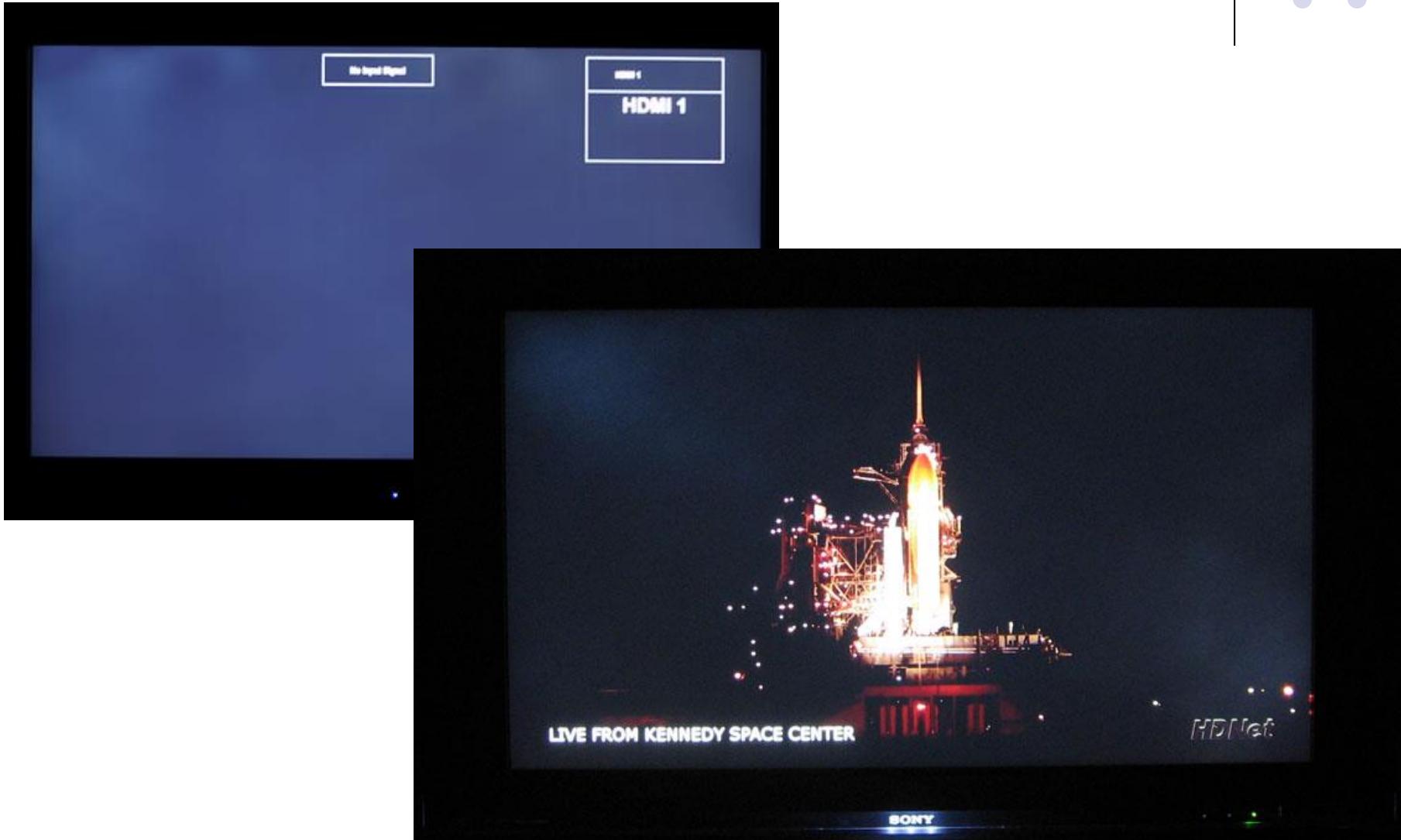


Nerovnoměrnost podsvícení

- Podsvícení LCD displeje není nikdy dokonale **rovnoměrné**
- Nelze zaručit stejnou svítivost CCFL trubic ani LED diod a jejich časovou stálost
- Rozvod světla je tím složitější, čím větší má displej úhlopříčku
- Působením tepla, vlastní váhy a vůle v uložení může dojít k poruchám v rovnoměrnosti podsvícení (rozvodná světlovodná deska není dokonale srovnána)
- **Clouding** – Jeden z největších problémů LCD technologie
- Při tmavých scénách se občas někdy objeví světlejší místa nebo naopak při světlé scéně si lze vším „tmavějších skvrn“ v obrazu
- Oko si toho všimne nejlépe tehdy, pokud se nějaká velká jednobarevná plocha pohybuje napříč obrazovkou (je zaznamenáno změna jasu při pohybu v místech s různých podsvícením)

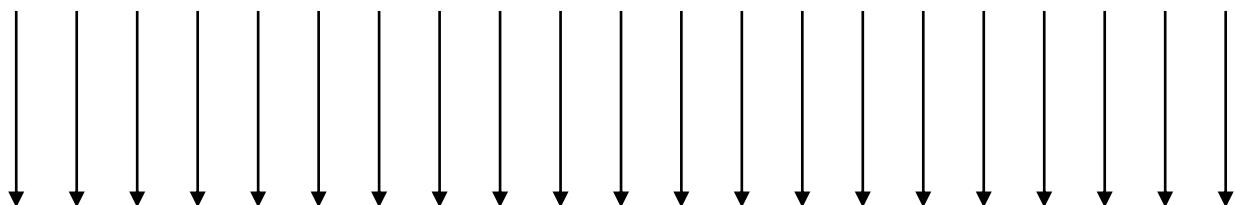


Clouding



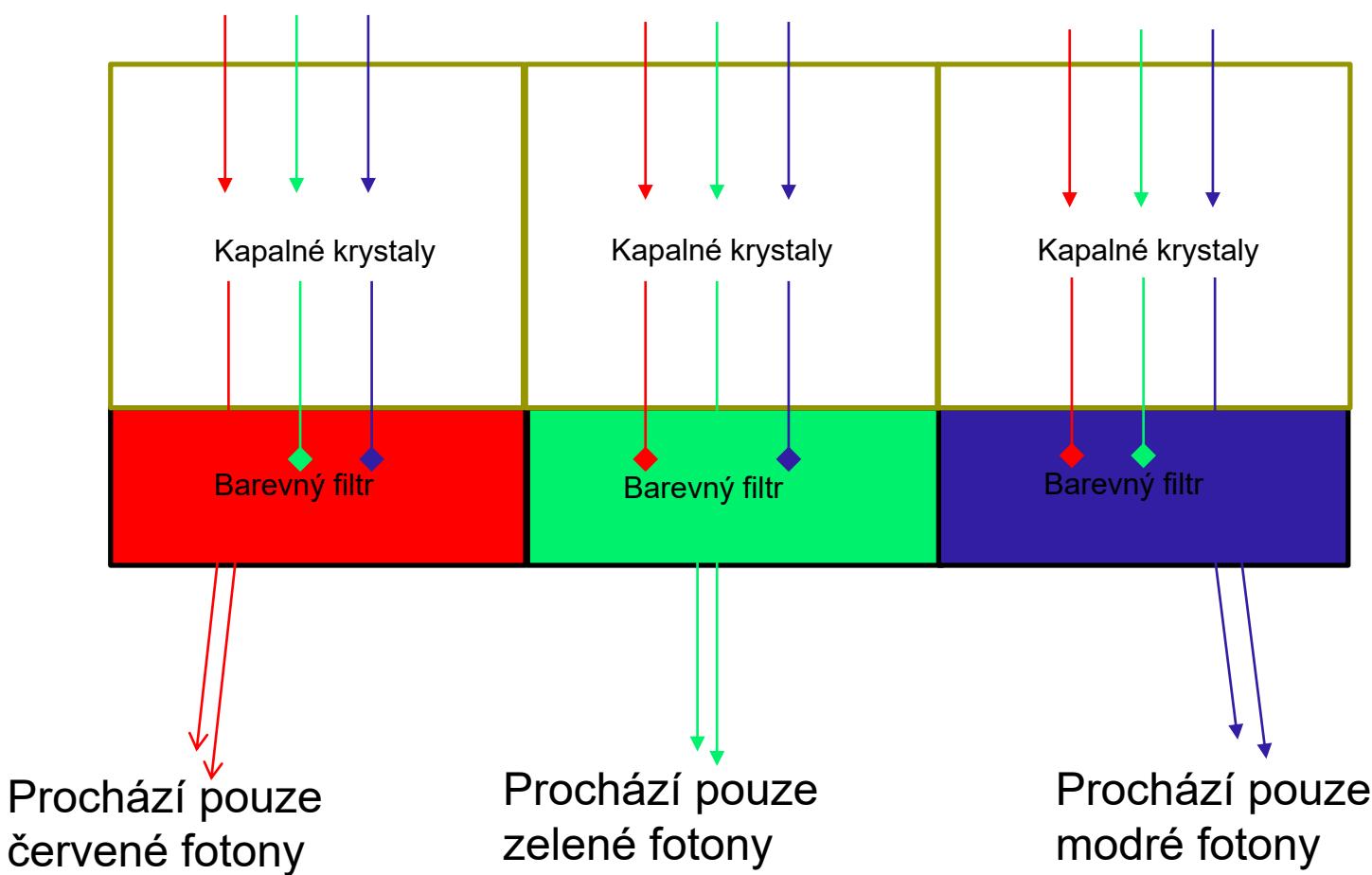


Podsvícení – bílé světlo

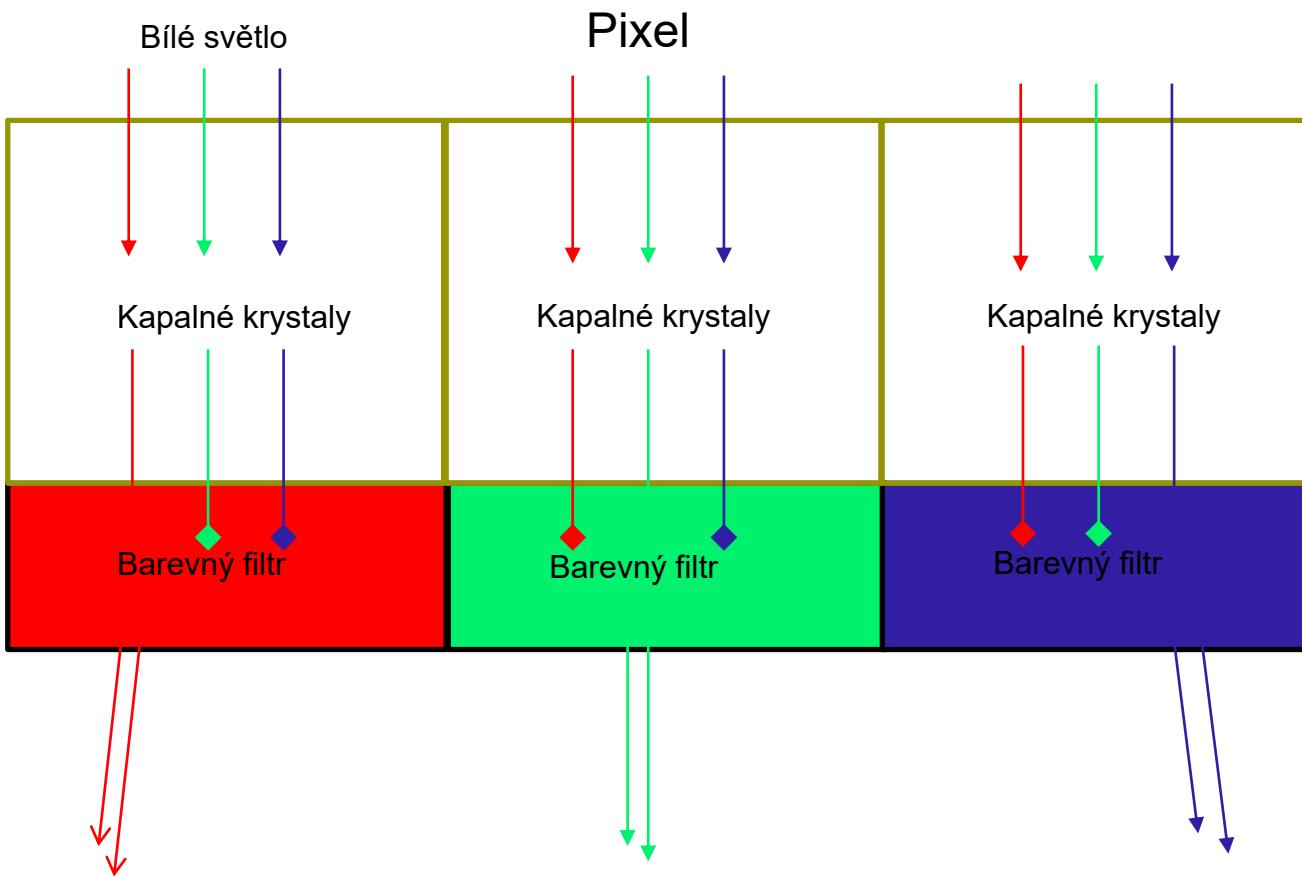
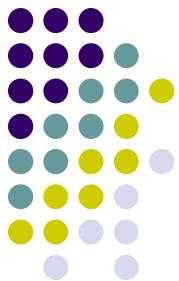


Bílé světlo

Pixel

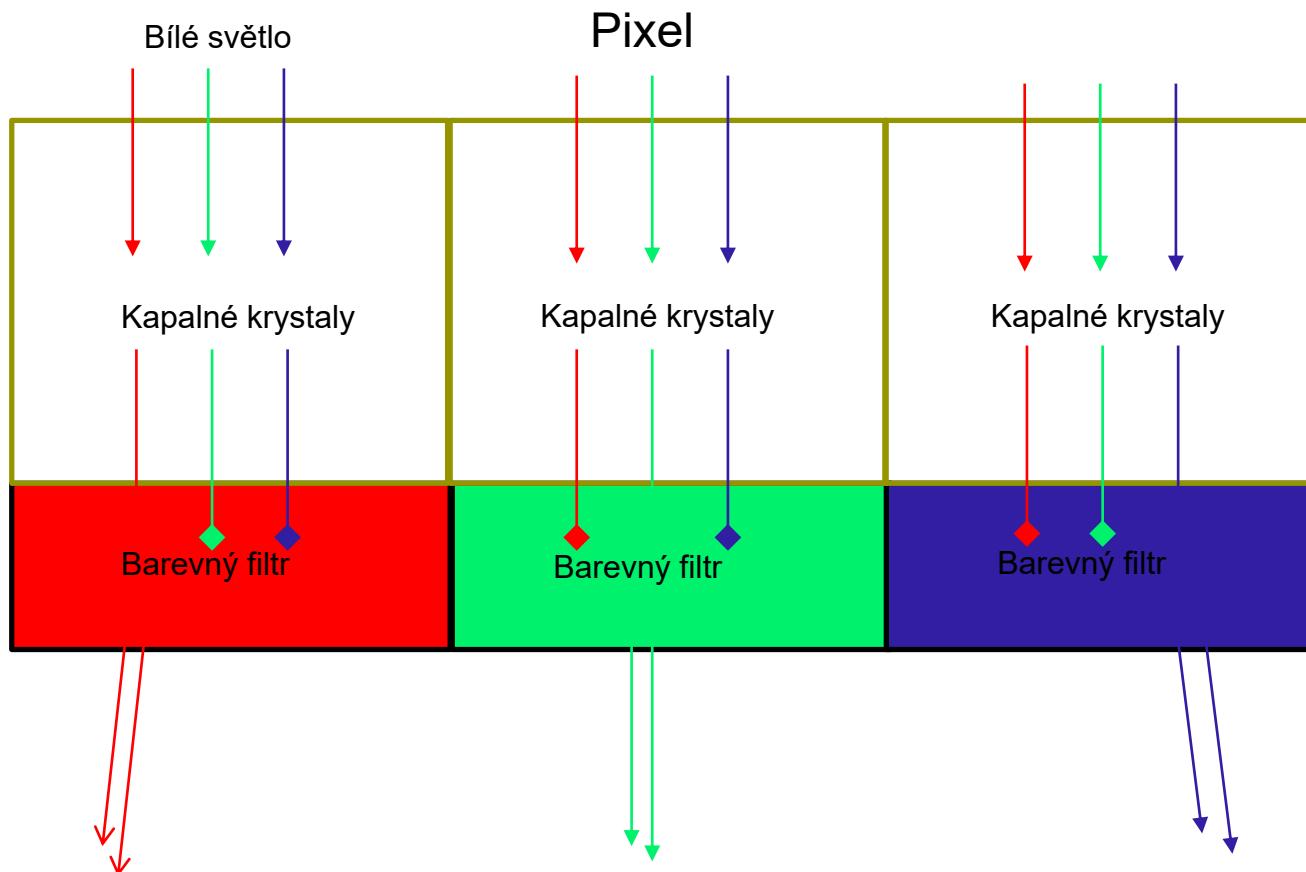
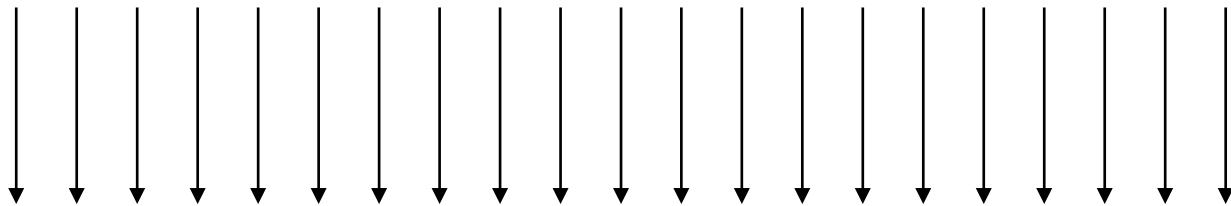


Podsvícení – bílé světlo



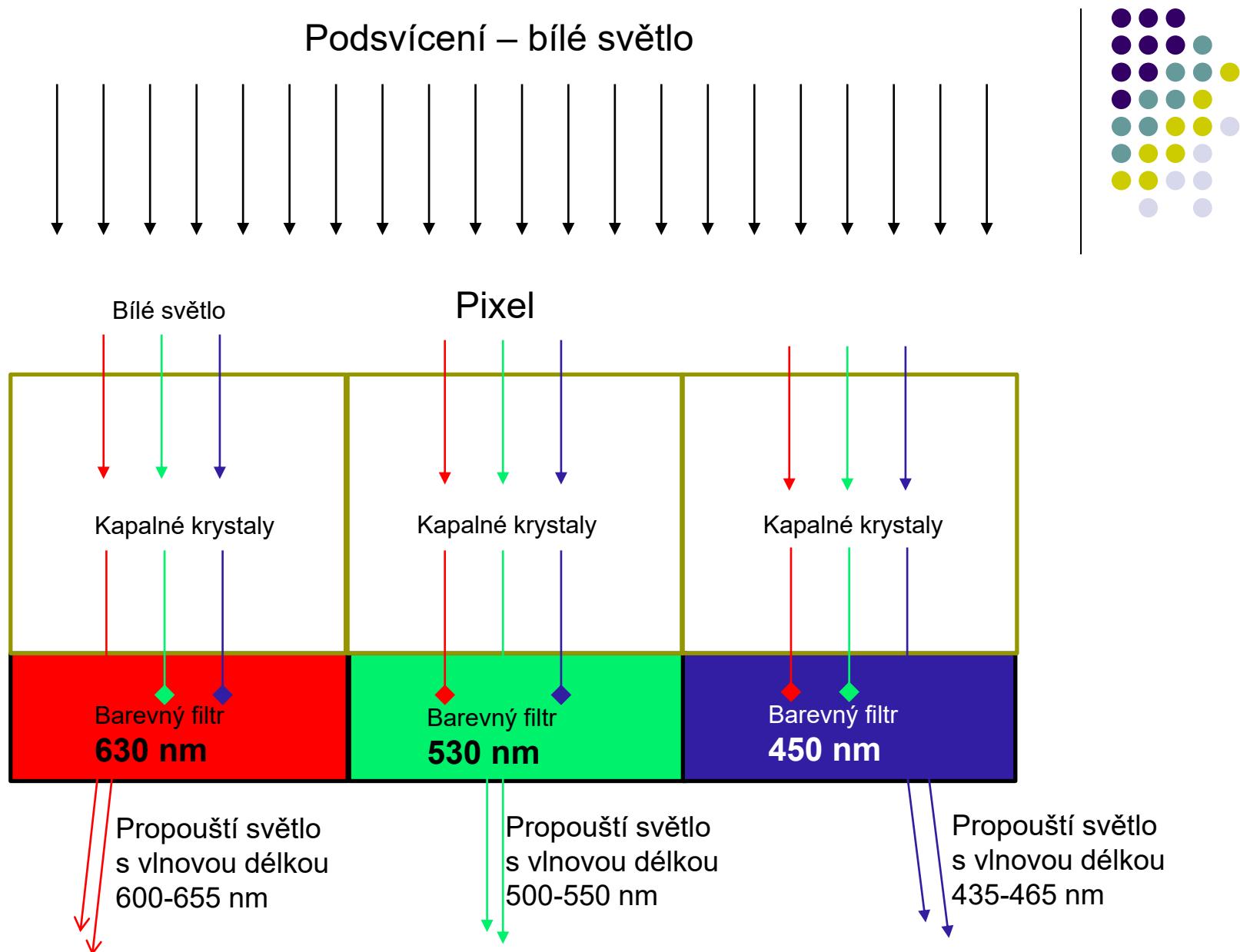
Barevný filtr v každém subpixelu propustí pouze $1/3$ vstupujících fotonů
 $2/3$ světelné energie, kterou vyzářilo podsvícení, se ztratí!

Podsvícení – bílé světlo



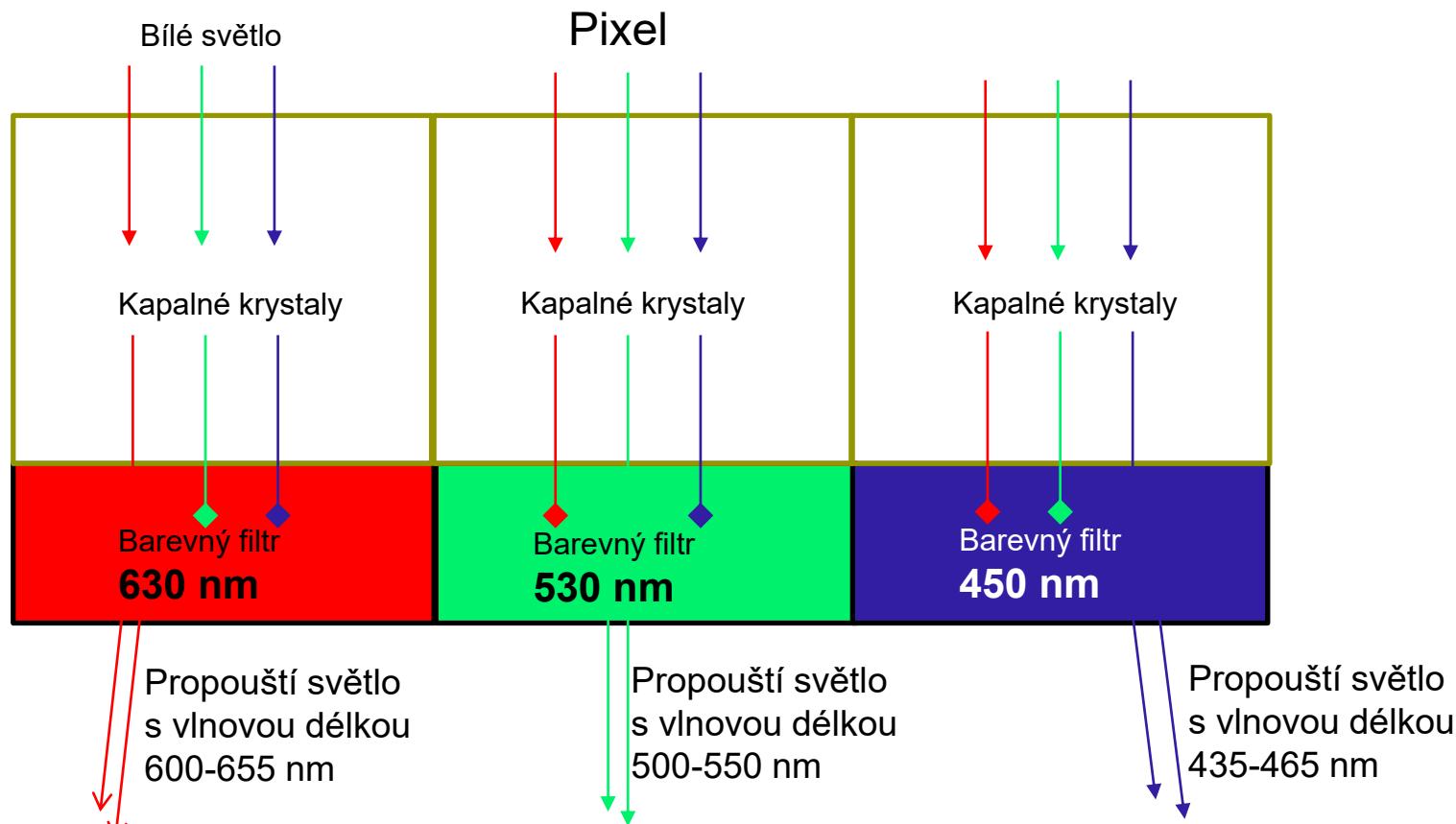
Klasický LCD displej má po rozsvícení všech pixelů na maximální jas 3x nižší svítivost než jeho samotné podsvícení, protože 2/3 vyzářeného světla se ztratí v barevných filtroch jednotlivých subpixelů

Podsvícení – bílé světlo



Barevné filtry nejsou dokonalé – Měly by propouštět pouze ideální červené, zelené a modré světlo, ale propustí částečně i jiné vlnové délky

Podsvícení – bílé světlo



U klasického LCD tedy nejsou barvy dokonalé, protože barevný filtr v každém subpixelu, propouští kromě správné vlnové délky částečně i světlo jiných blízkých vlnových délek



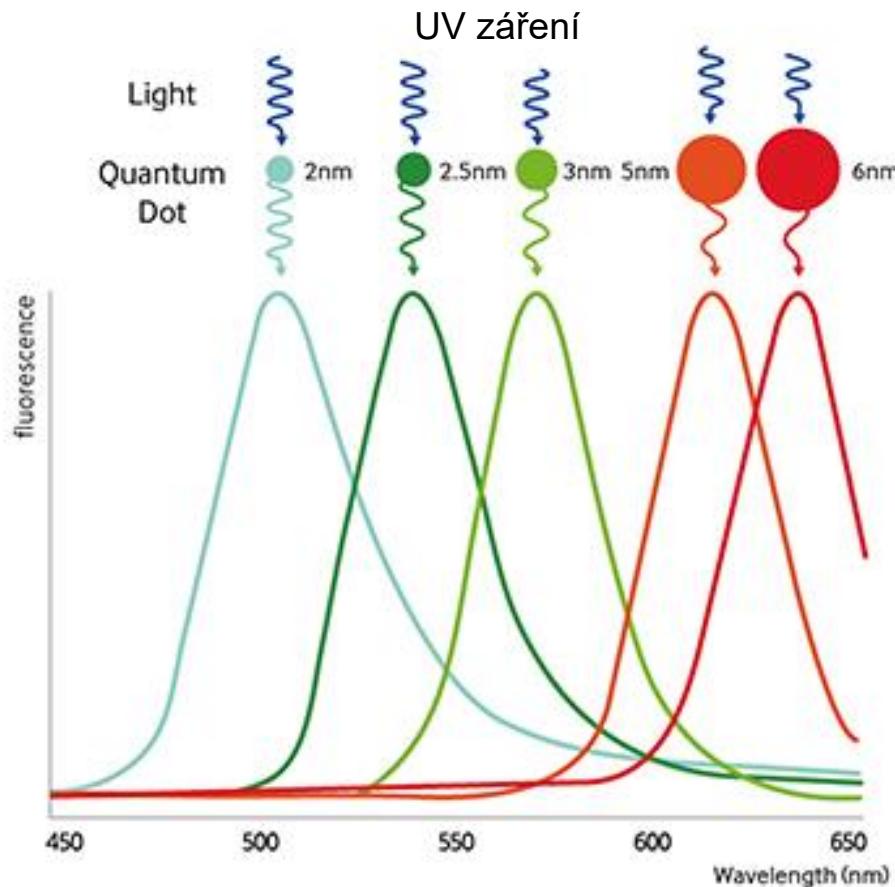
Quantum dot displeje

- **Quantum dot** displeje jsou zdokonalenou variantou LCD displejů
- V subpixelech ze zde **nepoužívají barevné filtry** k filtrování červeného, zeleného a modrého světla z bílého podsvícení
- **Podsvícení displeje je ultrafialové**
- UV záření má krátkou vlnovou délku, fotony mají vysokou energii
- Viditelné světlo má delší vlnovou délku, fotony mají nižší energii
- V subpixelech jsou **nanočástice**, které **pohlcují UV záření**
- Veškerou energii, kterou nanočástice získají pohlcením UV záření, opět vyzáří (ale jako fotony s nižší energií a větší vlnovou délkou)
- Získanou energii nanočástice vyzáří jako světlo s jinou vlnovou délkou, která závisí na velikosti nanočástic
- Lze vyrobit nanočástice, které vyzařují dokonale červené světlo (630 nm), zelené světlo (530 nm) a modré světlo (450 nm)



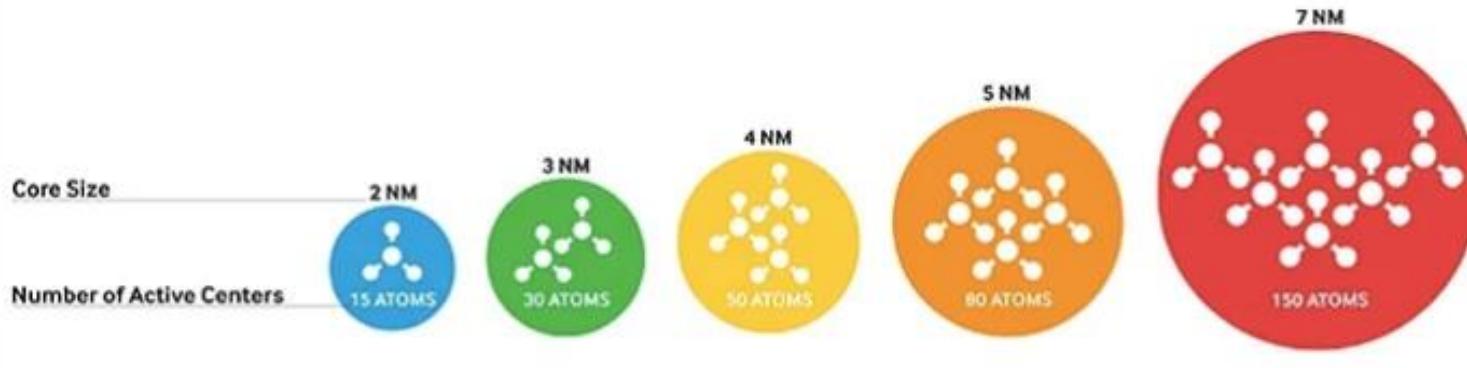
Quantum dot

Color of Light Depends On Size of Quantum Dot

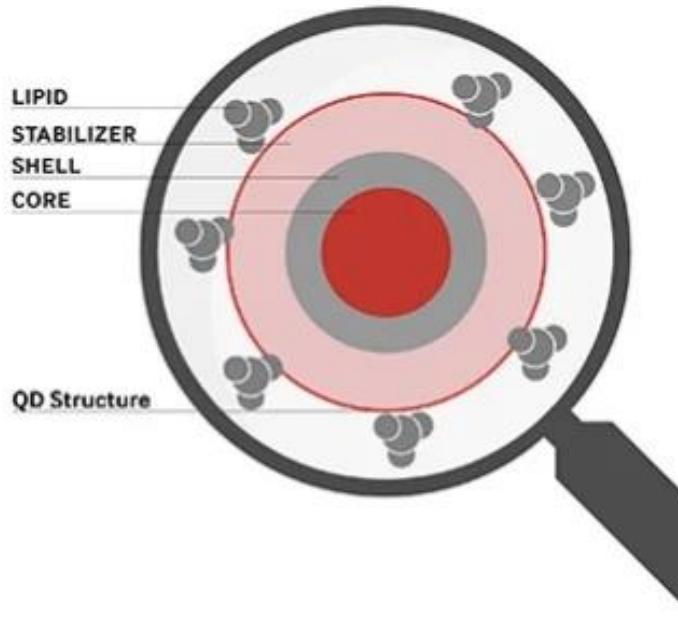




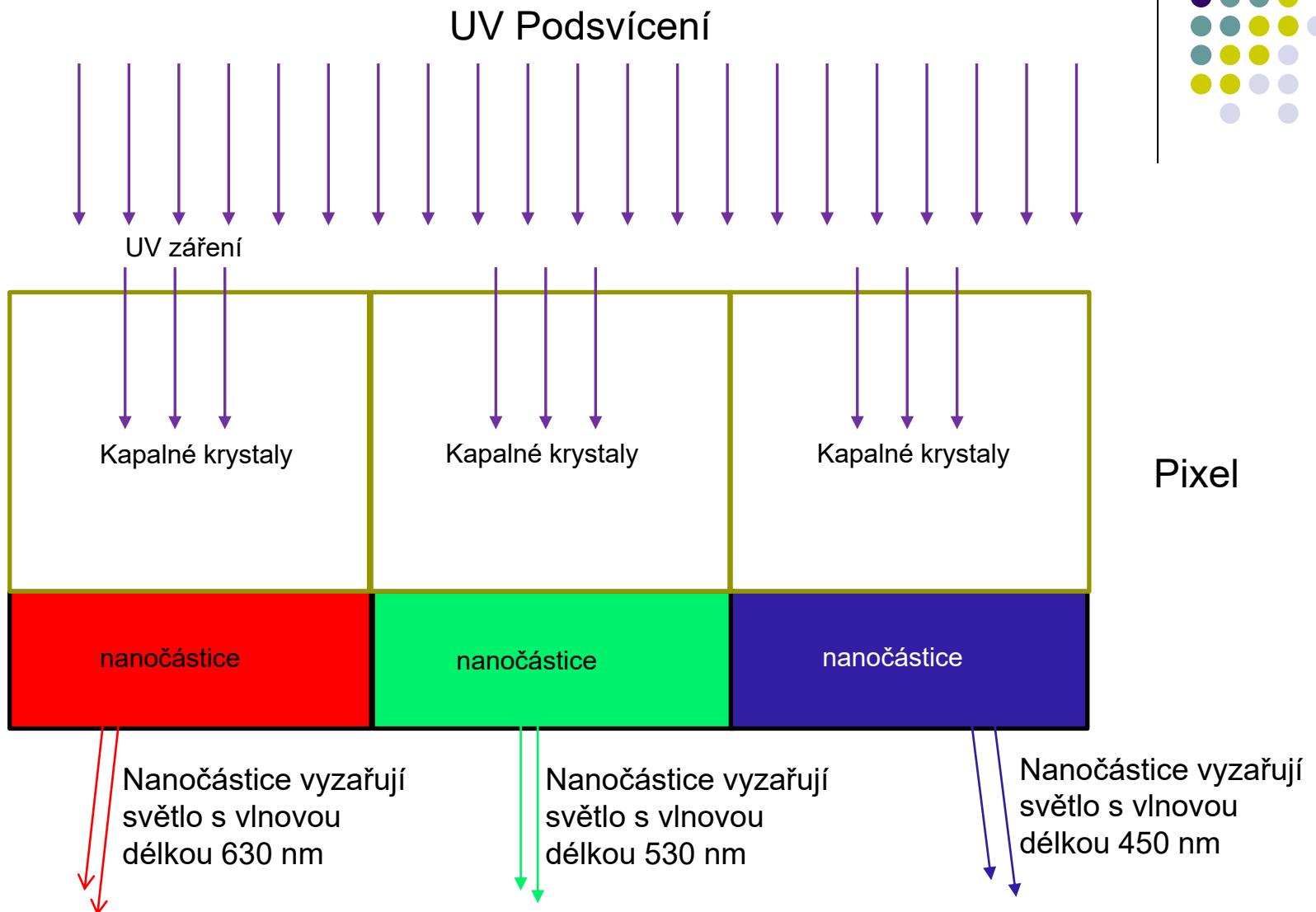
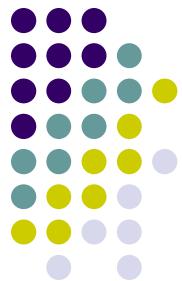
Quantum dot



Depending on size,
quantum dots emit different color light
due to quantum confinement.
Illustrated is the range of QDs with emission
gradually stepping from violet to red.



Quantum dot displej



Červené, zelené a modré subpixely vyzařují světlo s přesnou vlnovou délkou odpovídající dokonalé červené, zelené a modré



Quantum dot

- Quantum dot displeje jsou podstatně dražší než klasické LCD displeje
- Výrobci je označují také jako QLED, nanocell
- Mají dokonalé barvy, protože ze subpixelů vychází světlo s vlnovou délkou přesně odpovídající základním barvám R G B
- Mají vynikající jas, protože světlo podsvícení není zachycováno barevnými filtry, ale je nanočásticemi pohlcováno a znova emitováno na jiné vlnové délce s téměř 100% účinností
- Mají nízkou spotřebu elektrické energie. Oproti klasickému LCD mají při stejné spotřebě energie více než dvojnásobný jas.
- Mají vysoký kontrast – černá je tmavší, protože světlo z podsvícení pronikající černými pixely, které ho nedokáží úplně zablokovat, není bílé, ale ultrafialové a pro lidský zrak téměř neviditelné
- Tekuté krystaly v nich fungují běžným způsobem – obvykle technologie PVA, IPS



Reflexivní LCD

- Na rozdíl od transmisivních LCD tyto displeje nepoužívají podsvícení
- Světlo získávají **odraženým** přirozeným světlem z **okolí**
- Pod tekutými krystaly je umístěno zrcadlo
- Hodí se pro použití v jasném slunečném světle a také mají minimální spotřebu el. Energie
- Ve tmě na nich není nic vidět
- **Transreflexní LCD** kombinují výhody obou předchozích typů LCD
- Vrstva pod tekutým krystalem je polopropustná
- Mají podsvícení, které lze vypnout/zapnout
- Používají se velmi zřídka



Kontrolní otázky a odpovědi

- Jaká výrobní technologie LCD panelů je dominantní ve výpočetní technice
 - TN displej (jejich prodej ale neustále klesá)
- Je tato technologie nejčastěji používaná, protože je nejlepší ?
 - Ne, naopak je ze všech technologií nejhorší. Zejména barevné podání a pozorovací úhly jsou velmi špatné
- Proč se tedy tyto panely používají nejčastěji ?
 - Protože jsou nejlevnější a pro zobrazení umělého obrazu (plocha windows, textový editor, webová stránka) jsou zcela dostačující
- Jsou tyto displeje opravdu ve všech ohledech horší ?
 - Ne, jejich doba odezvy je výborná, lepší než u dražších a kvalitnějších PVA a IPS monitorů. Pohybující se obraz tedy nebude rozmazaný.



Kontrolní otázky a odpovědi

- Jaká výrobní technologie LCD panelů je nejlepší ?
 - To nelze jednoznačně říct. PVA displeje mají nejlepší kontrast, IPS displeje mají nejpřirozenější barvy a vyrovnanou dobu odezvy. Jednotlivé displeje se pak od sebe liší typem od typu nelze tak jednu z technologií považovat za obecně lepší.
- Je displej, u kterého výrobce udává dobu odezvy 2ms lepší než displej s udávanou dobou odezvy 4ms ?
 - Bohužel tyto udávané údaje jsou naprostoto neužitečné. Odezva bývá nevyrovnaná a udávané 2 ms platí pouze pro některé změny intenzity jasu, jiná změna může mít zcela jinou odezvu. Například jiná bude pro skok 0-255 a jiná pro 10-20. Chování displeje lze popsát pouze 3D grafem nebo tabulkou vyjadřující dobu odezvy pro všechny skoky.



Kontrolní otázky a odpovědi

- Který typ podsvícení umožňuje výrobu nejtenčích displejů ?
 - EdgeLED
- Má tento typ podsvícení ještě nějaké další výhody
 - Ano, je ze všech typů podsvícení také nejlevnější
- Jde tedy o nejlepší variantu podsvícení ?
 - Nikoliv, Edge LED má nevýhodu ve složitém rozvedení světla, aby bylo podsvícení celého displeje rovnoměrné a má horší barevné spektrum než RGB LED podsvícení. Oproti direct LED potom neumí lokální regulaci jasu (některá místa displeje ztmavit)

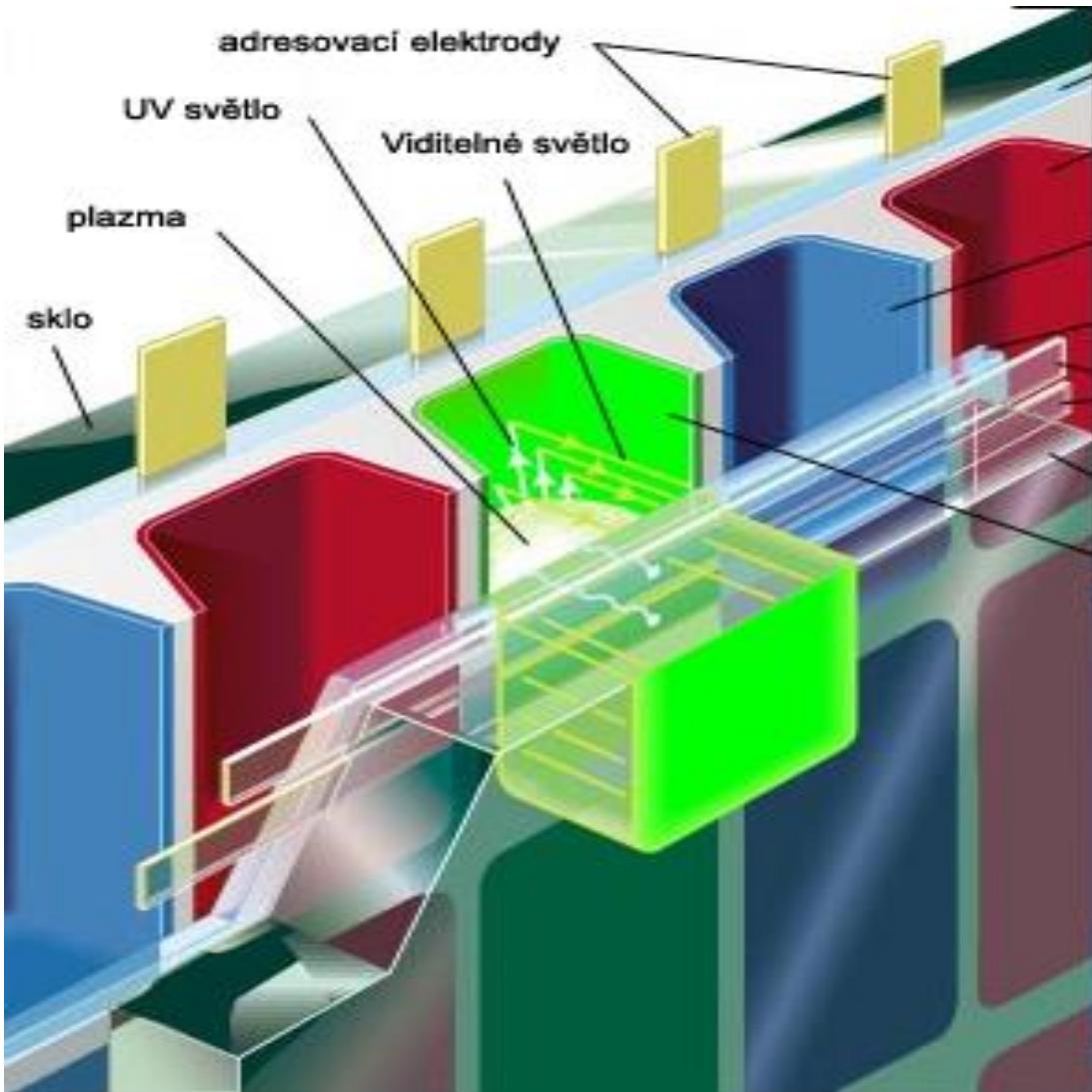


Plasmové displeje

- PDP – plasmový displej
- Plasma = plazma
- Plasma je **ionizovaný plyn** – elektrony a protony jsou vytrženy z atomů
- Každý pixel v obrazovce plazmy je tvořen třemi subpixely (RGB - Red, Green, Blue) a každý z nich je vyplněn **plazmou** (nejčastěji jeden ze vzácných plynů - argon)
- Ke každému subpixelu jsou přivedeny elektrody
- Napětí na elektrodách je udržováno těsně pod hladinou, kdy začne vznikat plazma a k ionizaci pak dojde i při velmi nízkém zvýšení napětí na elektrodě.
- Plazma emituje **neviditelné UV záření**, které dopadá na **scintilátor** a ten se vlivem ionizujícího záření rozsvítí barevným viditelným světlem
- Podobně jako u quantum dot displejů zde dochází k pohlcování UV záření speciální chemickou látkou, která získanou energii vyzáří jako dokonalé červené, zelené nebo modré světlo



Plasmový displej



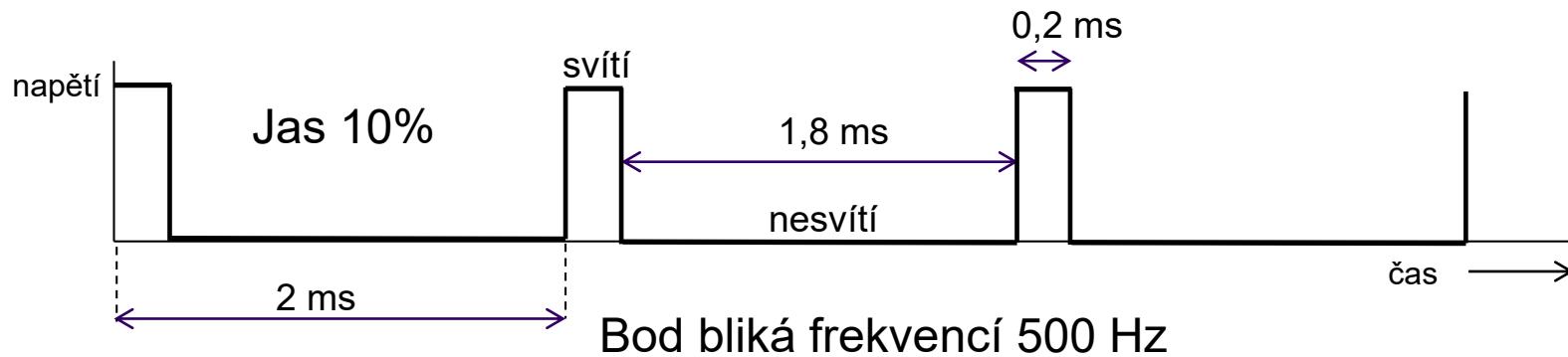
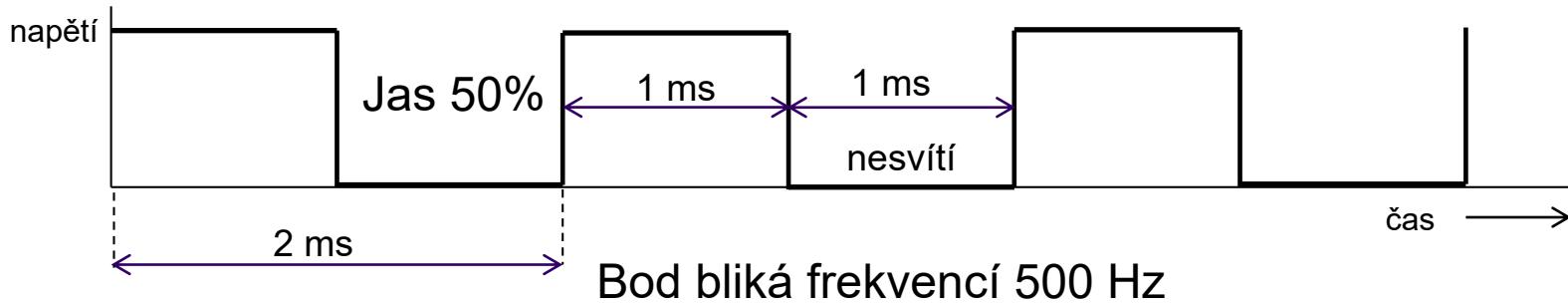
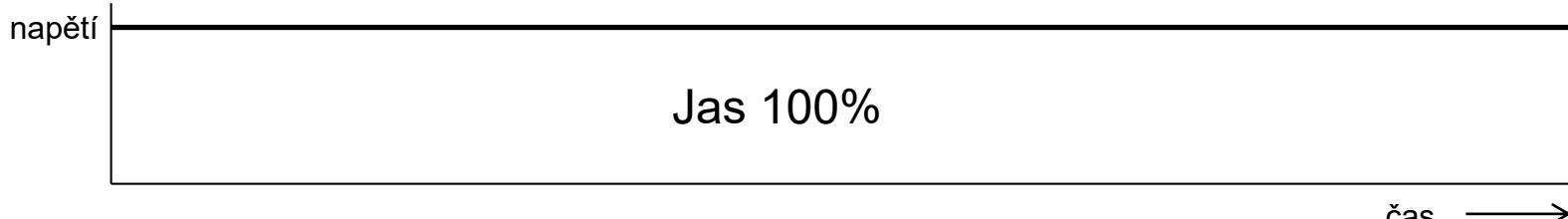
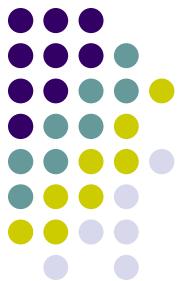


Plasmové displeje

- Každý scintilátor (odvozeno od scilantace = záblesk) je naplněn jinou směsí plynu, a proto při dopadu UV záření produkuje světlo jiné vlnové délky a tím pádem jiné barvy (530nm pro zelenou, 630nm pro červenou a 450 nm pro modrou)
- Plazma neobsahuje **žádné podsvícení**, každý subpixel je sám o sobě aktivním zdrojem světla
- Plazma má mnohem vyšší jas než klasické LCD (až 1500 cd/m²)
- Obraz na plasmovém displeji není stálý – bliká opakovanými záblesky plasmy
- Po překročení určitého napětí dojde ke vzniku elektrického oblouku a tím se „zapálí“ plazma, která svítí stále stejný jasem.
- Jas bodu tedy nelze zvýšit tak, že bychom dále zvýšili napětí.
- Bod tedy buď svítí nebo nesvítí
- Jas subpixelu je regulován délkou výboje (nikoliv napětím) – použita je pulsní šířková modulace

Regulace jasu bodu

Pulzní šířková modulace

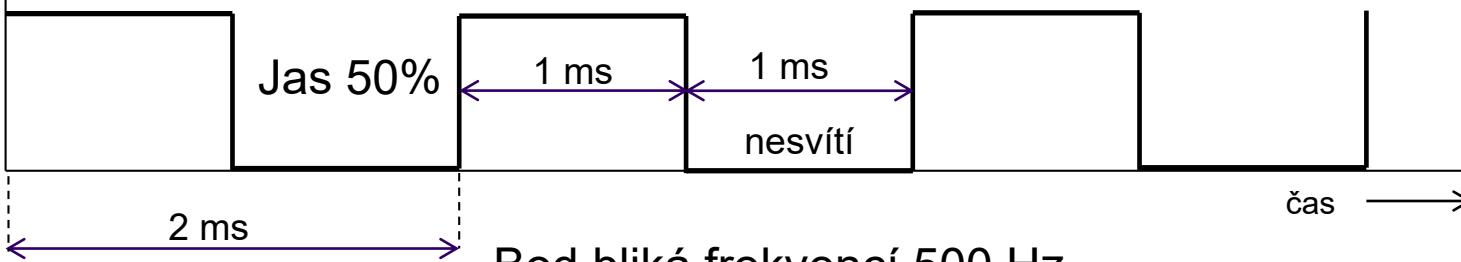


Frekvence a napětí je stále stejné. Bod se rozsvítí každé 2 ms (500x za sekundu) – velmi rychlé blikání, které nelze postřehnout. Jas bodu regulujeme **délkou jeho rozsvícení**. Čím vyšší má být jas bodu, tím delší dobu zůstane rozsvícený. Jestliže se bod rozsvítí na celé 2 ms, bude jeho jas 100%. Pokud bychom délku rozsvícení bodu nastavovali v intervalu 1 až 2000 mikrosekund, dokážeme nastavit 2000 různých intenzit jasu subpixelu. Tak bychom dokázali namíchat $2000 \times 2000 \times 2000 = 8$ miliard barev.

Jas 100%

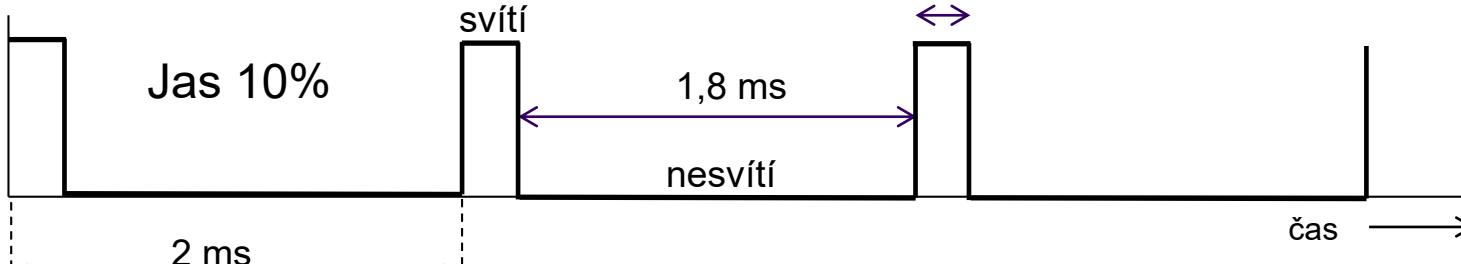
čas →

napětí



Bod bliká frekvencí 500 Hz

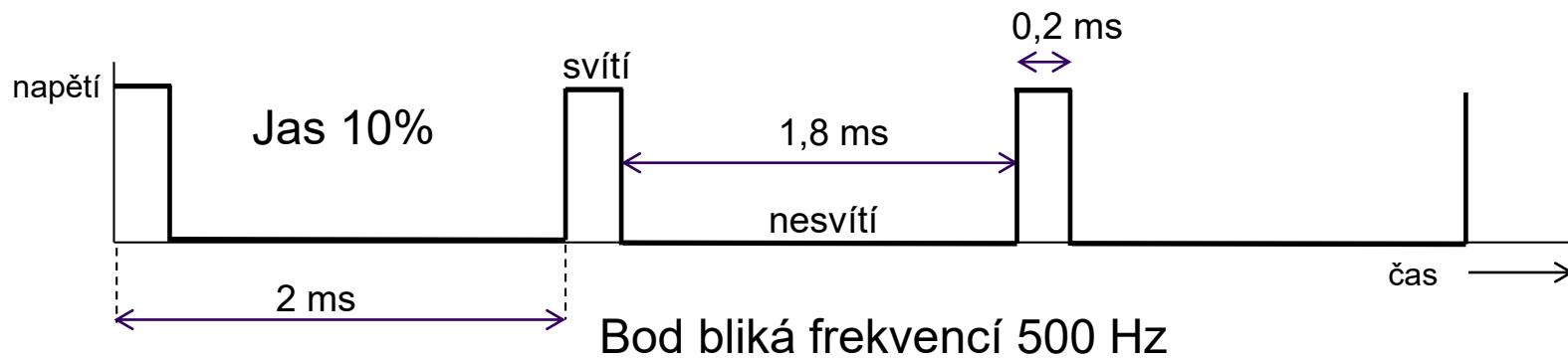
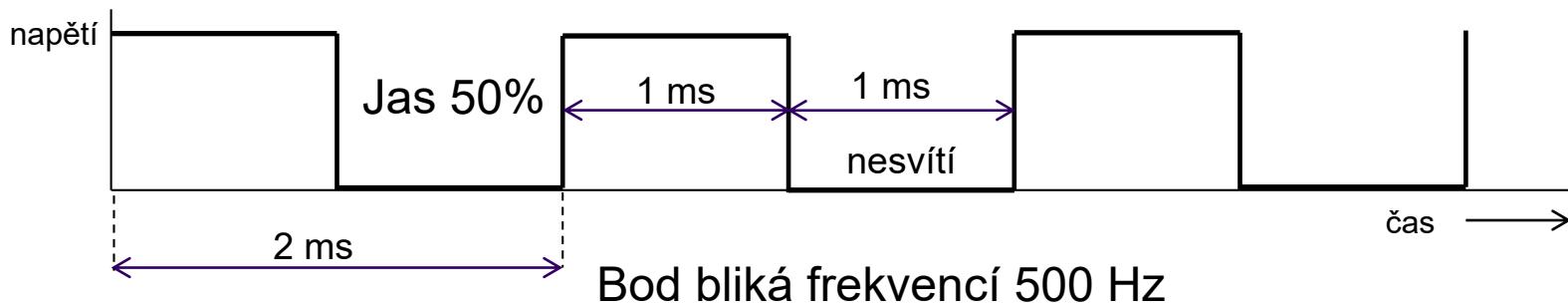
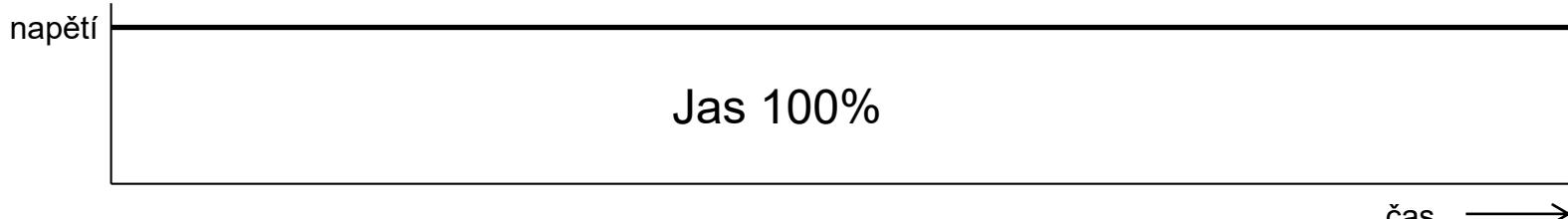
napětí



Bod bliká frekvencí 500 Hz



Tento způsob regulace jasu dnes používáme i pro nastavení intenzity podsvícení LCD nebo u některých OLED displejů. Jas LED lze nastavit změnou napětí velmi nepřesně (závislost je nelineární), ale „rychlým blikáním“ s proměnlivou šířkou impulzů to jde snadno a přesně





Plazmové displeje

- Elektrická spotřeba je značná, pro zobrazení bílé obrazovky je nejvyšší, protože všechny subpixely svítí – v tento okamžik může být až 1000 Wattů
- Při zobrazení černé obrazovky spotřeba prudce klesá pod 10W, ale nikoliv na nulu (elektrické obvody pro zpracování signálu stále pracují, ale nedochází k výboji plazmy)
- Kdybyste k displeji připojili elektroměr, zjistíte, že aktuální **spotřeba se neustále mění** podle toho jak světlý nebo tmavý je právě zobrazený snímek
- Naproti tomu na LCD displejích je spotřeba elektrické energie stále stejná – podsvícení svítí stále stejným jasem a jeho spotřeba se nemění v závislosti na jasu zobrazovaných snímků



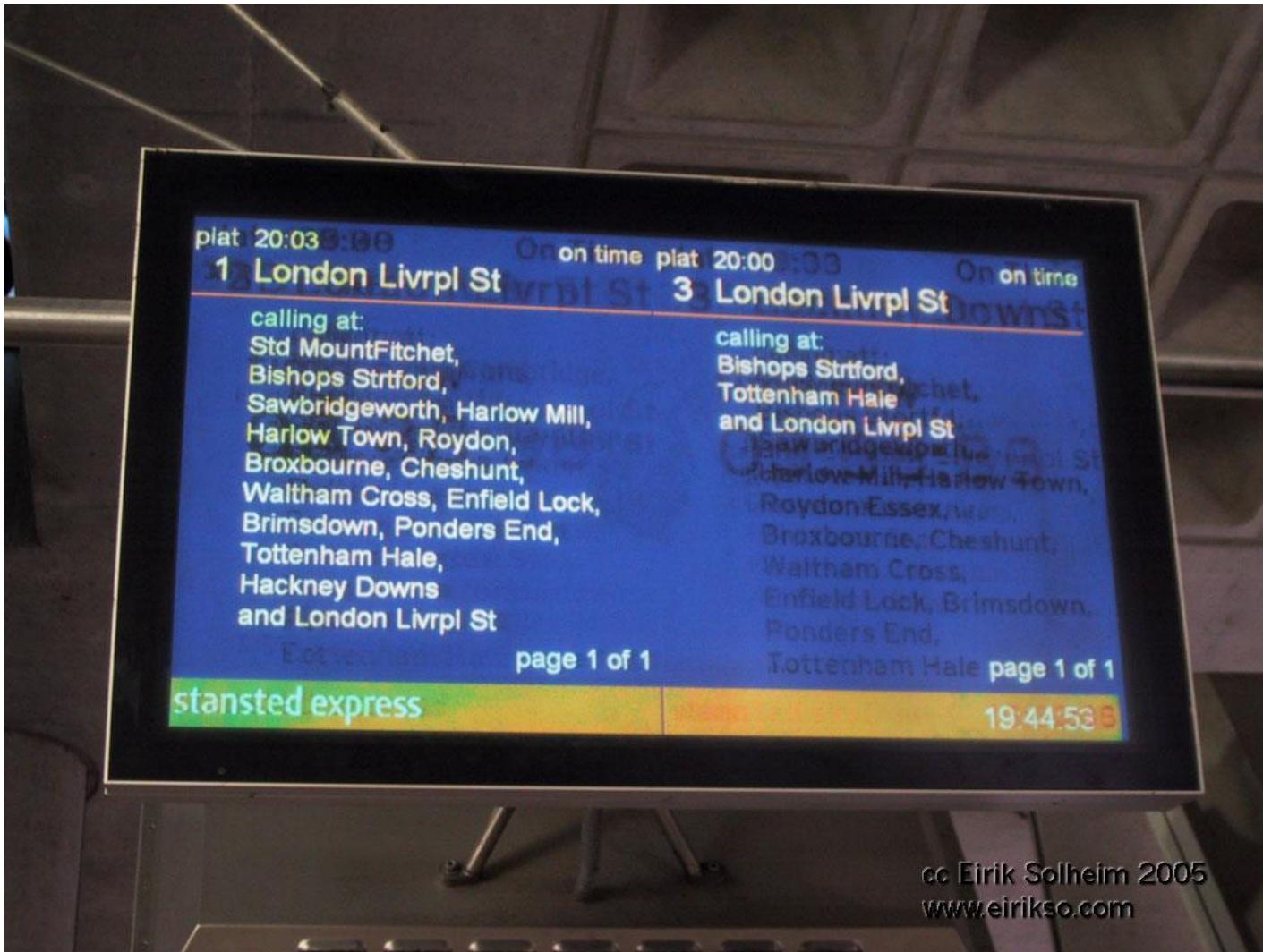
Plasmové displeje

- Použití plazmových displejů ve výpočetní technice bylo velmi řídké
- Nevýhodou je především velký rozměr pixelu a tedy značná rozteč bodů
- Plasma s vysokým rozlišením a přitom malou úhlopříčkou je nevyrobiteLNá (narozdíl od LCD)
- Další nevýhodou je tzv. „**vypalování statického obrazu**“ – stálý neměnící se obraz se může do displeje dlouhodobě vypálit a být zobrazován i po jeho změně
- ...a právě ve výpočetní technice je zobrazování statických obrazů nebo jejich částí běžné (ikonky na ploše, dolní lišta windows...)



Plazma

Vypalování statických obrazů



Plazma

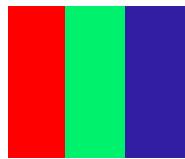
Vypalování statických obrazů



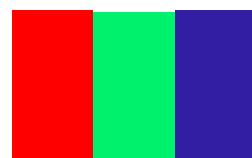


Anamorfíny pixely

- Výroba malých protáhlých supixelů tak, aby tři štíhlé subpixely vedle sebe tvořily jeden čtvercový pixel je u plazmových displejů velmi komplikovaná
- Vyrobit „štíhlý“ subpixel je na plazmovém displeji složité a drahé
- Levnější plazmové displeje běžně používají anamorfíny pixely
- **Anamorfíny pixely nejsou čtvercové**
- Plazmový displej s poměrem stran 16:9 měl běžně rozlišení 1440x1080 a pixely byly širší, než jejich výška
- Vstupující signál s rozlišením 1920x1080 se tedy musel přepočítat na menší počet širších pixelů na řádku



Čtvercový pixel



Anamorfíny pixel – nemá stejnou výšku a šířku



Plasmové displeje

- Hlavní výhodou plasmového displeje je
 - dokonalé barevné podání (běžně 48-bitová barevná hloubka)
 - vysoký kontrast
 - Černá by měla být dokonale černá (při denním světle to ale moc nefunguje)
 - Praktický nulová doba odezvy
 - neomezený pozorovací úhel
 - špičkový jas až 1000cd/m²
- Hlavní nevýhodou je
 - Vysoká energetická spotřeba (proměnná, závisející na celkovém jasu obrazu)
 - Blikání obrazu (ale vysokou nepostřehnutelnou frekvencí)
 - Vysoká hmotnost
 - nízké rozlišení malých displejů
 - Velké rozměry pixelů
 - Nevhodné pro sledování zblízka
 - Vysoká cena
 - Vypálení statického obrazu
 - Složitost
 - Anamorfni pixely
 - Odráží více světla, obrazovka se leskne
- V současné době se plazmové displeje již **nevyrábějí**

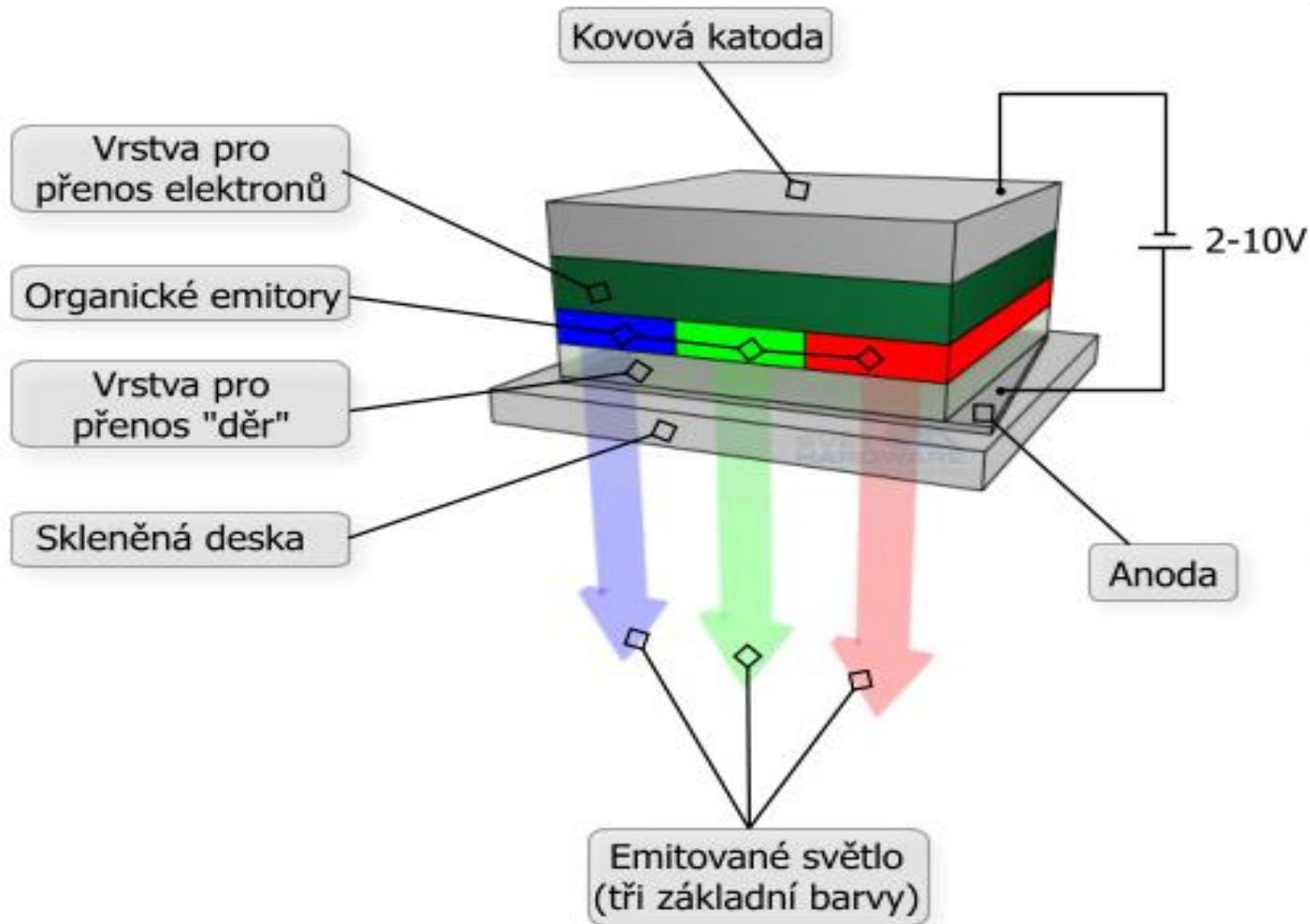


OLED

- **OLED** = Organic light-emitting diode
- Technologie vyvinula firma Eastman Kodak již v roce 1987
- Mluví se o ní jako technologii budoucnosti, která nebude mít konkurenci
- Dioda je vyrobena z organického materiálu, díky tomu lze vyrobit výjíměčně malé diody a uspořádat je do rastru
- Organický materiál, který emituje světlo určité barvy, pokud se na něj přivede stejnosměrné napětí
- Na katodu a anodu se přivede napětí od 2-10V a subpixel začne svítit
- Celá technologie je vlastně mnohem jednodušší než LCD a plasma
- Displej nemá žádné podsvícení – každý obrazový bod je samostatným zdrojem světla červené, modré nebo zelené barvy
- Černá je dokonale černá – bod prostě nesvítí. Naproti tomu u LCD i černé body svítí - v případě, kdy je subpixel (krystal) zcela zavřen, nějaké světlo se skrz něj stále dostane
- Diody reagují okamžitě – doba odezvy se u těchto displejů ani neudává



OLED

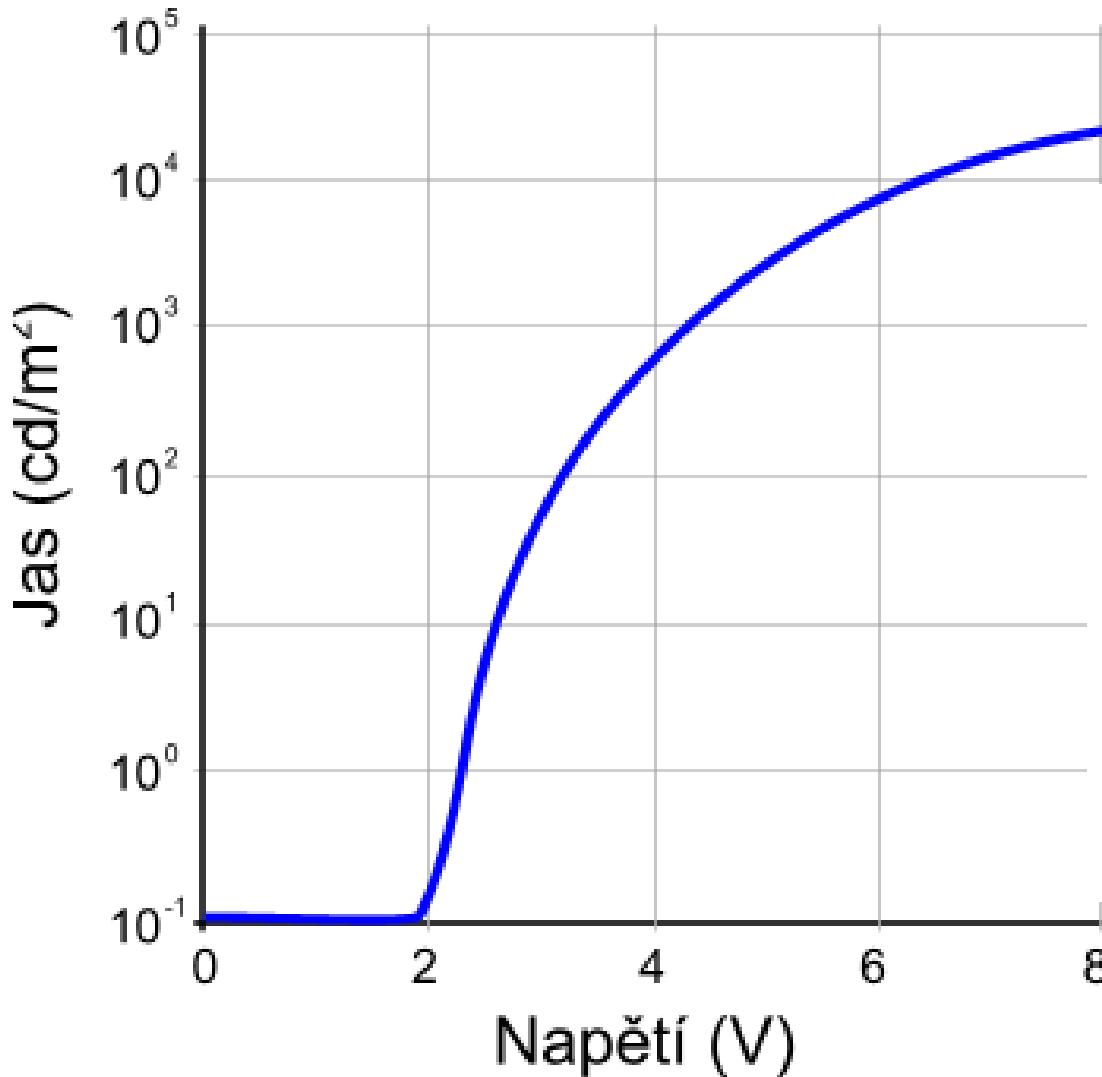




OLED – další vlastnosti

- Mohou vznikat **vadné body** - pokud na subpixel (organický materiál) nepřivedeme napětí, nesvítí – vadné pixely jsou černé
- Pozorovací úhly jsou dokonalé
- OLED mohou mít extrémní svítivost – dají se použít jako osvětlení nebo reklamní panely
- Teoretická hranice svítivosti jednoho subpixelu je cca $100\,000\text{ cd/m}^2$, ale to je natolik velká hodnota, že ji u monitorů nevyužijeme a navíc bychom měli velký problém se zahříváním
- V displejích této extrémní svítivosti nevyužíváme, protože by se displej zahříval a zahřátá místa by pak zobrazovala trochu jinak než chladná místa
- Pixely resp. subpixely nezabírají celý povrch obrazovky, ale mají mezi sebou mezery (jak pixely tak subpixely). To znamená, že hodnota jasu celého displeje v cd/m^2 se výrazně sníží.
- Teoreticky lze zobrazit nekonečný počet barev! (jas každého subpixelu je nastavovat zcela libovolně a plynule – záleží na přesnosti elektroniky a způsobu, jakým je intenzita bodu regulována)

OLED – závislost jasu na napětí



Závislost jasu na napětí není lineární, navíc musí být napětí vyšší než prahové, aby OLED svítila.

Pokud snížíte napětí z 3V na 1,5V jas neklesne na polovinu, ale úplně zhasne

Řízení jasu tedy není vůbec jednoduché. Výrobci používají různé metody včetně pulzní šířkové modulace (jako u plazmy)



OLED – další výhody

- OLED displeje jsou **velmi tenké** a mohou být **pružné, ohebné**
- Displeje mohou být **průhledné** – lze je zabudovat do brýlí, výloh obchodů, čelních skel dopravních prostředků
- **Elektrická spotřeba** je velmi nízká
- Okamžitá spotřeba energie závisí na jasu zobrazovaného snímku. Je-li snímek tmavý, jednotlivé body svítí málo a spotřebují málo energie
- Odpadají problémy s **nerovnoměrným podsvícením** známé u LCD – clouding neexistuje
- **Rozteč pixelů** je velmi malá – umíme vyrábět displeje s velmi malou úhlopříčkou a při tom vysokým rozlišením
- Lze vyrábět displeje s libovolnými rozměry (úhlopříčka několik milimetrů až několik metrů) a libovolným tvarem
- Vzhledem k tomu, že černá je dokonale černá, **kontrast** neuvádíme (byl by nekonečný)
- Displeje jsou velmi odolné – přežijí úder kladivem. Ostatní typy displejů jsou křehké a praskají



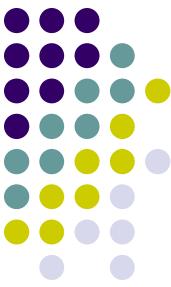
OLED



OLED displeje jsou pružné a ohebné

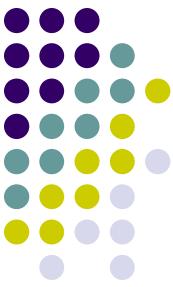


OLED Display Screen (from Universal Display Corp)



OLED



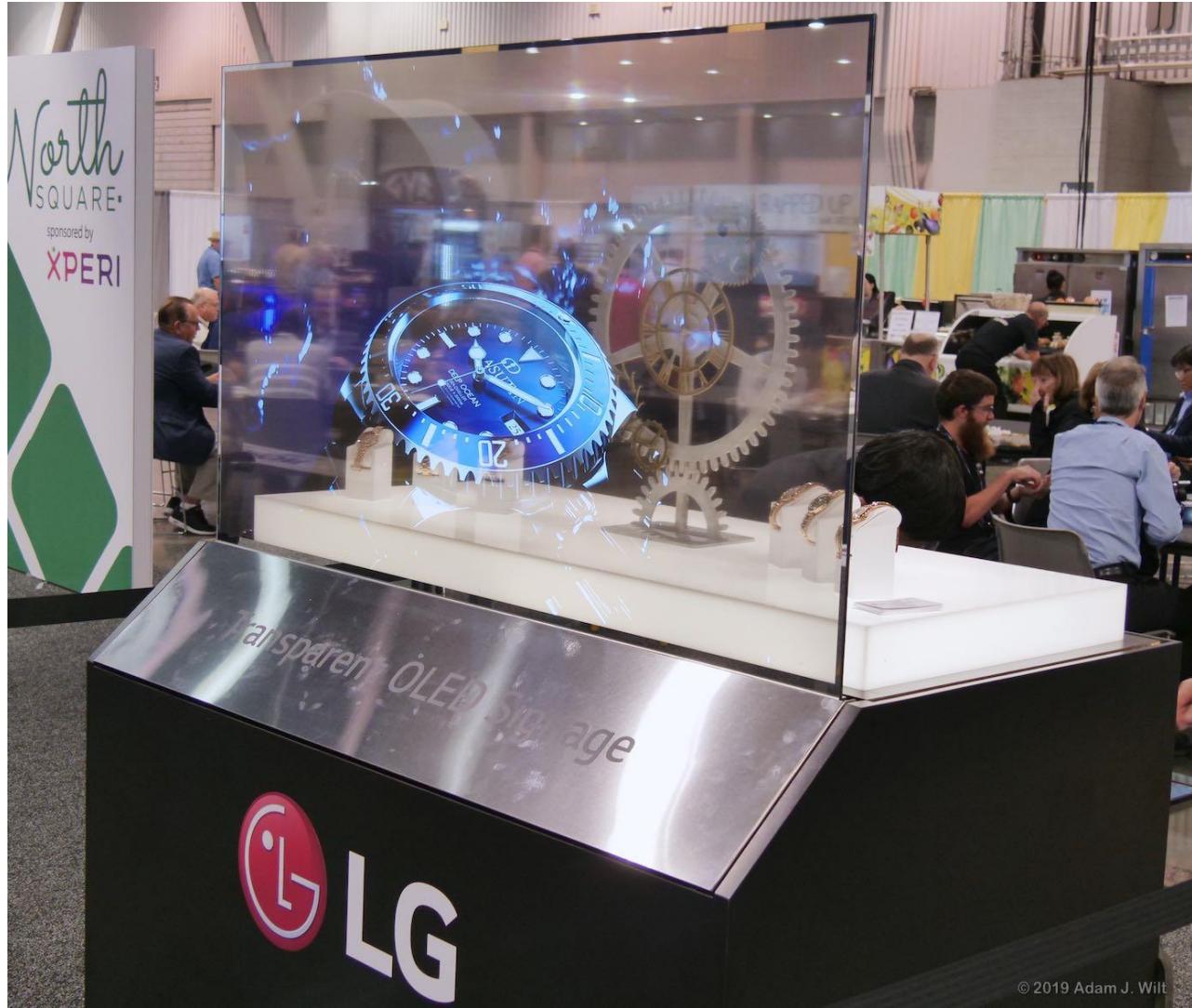


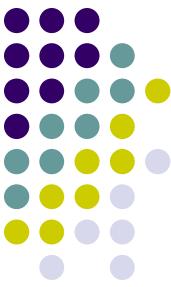
Průhledný OLED





Průhledný OLED





OLED





OLED Wall



HDTV-NEWS.COM



OLED Window





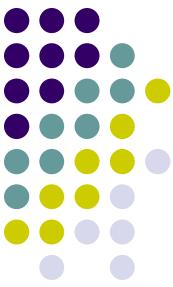
OLED - nevýhody

- OLED displeje mají **omezenou životnost**
- Problémem je organický materiál vyzařující **modrou** barevnou složku
- Životnost modrých OLED se dnes pohybuje pouze kolem 28 000 hodin
- Tento problém umíme u OLED TV obejít použitím bílé LED s modrým filtrem – tím ale klesne její svítivost na 1/3 (většinu bílého světla modrý filtr nepropustí) a modrá filtrovaná z bílé není dokonale modrá (pronikají i jiné vlnové délky)
- Pokud se modrá filtruje z bílého světla, musí mít tento OLED subpixel trojnásobnou svítivost oproti ostatním – tím stoupá spotřeba a displej se více zahřívá
- Jas lze regulovat softwarově a není to jednoduché (nelineární závislost)



OLED nevýhody

- **Retence** – pamatují si jas dlouhodobě zobrazených snímků. Může v nich být uložen v podobě „teplé stopy“
- **Zahřívání** OLED displeje je **nerovnoměrné** – různá místa svítí různým jasem a tím pádem jsou různé teplá, zatímco LCD displej se zahřívá po celé ploše rovnoměrně
- Místa na displeji, která dlouho intenzivně svítila se více zahřejí
- OLED zahřáté na vyšší teplotu se pak chovají trochu jinak než studené OLED na jiných místech displeje – na displeji zůstávají „teplé stopy“
- Při dlouhodobém zobrazení statického obrazu může dojít i k trvalé retenci – dlouho svítící body se „unaví“ a řízení jasu těchto bodů nefunguje stejně jako u bodů okolních
- Pokud budete OLED používat na běžné sledování TV a filmů, tak k „vypálení“ nedojde, ale použití OLED jako počítačového monitoru je rizikové

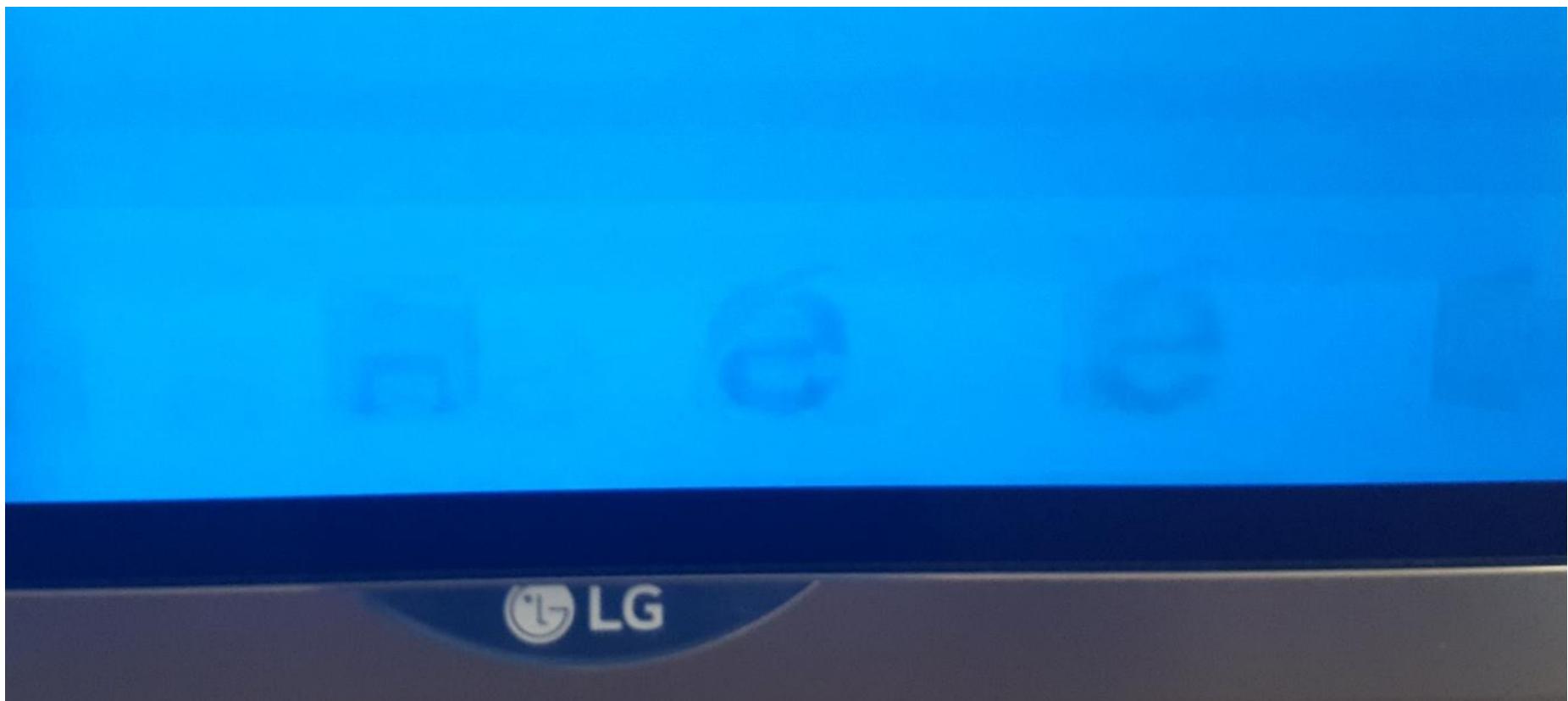


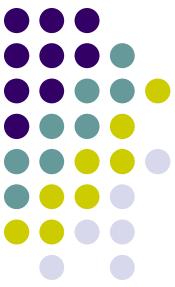
Vypálený OLED displej





OLED - retence





OLED

- Video s testem retence QLED a OLED
- <https://www.youtube.com/watch?v=igluXM8JghA>

- Ukázka odolnosti OLED
- <https://www.youtube.com/watch?v=rY-MX7V9LLQ>

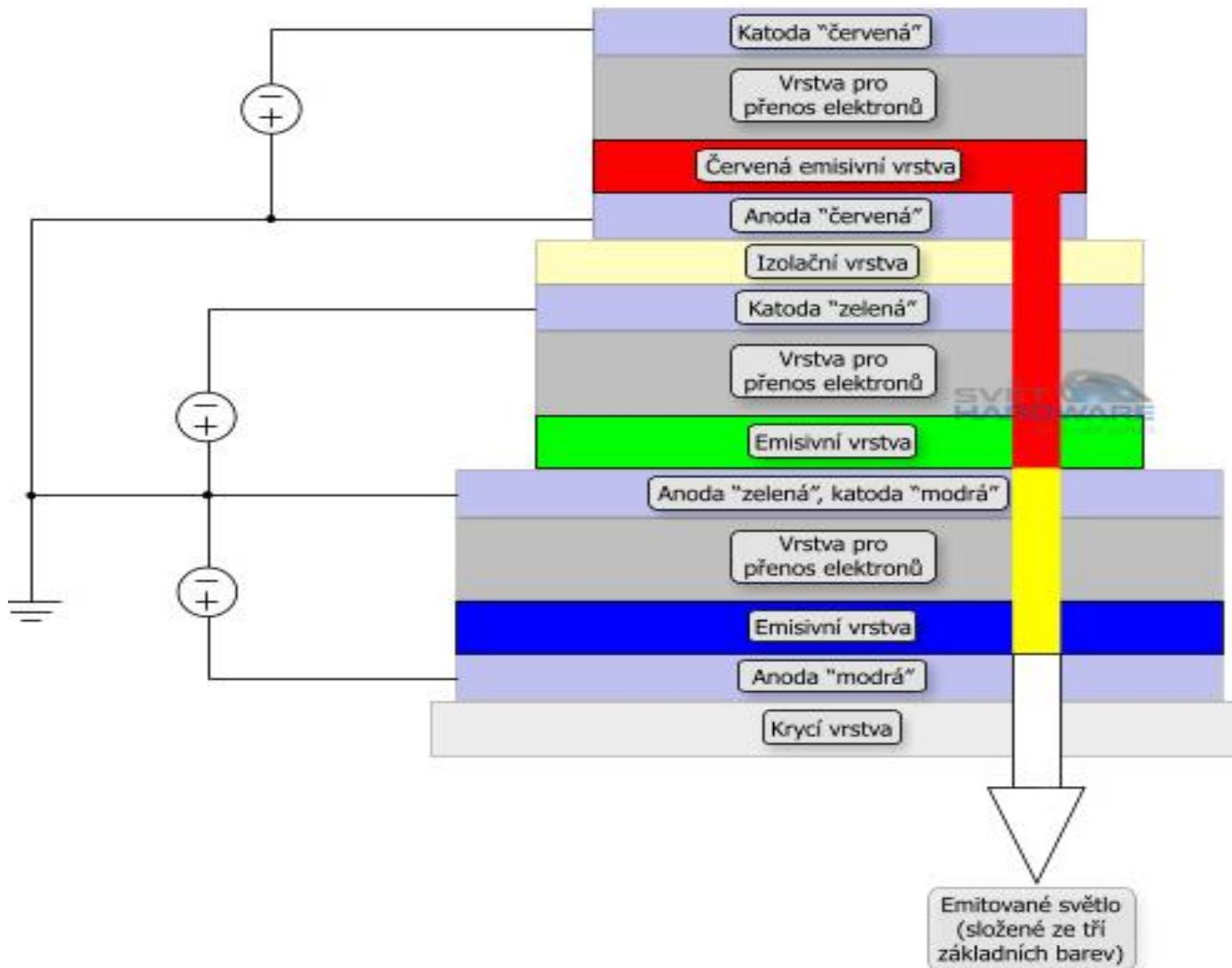


SOLED

- **Stock-OLED**
- Dnešní LCD i většina OLED displejů jsou konstruovány tak, že každý pixel je složen z **vedle sebe** posazených tří protáhlých **subpixelů**
- Tím, že je OLED **průhledný** a každý bod sám od sebe emituje světlo (není třeba polarizačních filtrů a podsvícení jako u LCD), tak lze jeden pixel složit ze tří stejně velkých různě barevných subpixelů, které budou na sobě **navrstveny**
- Výsledná barva se smíchá, a ve výsledku může mít monitor daleko věrnější obraz
- Při pohledu na pixel **nejsou vidět subpixely** – pixel vypadá jako čtvereček s libovolnou barvou



SOLED





LED x OLED x QLED

- Pozor jde o zcela odlišné technologie
- **LED displej** je vlastně **LCD displej**, který používá LED diody k podsvícení
- Při přechodu na podsvícení pomocí LED, měli výrobci potřebu nějak upozornit na to, že používají tuto novou metodu podsvícení a začali tak LCD televize nazývat jako **LED TV**
- Výhoda LED displejů spočívala v nižším příkonu a delší životnosti (LED diody spotřebují méně energie a nestárnou tak rychle jako klasické CCFL výbojky)
- Rozdíl mezi LED a LCD není tedy v principu žádný
- LED displeje nejsou žádnou novou samostatnou technologií a mají úplně stejné charakteristické vlastnosti jako LCD (pozorovací úhly, doba odezvy, kontrast...)
- U televizorů se tedy běžně setkáme s pojmem **LED TV**, který je ale zpochybňován, protože se nejedná o obraz tvořený jednotlivými LED, ale jde pouze o podsvícení obrazových bodů
- Obrazové body se i u těchto panelů (televizí) skládají z tekutých krystalů, takže se stále jedná o **LCD** s novým *marketingovým* názvem, ve kterém se někdy úplně a technicky nesprávně vypouští pojem LCD
- **OLED** je pak úplně jiná technologie, kde každý obrazový bod je samostatná miniaturní svítící dioda
- **QLED** je označení používané pro quantum dot LCD displeje – mají podsvícení, tekuté krystaly, polarizační filtry, ale nemají barevné filtry jako běžná LCD. Barvy jsou vyzařovány ze subpixelů nanočásticemi, které pohlcují UV podsvícení.



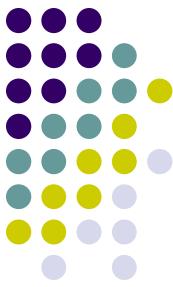
Srovnání

- **Kontrast**
- **CRT** - cca 500:1 (nový monitori)
- **LCD** – 300:1 (TN) až 1500:1 (PVA)
- **QLED** – 5000:1
- **Plasma** – velmi vysoký, ale snižují ho odrazy okolního světla a pronikání okolního UV záření do displeje, takže vynikající je pouze v zatemněné místnosti
- **OLED** – prakticky nekonečný



Srovnání

- **Jas**
- **CRT** – cca 500 cd/m²
- **LCD** – cca 500 cd/m²
- **Plasma** – až 1000 cd/m² , ale vysoký jas je pouze za cenu velkého el. příkonu
- **QLED** – až 1500 cd/m²
- **OLED** – až 30000 cd/m² (běžné ale jen do 500 cd/ m² , jinak by se jasná místa zahřívala více než tmavá a následně by byl obraz nehomogenní – teplá OLED má pak trochu jinou charakteristiku. Docházelo by také k rychlému neodstranitelnému vypalování obrazu)



Srovnání

- **Pozorovací úhly**
- **CRT** – Neomezené, ale při pohledu z boku dochází ke geometrické deformaci obrazu, pokud obrazovka není zcela plochá
- **LCD** – Velmi omezené, již při mírném pohledu z boku dochází ke změně barev a poklesu kontrastu
- **QLED** – stejné jako běžné LCD
- **Plasma** – Neomezené
- **OLED** – Neomezené, navíc je displej ohebný



Srovnání

- **Životnost**
- **CRT** – postupně dochází k poklesu kontrastu (po 10 000 hodinách často i na méně než polovinu původního)
- **LCD, QLED** – dochází k poklesu jasu vlivem stárnutí podsvětlovacích trubic. Může také docházet ke vzniku mrtvých pixelů
- **Plasma** – „vypalování“ statických obrázků. Postupná pomalá degradace obrazu a pokles kontrastu
- **OLED** – velmi nízká životnost modrých subpixelů. Také zde mohou vznikat mrtvé pixely (naštěstí nesvítící). Dochází ke krátkodobé retenci i trvalému vypalování statických snímků. Technologie je stále celkem nová, vyvijí se a neustále zdokonaluje.



Srovnání

- **Barvy**
- **CRT** – Velmi dobré u nového monitoru, ale nestálé, záleží na analogovém nastavení, postupně se zhoršují
- **LCD** – Velmi špatné u TN, velmi dobré u xVA a výborné u IPS
- **Plasma** – V zatemněné místnosti u nového displeje vynikající
- **QLED** - vynikající
- **OLED** – Zpočátku dokonalé, postupně mohou být degradované stárnutím modrých bodů



Srovnání

- **Plynulost obrazu, odezva**
- **CRT** – Obraz bliká a je nestálý, pohyb je zobrazen plynule, odezva okamžitá
- **LCD** – Obraz je klidný, nebliká, ale pohyb je zobrazen trhaně a s viditelnou stopou u displejů s pomalou odezvou
- **Plasma** – Obraz bliká velmi vysokou frekvencí, jeví se stálý, zobrazení pohybu je plynulé, odezva okamžitá
- **OLED** – Odezva je okamžitá, obraz je klidný. K regulaci jasu se také může používat pulzní šířková modulace (pak velmi rychle bliká)



Srovnání

- **Rozlišení, rozměry**
- **CRT** – Nelze vyrábět ve velkých úhlopříčkách, rozlišení max. 1600x1200
- **LCD, QLED** – Snadno lze vyrábět ve vysokém rozlišení (dnes např. 3840x2160) a s libovolnou úhlopříčkou
- **Plasma** – Nelze vyrobit displeje s malou úhlopříčkou při vysokém rozlišení (pixely jsou velké). Mnoho televizorů pracovalo pouze v rozlišení 1024x768. Standardem později také 1920x1080
- **OLED** – Lze vyrábět libovolná rozlišení a úhlopříčky. Displej je navíc velmi tenký, lehký a pružný



Displeje e-ink

- **E-ink** neboli **elektronický inkoust**
- S tímto typem displejů se setkáme především ve **čtečkách elektronických knih**, ale mohou být také použity jako reklamní tabule
- Zásadní rozdíl oproti běžným **LCD** displejům spočívá ve spotřebě energie
- Běžné **LCD** stále spotřebovává energii - aby byl výsledný obraz byl vidět, musí být rozsvícené podsvícení
- **E-ink displej** potřebuje energii jen pro **překreslení obrazu**. Pokud se obraz nemění, není spotřebovávána žádná energie a obraz je přitom stále neomezeně dlouho viditelný
- E-ink displej je reflexivní – nesvítí, ale funguje jako „elektronický papír“
- Doba provozu na baterii u čteček s **LCD** displejem se udává **v hodinách**
- Doba provozu na baterii u čteček s **e-ink** displejem se udává **v počtu překreslených stránek** (a je tedy podstatně vyšší v přepočtu na čas, po který tyto stránky čteme)



E-Ink displeje

- Nevýhody
 - **Pomalá změna** obrazu, maximálně 10 snímků za sekundu (na zobrazení videa to opravdu není...)
 - **Ve tmě nesvítí** a nic na něm není vidět
 - Obvykle pouze **monochromatický**
 - Pokud je náhodou barevný, neumí věrné **barvy** (obvykle jen 12-bitová barevná hloubka)
 - **Ghosting** – na displeji zůstává „duch“ po minulých stránkách. Po překreslení několika stránek je vždy potřeba displej „vyčistit“ – všechny pixely se nastaví na černou a pak na bílou a tím se smažou prosvítající zbytky minulých stránek
- Výhody
 - **Výborná čitelnost** ze všech úhlů i na přímém slunci
 - **Malá spotřeba** energie (v případě, že je obraz statický, je dokonce nulová)
 - Displej není podsvícen jako u klasických LCD displejů a **nezatěžuje oči** jako běžné displeje a monitory



— ONE —

It was a dark and stormy night.

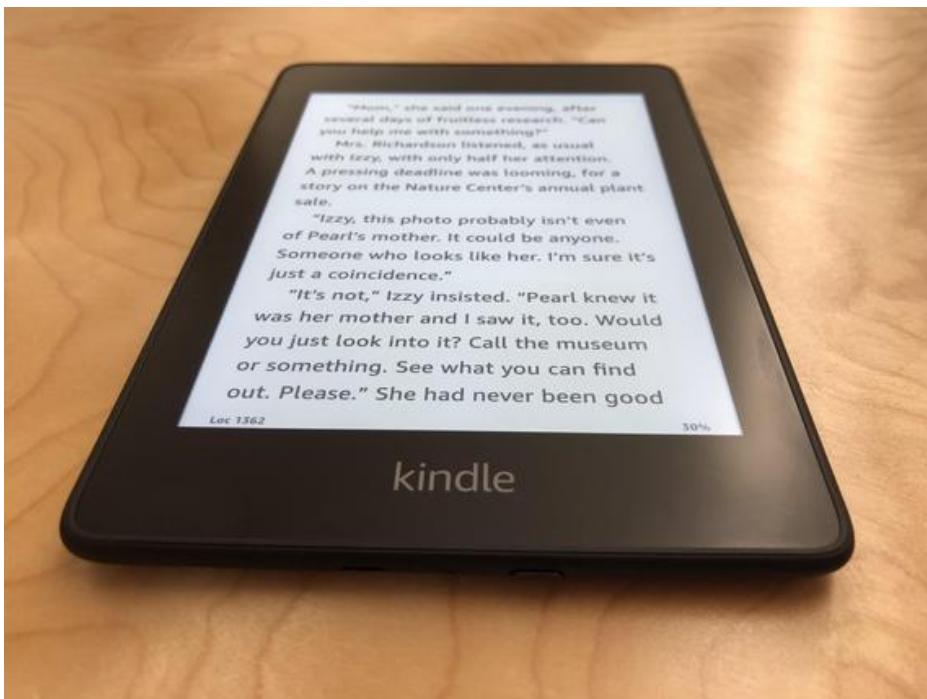
In her attic bedroom Margaret Murry, wrapped in an old patchwork quilt, sat on the foot of her bed and watched the trees tossing in the frenzied lashing of the wind. Behind the trees clouds scudded frantically across the sky. Every few moments the moon ripped through them, creating wraithlike shadows that raced along the ground.

The house shook.

Wrapped in her quilt, Meg shook.

She wasn't usually afraid of weather.—It's not just the weather, she thought.—It's the weather on top of everything else. On top of me. On top of Meg Murry doing everything wrong.

School. School was all wrong. She'd been dropped down to the lowest section in her grade. That morning one of her teachers had said crossly, "Really, Meg,



kindle



E-ink (Ghosting)

A screenshot of an E-ink device showing a book's contents page. The page has a header 'Contents' and a 'Close X' button. Below the header are three tabs: 'Chapters' (highlighted), 'Notes & Highlights' (dimmed), and 'Bookmarks'. A section title 'CASTLES AND CAGES' is displayed. Under it, a chapter entry 'p.561 Chapter 2 - Borte' is shown. The main text area contains two paragraphs. The first paragraph starts with 'Questor Thews stared thoughtfully at the empty space that' and continues with 'had been occupied by Ben Holiday and Willow only seconds before, then rubbed his hands together in satisfaction and said, "Well, I believe they are safely on their way."'. The second paragraph starts with 'Bunion and Parsnip came forward, peered at the emptiness, and hissed their agreement. Their teeth showed and their yellow eyes blinked like signal lamps.' Below these paragraphs, a partial quote from 'Great High Lord' is visible.

Questor Thews stared thoughtfully at the empty space that
had been occupied by Ben Holiday and Willow only seconds before, then rubbed his hands together in satisfaction and said, "Well, I believe they are safely on their way."

Bunion and Parsnip came forward, peered at the emptiness, and hissed their agreement. Their teeth showed and their yellow eyes blinked like signal lamps.

"Great High Lord," whimpered Fillip from somewhere in the shadows behind them.

"Great High Lord," whimpered Sot.



E-ink (Ghosting)

The Chronology of Water: A Memoir 82% 2:33 PM

home back settings g goodreads store search : GO TO

Aa [bookmark icon]

anyhow, in all shapes and sizes, all forms of swimming. Once I stopped my laps to rest and two of them were staring at me. One said to the other, "Ain't she something?" The other one said, "And how." Then they clapped. It cracked me up. I still see them sometimes. We say hello, or goodbye, or keep up the good work.

Middle-aged women like me show up too - most of them do not have the stroke quality of someone who has competed - but I am filled with wonder at them anyway. They put their bodies in the water to swim the same way that I do. Maybe they are trying to shed pounds. Or maybe stress. Or lives. Or maybe it just feels good - being alone in water - no kids hanging on you, no husband to tend to, no one and nothing to worry about. When the pool is full I've never been asked if I can share a lane. They will ask if they can share a lane. They must be able to tell I'm

Loc 3162 of 3626 | 1 min left in chapter | 87%

[navigation icons] 87%



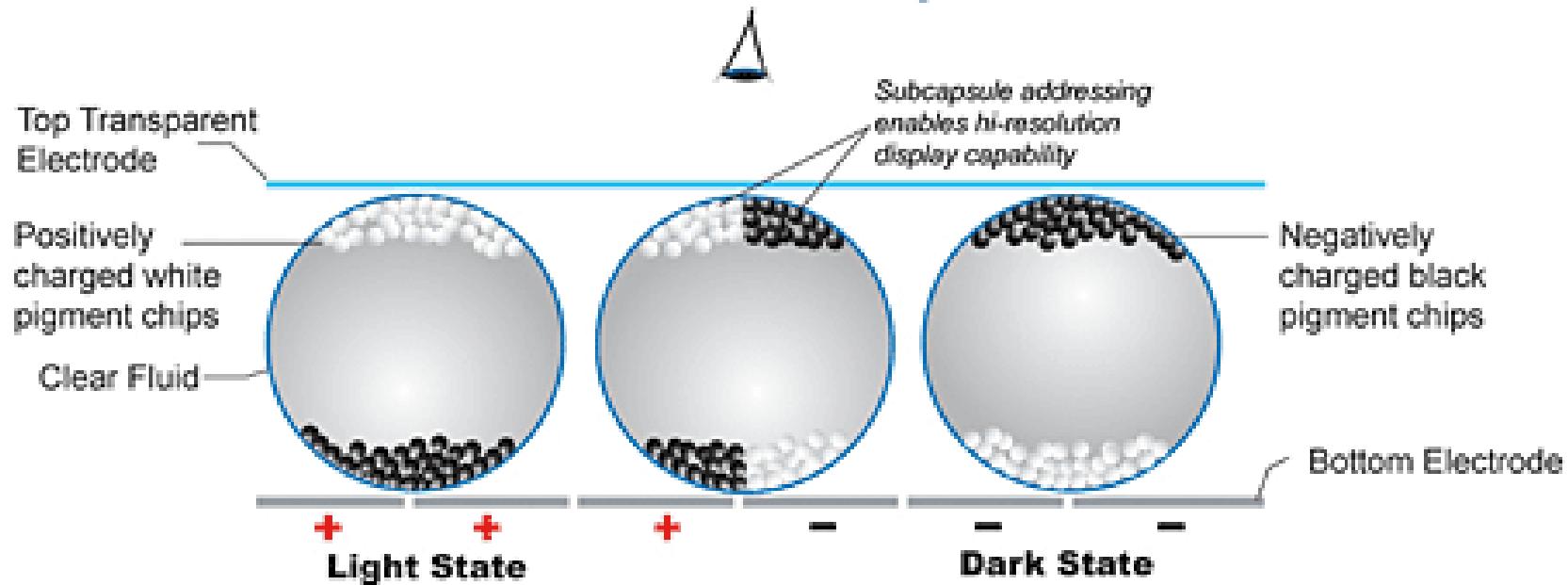
E-Ink

- Základní komponentou elektronického inkoustu jsou **mikrokapsle** (microcapsules) o rozměrech několika mikrometrů
- Každá mikrokapsle obsahuje tekutinu a v ní plavou černé a bílé **mikročástice**
- Černé částice jsou **nabity** záporně a bílé kladně
- Mikrokapsle jsou uloženy mezi elektrodami a jsou vystaveny působení **elektrického pole**
- Jakmile začne působit záporné elektrické pole, černé částice se přesunou do horní části mikrokapsle a stanou se viditelnými na displeji. Bílé částečky naopak putují do dolní části a přestávají být viditelné.
- Mikročástice po přemístění nahoru nebo dolů zůstávají trvale na svém místě – displej trvale zobrazuje vykreslený obraz

E-ink



Cross-Section of Electronic-Ink Microcapsules





Elektronické knihy

- **Elektronické knihy** se v budoucnu pravděpodobně stanou velkou konkurencí knih z klasického papíru.
- Výhody
 - Jedno zařízení (čtečka) dokáže pojmut tisíce knih, které lze získat levněji než papírové
 - Knihy mohou být poskytovány i zcela zdarma - bez nákladů na tisk, pokud se tak autor rozhodne
 - možnost měnit velikost písma fonty, odpadají časté problémy se špatnou čitelností u hřbetu knihy
 - E-knihy se snadno zálohují a skladují
 - Autoři mají možnost samostatně e-knihy vydávat a levně je distribuovat bez vydavatelů
 - Možnost rychle vyhledat zadaná slova v textu v rámci celé knihy
 - Možnost vkládat poznámky a zvýrazňovat text
 - Knihy nejsou nikdy vyprodány



Elektronické knihy

- Nevýhody

- Ke čtení je vyžadováno zařízení – čtečka
- K zobrazení stránek je potřeba el. energie
- Existuje více formátů el. knih, které nemusí být kompatibilní
- K zobrazení některých knih je potřeba speciální software
- S obsahem knihy může být snadno manipulováno bez souhlasu autora
- Papír je prostě papír....



3D zobrazení

- 3D – trojrozměrné, prostorové zobrazení obrazu
- Technologie označovaná jako **3D** ve skutečnosti není plně trojrozměrná a některé exaktní definice ji posuzují pouze jako 2,5D
- Plné 3D by muselo umožňovat dívat se na objekty z různého úhlu a vidět je ze všech stran (např. popojít o dva metry doprava a vidět tak zobrazený předmět z pravého boku)
- Současné technologie umožňují pouze vytvoření **prostorového dojmu**
- na předměty se nelze dívat z boku nebo dokonce ze zadu, ale pouze z pozice z které byly nasnímány kamerou a při tom lze **rozpozнат vzdálenost předmětu**
- Prostorový dojem v našem mozku vzniká při zpracování dvou mírně odlišných obrazů z levého a prvého oka
- Vyzkoušejte střídavě zavřít levé oko a otevřít pravé a potom naopak otevřít levé a zavřít pravé oko a při tom se dívejte na nejprve blízký předmět (např. prst) a vzdálený předmět (např. tabule)
- Čím leží předmět blíže, tím více se liší jeho pozice v zorném poli levého a pravého oka



3D zobrazení

- V televizní a výpočetní technice vytvoříme prostorový obraz jedině tak, že zobrazíme jiný obraz pro levé a jiný obraz pro pravé oko
- Mozek vyhodnotí vzájemné posunutí předmětů v obou obrazech a podle toho předměty „umístí do prostoru“
- Pro zobrazení levého i pravého obrazu se používá **jeden jediný displej**
- 3D zobrazovače musí tedy bud'
 - zobrazovat **střídavě** snímky pro levé a pravé oko
 - nebo zobrazovat v jednom snímku **střídavě proložené** pixely pro levé a pro pravé oko
- Divák musí být vybaven **brýlemi**, které zajistí, že každé oko vidí jen ty snímky nebo pixely, které jsou pro něj určeny



Pasivní 3D displej

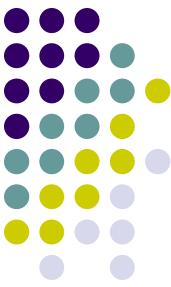
- Na jediné obrazovce jsou **současně** zobrazeny dva různé obrazy, jeden pro levé, druhý pro pravé oko
- Dvojité zobrazení probíhá tak, že liché pixely obrazovky zobrazují levý obraz, sudé pixely obrazovky obraz pro pravé oko
- **Liché pixely** jsou vybaveny polarizačním filtrem, který **polarizuje světlo vertikálně**
- **Sudé pixely** jsou vybaveny polarizačním filtrem, který **polarizuje světlo horizontálně**
- Obraz pro levé oko je tedy složen z pixelu svítících vertikálně polarizovaným světlem
- Obraz pro pravé oko je tedy složen z pixelu svítících horizontálně polarizovaným světlem
- Rozlišení levého a pravého obrazu je poloviční oproti celkovému rozlišení displeje - v případě Full HD obrazu jde tedy o 960x1080 místo 1920x1080 pokud se střídá polarizace sloupců nebo 1920x540 pokud se střídá polarizace řádků.
- 3D brýle jsou jednoduché, levné, neobsahují žádné napájení a nemusí být nijak propojeny s TV
- **Brýle obsahují pouze polarizační filtry**, které propustí ke každému oku pouze světlo ze správně polarizovaných pixelů (k levému oko pouze vertikálně polarizované světlo a k pravému naopak)
- Při naklonění hlavy o 45 stupňů vidí obě oči oba obrázky zároveň (s polovičním intenzitou jasu) – hlavu je potřeba při sledování držet zcela rovně



Pasivní 3D

Snímek pasivního 3D při pohledu bez brýlí





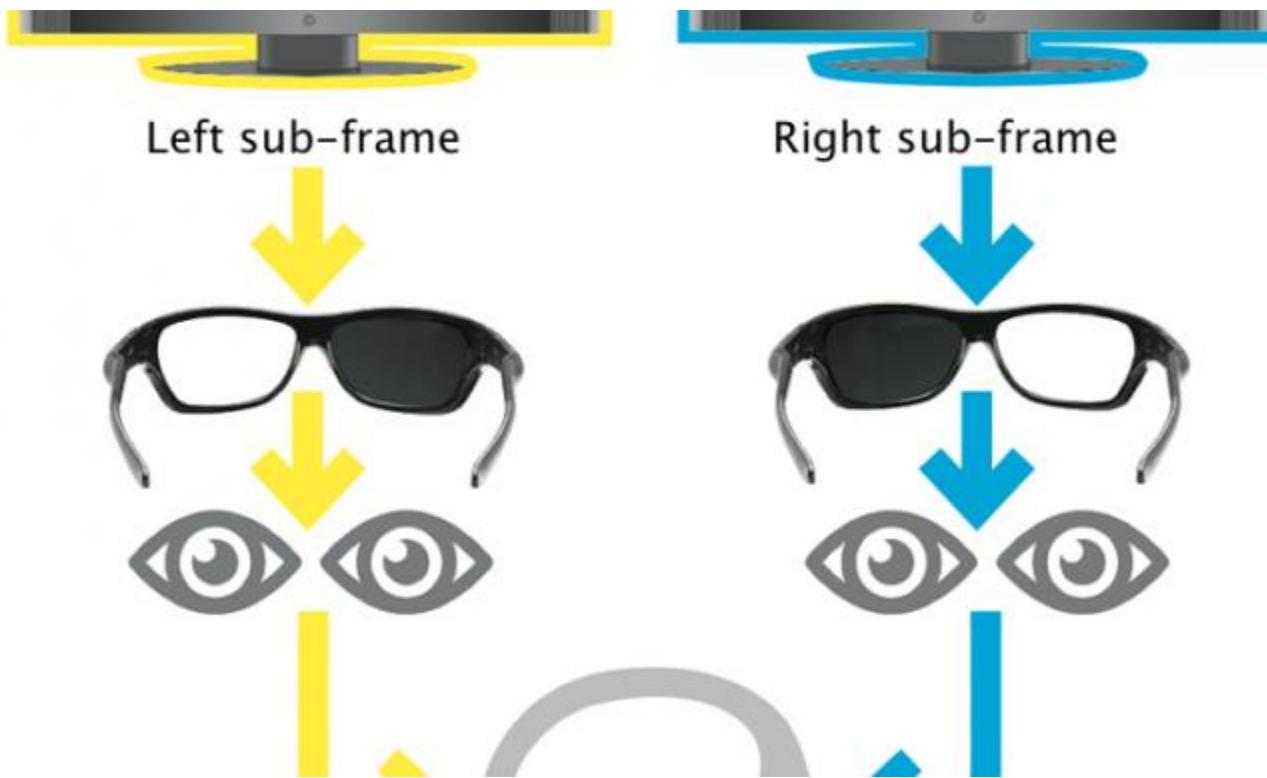
Aktivní 3D displej

- Displej **střídavě** promítá obraz pro pravé a pro levé oko (v plném rozlišení)
- Velmi rychle se tedy střídají dva snímky – displej viditelně bliká
- V aktivních brýlích jsou zasazena "skla" s vrstvou tekutých krystalů (LCD), které dokáží ve zlomku vteřiny obraz zastínit a poté opět odkrýt
- Ve chvíli, kdy obrazovka kreslí obraz pro pravé oko, zastíní se levé oko, a za chvilku naopak...
- Každé oko tak vidí vždy jen obraz pro něj
- Vždy se díváme **pouze jedním okem** a druhé je zastíněno
- Díky vysoké frekvenci snímků oko stmívání nepostřehne, obraz působí klidně
- Aby brýle věděly, které oko kdy zakrýt, musí být komunikovat s displejem (jsou s ním synchronizovány)
- K synchronizaci se využívá infračervený paprsek
- Brýle jsou poměrně složité, drahé a musí se napájet z baterie



Aktivní 3D

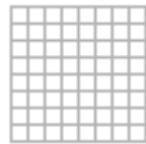
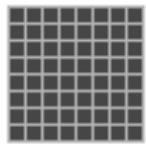
Na displej se díváme skrz brýle vždy jen jedním okem, druhé sklo je neprůhledné.



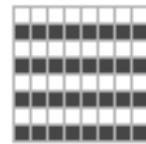
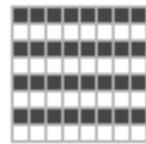


čas

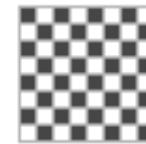
LEFT EYE RIGHT EYE



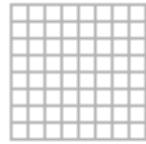
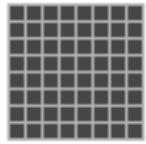
LEFT EYE RIGHT EYE



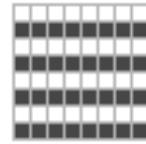
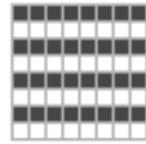
LEFT EYE RIGHT EYE



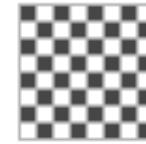
LEFT EYE RIGHT EYE



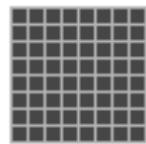
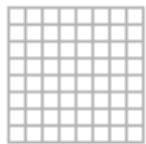
LEFT EYE RIGHT EYE



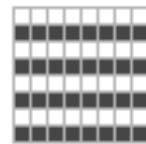
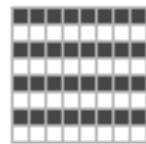
LEFT EYE RIGHT EYE



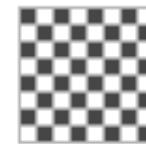
LEFT EYE RIGHT EYE



LEFT EYE RIGHT EYE



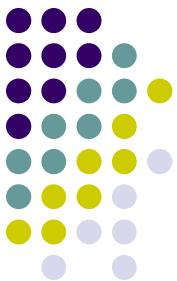
LEFT EYE RIGHT EYE



Active 3D

**Passive 3D
Line based**

**Passive 3D
Checkerboard**



Pasivní



Aktivní



Vs.



3D displeje - srovnání

- Aktivní 3D displej
 - Drahé brýle
 - Dokonalé Full HD rozlišení
 - Neviditelný rastr
 - Blikání, trochu horší plynulost
- Pasivní 3D displej
 - Velmi levné brýle
 - Dokonalá plynulost
 - Velmi efektivní 3D-efekt
 - Nižší rozlišení obrazu, viditelný rastr (černé body)



3D displeje

- Vše co bylo řečeno pro 3D technologií platí pro plazmu, LCD i OLED
- Realizace pasivního displeje jako LCD je jednodušší – celý systém je již v principu založen na polarizaci světla. Stačí použít opačnou polarizaci pro sudé a liché řádky.
- Realizace aktivního 3D je jednodušší na OLED a plazmovém displeji. Na těchto displejích nepoužíváme polarizaci světla a umíme zde rychle zobrazovat různé snímky (mají krátkou dobu odezvy)

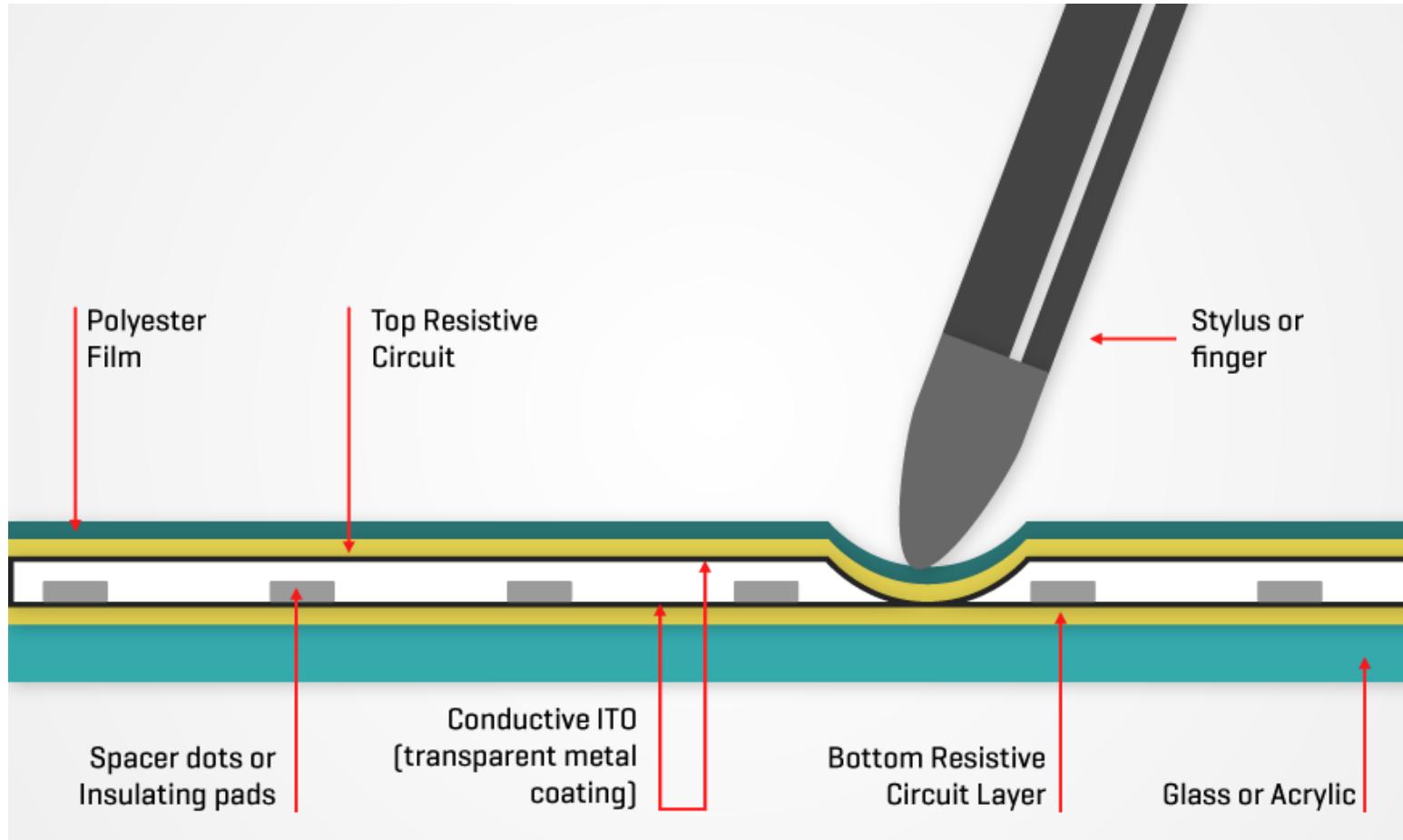


Dotekové displeje

- **Rezistivní displej**
- povrch displeje je pokryt **pružnou membránou** s průhlednou kovovou vrstvou, pod níž je ještě další vodivá vrstva obsahující miniaturní mřížku
- Při dotyku **stylusem** nebo prstem se vrchní vrstva mírně **prohne** a spojí tak dvě vrstvy pod sebou a v místě dotyku začne procházet elektrický proud.
- Řídící jednotka podle signálu přicházejícího ze spodní vodivé mřížky rozpozná a vyhodnotí polohu dotyku
- V místě dotyku je obraz **deformován**, protože displej se prohne (cca o 1-2 milimetry)
- Barevné podání displeje není ideální, protože obsahuje další vrstvy tvořící vodivé cesty pro určení místa doteku
- Rezistivní displeje se používaly u prvního mobilního hw (PDA, navigace, staré mobilní telefony)
- Dnes se používají jen výjimečně
- Je výborný, budete-li na displej klepat. Vůbec se nehodí, budete-li na displeji něco posouvat
- Přesnost určení místa dotyku není ideální
- Výhodou je, že displej lze ovládat i v rukavicích nebo nevodivými předměty – registruje místo, kde na něj zatlačíme

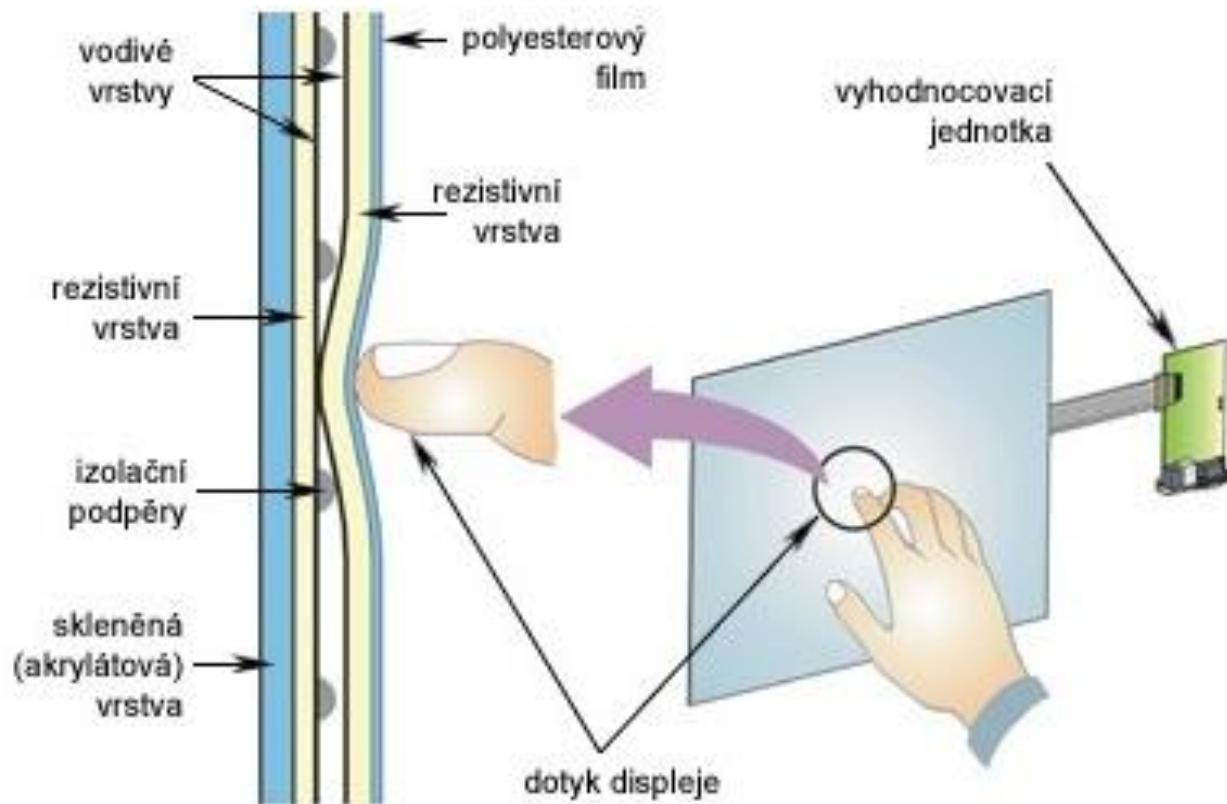


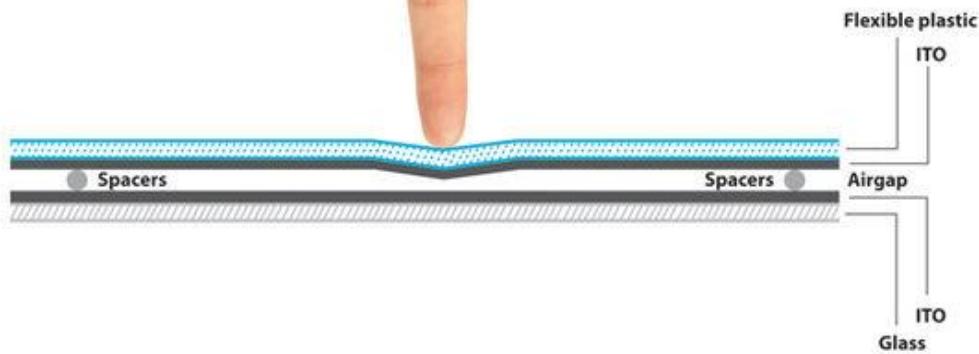
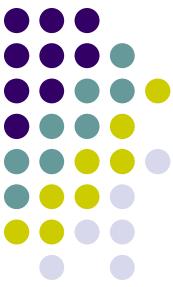
Rezistivní displej



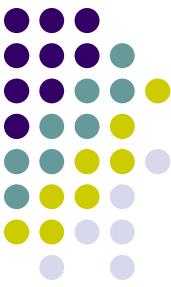


Rezistivní displej





Resistive touchscreen

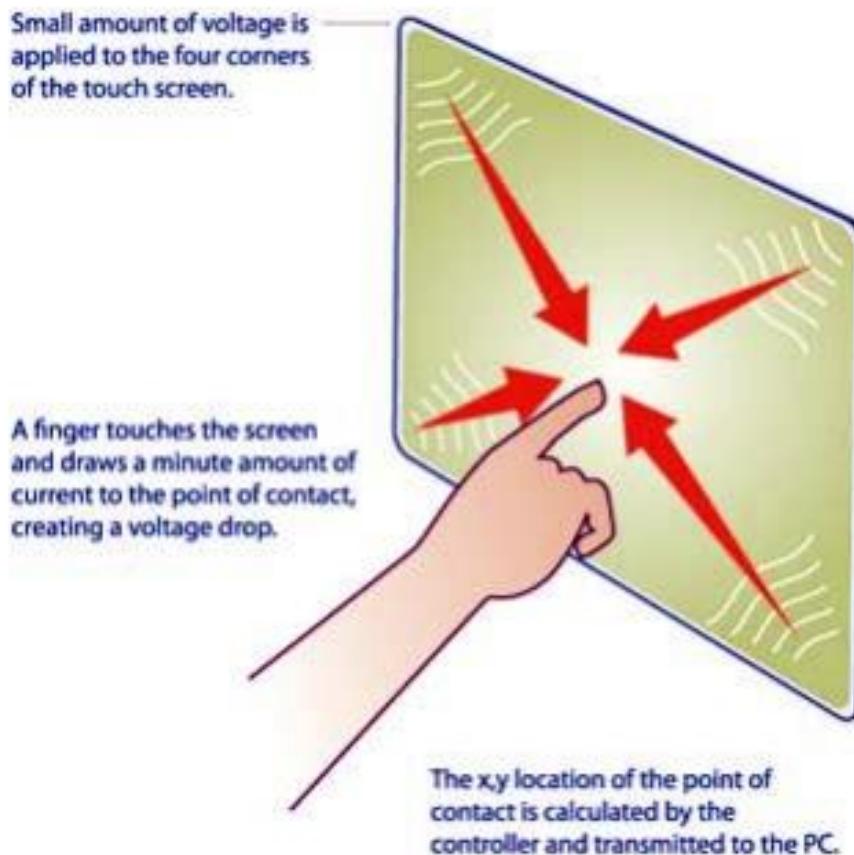


Dotekové displeje

- ***kapacitní displej***
- Používají dnes prakticky všechny chytré telefony a tablety
- na displej není nutné tlačit, je **pevný a neprohýbá se**
- princip fungování kapacitního displeje je založen na **kapacitě a vodivosti lidského těla**, v tomto případě prstu u ruky.
- Je složen ze dvou průhledných vodivých vrstev nanesených na skle.
- Tyto dvě vrstvy tvoří kondenzátor s definovanou kapacitou.
- Na jedné vrstvě jsou v rozích vytvořeny celkem čtyři elektrody, v každém rohu jedna.
- Na elektrody je přivedeno malé napětí. V klidu je odběr proudu z elektrod velmi malý.
- Při dotyku displeje dojde ke vzniku parazitní kapacity mezi vrchní průhlednou elektrodou a prstem (uživatelem). Tím se zvětší odběr proudu z elektrod, který je vyhodnocován.
- Velikost proudu odebraného z jednotlivých elektrod je přitom úměrná jejich vzdálenosti od místa dotyku
- Displej se při dotyku neprohýbá
- Dotek v prstem rukavici nebo např. tužkou nefunguje – dotýkat se musím vodivým předmětem

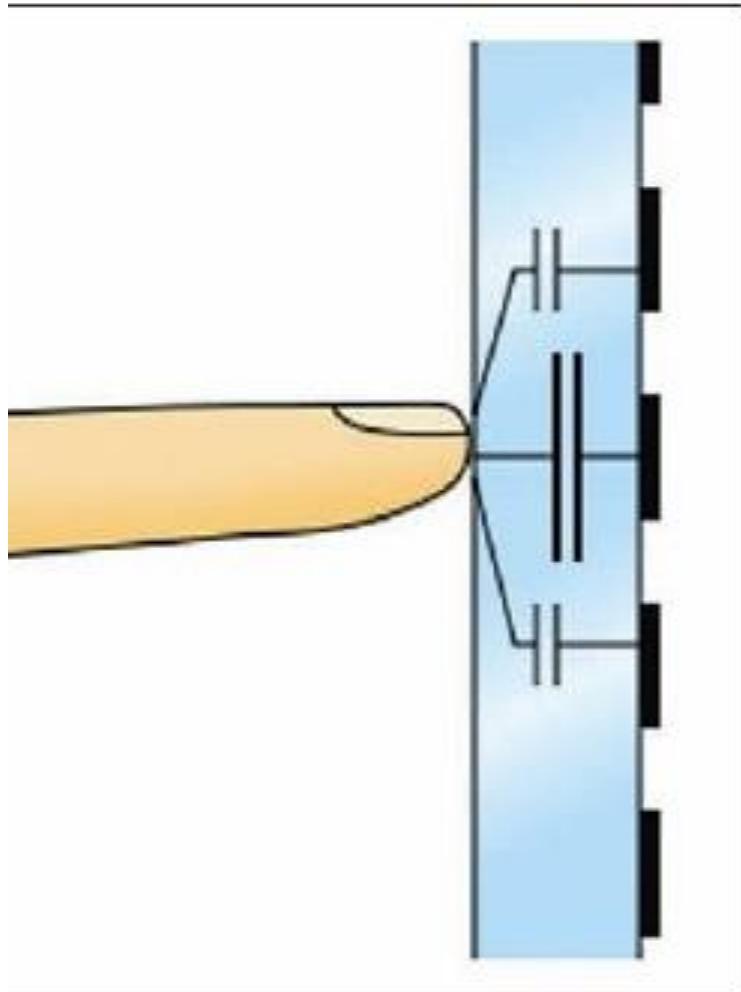


Dotekové displeje





Kapacitní displej



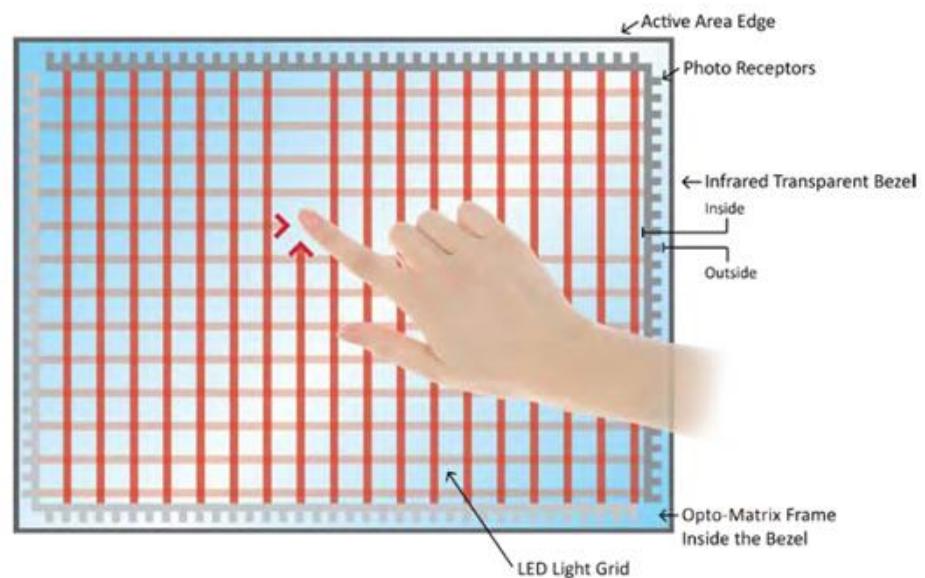
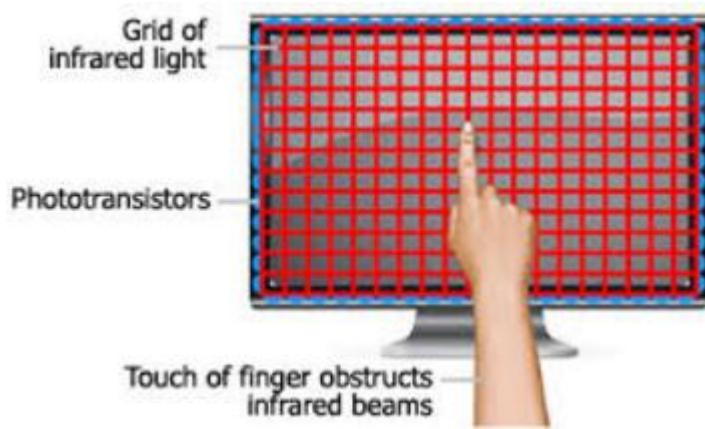
Moderní kapacitní displeje obsahují síť kapacitních senzorů rozmístěných po celé ploše a díky tomu umí registrovat **multitouch**





Dotekové displeje

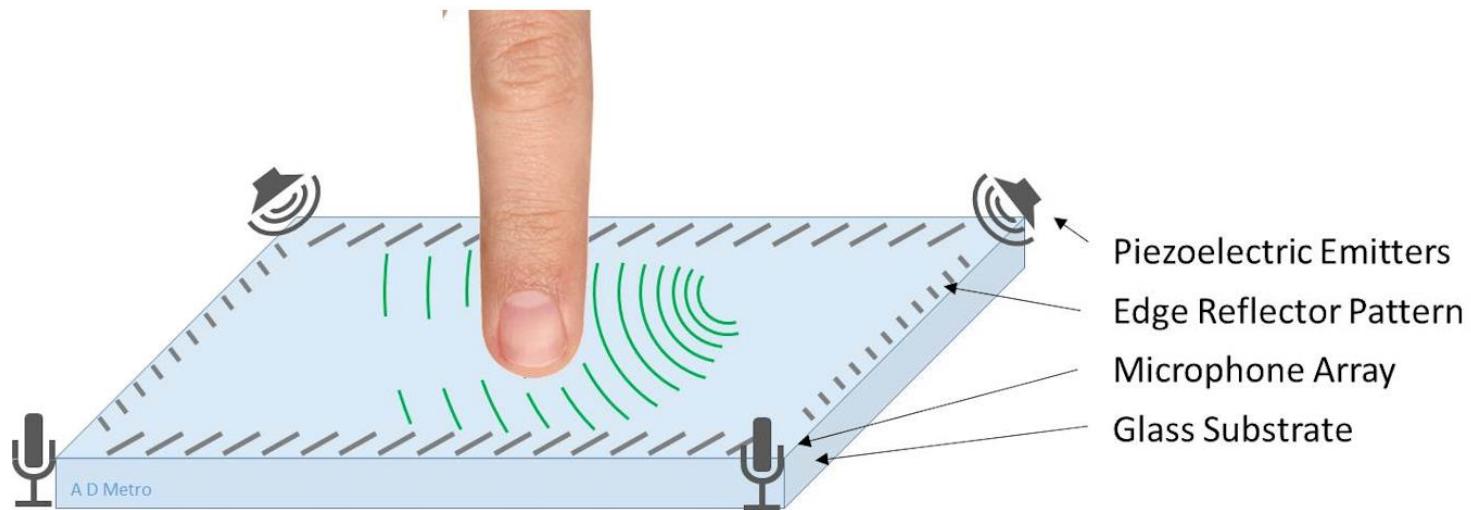
- Infračervený panel
- Displej je opatřen rámečkem s IR diodami a fototranzistory
- Je vytvořena hustá síť infračervených paprsků (neviditelných), která se vsunutím jakéhokoli předmětu na určitém místě přeruší – nemusí ani dojít k úplnému doteku displeje
- Výhodou tohoto typu panelu je vysoká průhlednost, protože obraz není překryt žádnou další vrstvou, jako je tomu u ostatních typů panelů
- Nevýhodou je naopak menší přesnost panelu a zejména nemožnost detektovat malé předměty.
- Tímto rámem šlo vybavit i CRT nebo plazmu





Dotekové displeje

- **Displej s povrchovou akustickou vlnou**
- Pro tyto displeje se používá označení **SAW** (z anglického Surface Acoustic Wave)
- v rozích pevné průhledné vrstvy nad displejem jsou umístěny vysílače a přijímače ultrazvukového signálu s frekvencí cca 5 MHz
- Ultrazvukové vlny se šíří napříč po ploše displeje
- Vložením předmětu do vlnového pole se šíření vln změní a řídicí jednotka tak podle vyslaných a přijatých signálů vyhodnotí polohu vložené překážky





Kontrolní otázky

- Na kterou ze tří barevných složek je oko nejcitlivější a proč ?
- Kolikabitovou barevnou hloubku má displej, který dokáže zobrazit 32 různých intenzit každého subpixelu ?
- Kolikabitovou barevnou hloubku má TrueColor displej ?
- Kolik různých intenzit modrého subpixelu lze zobrazit na displeji s barevnou hloubkou TrueColor ?
- Jak se projeví mrtvý pixel na TN, IPS a PVA displeji ?
- Seřaďte displeje dle dosažitelného jasu: plasma, CRT, LCD, OLED
- Seřaďte displeje dle obvyklého dosažitelného statického kontrastu: TN LCD, IPS LCD, PVA LCD, Plasma, OLED
- Vysvětlete kolísání spotřeba elektrické energie plazmového displeje
- Uveďte alespoň dva hlavní důvody, proč se plazmové displeje běžně nepoužívají ve výpočetní technice.
- Porovnejte barevnou hloubku displejů: TN LCD, OLED, IPS LCD, PVA LCD
- Jaké výhody má RGB LED podsvícení oproti Edge LED ? Jaké výhody má naopak Edge LED podsvícení oproti RGB LED ?
- Co je to clouding a u jakých typů displejů se projevuje ?
- Který typ displeje má při pohledu zespodu výrazně tmavší obraz ?
- Který typ displeje je v současné době nejpoužívanější ve výpočetní technice a proč ?
- Jak byste změřili kontrast displeje ? V jakých jednotkách se udává ?
- V jakých jednotkách se udává jas displeje ?
- Tekuté krystaly jsou anizotropní - Co to znamená ?



Kontrolní otázky

- Co je to rise a fall time LCD displeje ?
- Co to znamená, když se řekne, že LCD displej má „vyrovnanou odezvu“ ?
- Který typ LCD displejů má nejvyrovnanější odezvu ?
- Jak se viditelně projeví velmi dlouhá doba odezvy LCD ?
- Co je to input lag ? Jak se projeví velmi dlouhý input lag ?
- Co je to luminofor ?
- Co je to deinterlacing ?
- Proč se prakticky přestaly vyrábět CRT monitory ?
- V jakém rozsahu se pohybovaly běžné obnovovací frekvence CRT monitorů ?
- Co se stane bude-li obnovovací frekvence CRT příliš nízká ?
- Co se stane bude-li obnovovací frekvence CRT příliš vysoká ?
- Jaké rozlišení má standardní PAL televizní signál ?
- Co to znamená 1080i, 1080p, 720p ?
- Co je to progresivní video ?
- Jaký význam má maska v CRT obrazovce ?
- Jakou závislost vyjadřuje gamma funkce ?
- Na displeji s gamma=2,2 bude bod s intenzitou vyjádřenou osmibitově číslem 128 mít poloviční, méně než poloviční nebo více než poloviční jas ?
- Na displeji s gamma=2,2 bude absolutní rozdíl svítivosti pixelů popsaných jasem 10 a 11 a rozdíl svítivosti pixelů popsaných jasem 210 a 211 stejný, v prvním případě (10-11) větší nebo v druhém případě (210-211 větší) ?
- Vnímá lidské oko polarizaci světla ?
- Změní se intenzita polarizovaného světla po průchodu druhým polarizačním filtrem ?



Kontrolní otázky

- Které typy dotykových displejů lze ovládat s nasazenými rukavicemi ?
- Který typ dotykového displejů se v místě dotyku prohne ?
- Jak se liší LED TV a OLED TV ?
- Která technologie 3D displejů zobrazuje střídavě snímek pro pravé a levé oko ?
- Předmět, který se ve 3D snímku pro pravé i levé oko nachází na stejném místě umístí mozek prostorově do pozadí nebo do popředí ?
- Předmět, který se ve 3D snímku pro pravé oko nachází na posunutém místě oproti poloze ve snímku pro levé oko umístí mozek prostorově do pozadí nebo do popředí ?
- Uveďte alespoň dvě nevýhody aktivní a dvě nevýhody pasivní 3D technologie.
- V jakých jednotkách se udává doba výdrže na baterii u zařízení s displejem typu e-ink ?
- Mají e-ink displeje nějakou nevýhodou ?
- Uveďte alespoň pět výhod e-book oproti klasické knize
- U kterého typu dotykového displeje je dotyk zaznamenán ještě než dojde ke kontaktu prstu s displejem
- Kolik červených subpixelů obsahuje FULL HD LCD displej ?
- Kolik pixelů celkem obsahuje FULL HD LCD displej ?
- Kolik subpixelů celkem obsahuje FULL HD LCD displej ?
- Uveďte alespoň 4 nevýhody TN LCD displejů
- Jak funguje FRC dithering ?
- Mají OLED displeje vůbec nějaké nevýhody ? Pokud ano, jaké ?
- V čem spočívá rozdíl mezi OLED a SOLED ?
- V čem spočívá rozdíl mezi QLED a bězným LCD