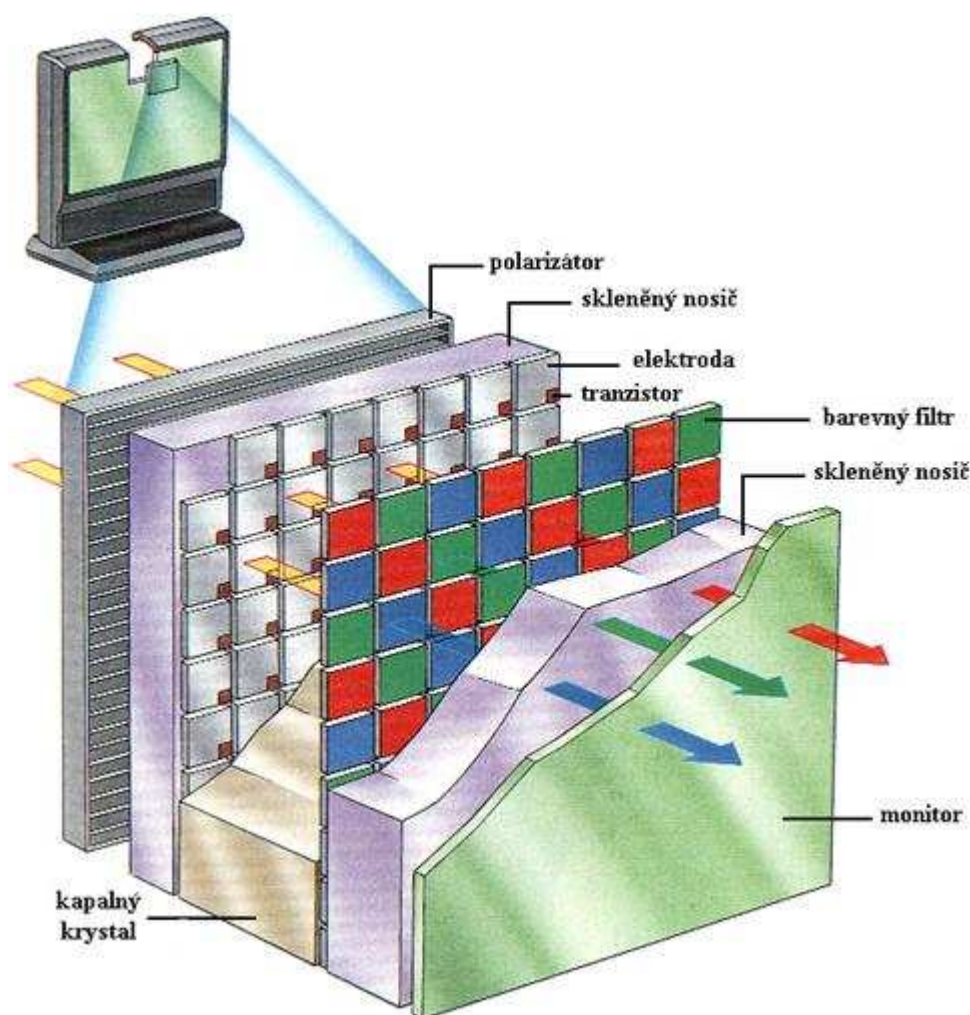


1. Obrazovka z kapalných krystalů

Obrazovky založené na vlastnostech nematických kapalných krystalů jsou většinou typu aktivní matice. Monitor je rozdělen do matice stovek tisíc jednotlivých bodů (pixelů). Kapalné krystaly v nich obsažené, dovolují průchod světla pouze v závislosti na tom, zda na elektrodách vpředu a vzadu na pixelu, je či není vloženo napětí. Je-li napětí daného pixelu vypnuto, na monitoru se objeví světlý bod, je-li napětí zapnuto, neprochází žádné světlo. Mřížka je aktivní, protože elektrický proud regulující reprodukci části obrazu daným pixelem je řízen drobným tranzistorem umístěným v rohu elektrod zcela vzadu. Aktivací každého tranzistoru odděleně se vytváří na monitoru obraz.

Takové displeje se pak označují jako displeje typu TFT (*Thin Film Transistor*), protože jsou řízeny drobnými tranzistory. Použitím těchto tranzistorů se odstraní vliv parazitních kapacit kondenzátorů a indukčností cívek a rychlost displeje je pak dostatečné pro reprodukci pohyblivého televizního obrazu. obr.1



Obr. 1 Obrazovka z kapalných krystalů

Černobílé obrazovky mají maticovou strukturu odpovídající televiznímu rastru. Barevné obrazovky LCD, pak mají trojnásobný počet buněk, protože jednotlivé buňky jsou na přední stěně vrstvy s kapalnými krystaly střídavě pokryty filtry v základních barvách RGB modelu (resp. televizního RGB modelu). Sada těchto barevných filtrů umožňuje průchod pouze světlu určité barvy; v různých kombinacích se pak vytváří celé spektrum barev.

Tento typ obrazovek patří mezi pasivní modulátory procházejícího světla. Proto je displej zezadu prozařován bílým světlem, které v závislosti na přiloženém napětí na různých elektrodách prochází na stínítko obrazovky nebo neprochází.

Obrazovky z kapalných krystalů reprodukují obraz po celých řádcích. Pro obrazový signál každého řádku probíhá vzorkování signálu a jednotlivé vzorky se zapisují do analogové paměti CCD. Odtud pak jsou prostřednictvím řádkového spínače vzorky signálu přiváděny k tomu řádku displeje, který je právě aktivní. Jednotlivé řádky jsou aktivovány dekodérem řádků řízeným synchronizační směsí příchozího televizního signálu. Elektrický náboj na kondenzátoru dané buňky s kapalnými krystaly je dostatečný, aby vydržel po dobu jednoho snímku.

Nevýhodou těchto obrazovek je, že nereagují dostatečně rychle na televizní signál a také jsou zatím velmi nákladné na výrobu. Kontrast je také výrazně nižší než u běžných obrazovek CRT (vakuových obrazovek) a dosahuje maximální hodnoty 1:40. Také luminance těchto obrazovek je nižší a dosahuje hodnot pouze několika desítek candel na metr čtvereční. Aby bylo možné tento poměrně malý jas obrazovek optimálně využít, mají malý vyzařovací úhel. To znamená, že obraz z místa mimo osu obrazovky prakticky není možné sledovat. Vysvětlení závislosti průchodu světla kapalným krystalem na přiloženém napětí v obrazovce je analogické jako u displeje z kapalných krystalů.

1.1 Kapalné krystaly

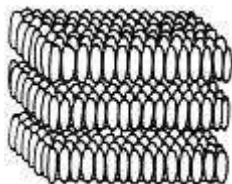
Krystaly jsou pevné látky, jejichž stavební částice (atomy, ionty či molekuly) jsou v prostoru uspořádány do pravidelných krystalových mřížek. Kapaliny jsou látky bez krystalické struktury, které mohou snadno měnit tvar díky tomu, že molekuly jsou vzájemně vázány mnohem menšími silami než u pevných látek.

Kapalné krystaly jsou organické látky, které vytvářejí přechod mezi pevnými látkami a kapalinami. Jsou kapalné podobně jako kapaliny, ale jejich molekuly jsou pravidelně uspořádány podobně jako v pevných látkách (krystalických látkách).

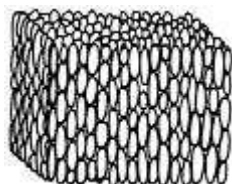
Aby získala příslušná organická látka vlastnost kapalných krystalů, musí být rozpuštěna ve vodním roztoku. V něm se molekuly látky uspořádávají do pravidelné struktury a vytvářejí tak homogenní, ale už ne izotropní roztok. Roztok se pak chová jako krystal. Toto chování roztoku vyplývá z vnitřního uspořádání kapalných krystalů.

Kapalné krystaly jsou známy ve trojím uspořádání:

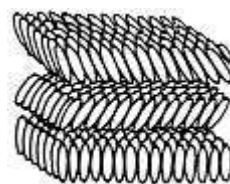
1. *smectické kapalné krystaly* (viz obr. 2) - podlouhlé molekuly doutníkového tvaru jsou uspořádány tak, že jejich osy jsou navzájem rovnoběžné a jsou uspořádány po vrstvách
2. *nematické kapalné krystaly* (viz obr. 3) - molekuly jsou uspořádány tak, že jejich osy jsou navzájem rovnoběžné, ale nejsou uspořádány ve vrstvách. Molekuly jedné vrstvy jsou napěchovány mezi molekuly další vrstvy.
3. *cholesterické kapalné krystaly* (viz obr. 4) - molekuly jsou uspořádány ve vrstvách, v nichž jsou osy molekul navzájem rovnoběžné, ale v každé vrstvě je směr os molekul oproti osám molekul v předchozí vrstvě pootočen



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4

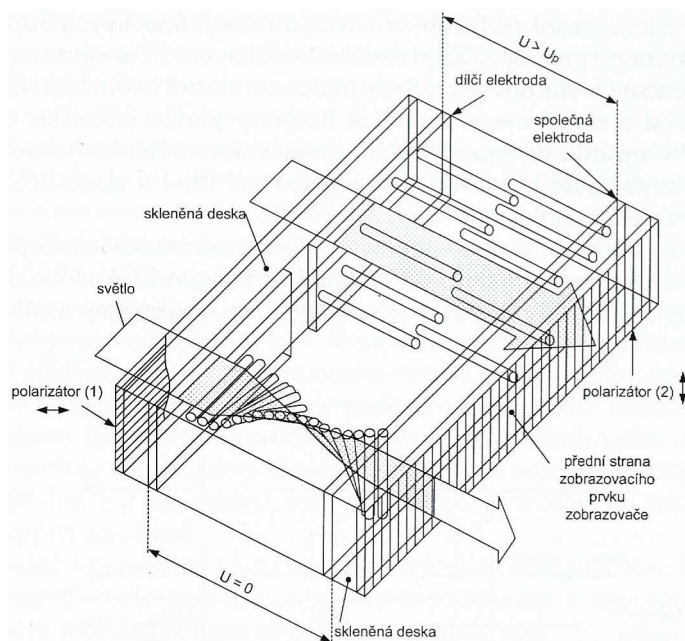
Hlavní význam kapalných krystalů spočívá v tom, že i slabé vnější působení různých fyzikálních sil může ovlivnit jejich vnitřní uspořádání a tím i jejich vlastnosti:

1. změna propustnosti světla působením elektrického pole se využívá v displejích z kapalných krystalů
2. vrstva cholesterických kapalných krystalů mění barvu odraženého světla v závislosti na teplotě s takovou citlivostí, že je možné zaregistrovat změny teploty v rozmezí $0,01^{\circ}\text{C}$. Těto vlastnosti se využívá při diagnostice lidských tkání, které se při napadení nemocí projevují změnou teploty. Látka z kapalných krystalů se pak používá jako citlivý indikátor teploty.
3. oteplením vyvolaném laserovým paprskem přejde kapalný smektický krystal v kapalinu. Tato vlastnost se využívá k záznamu informací.

1.2 Obrazovky s kapalnými krystaly LCD

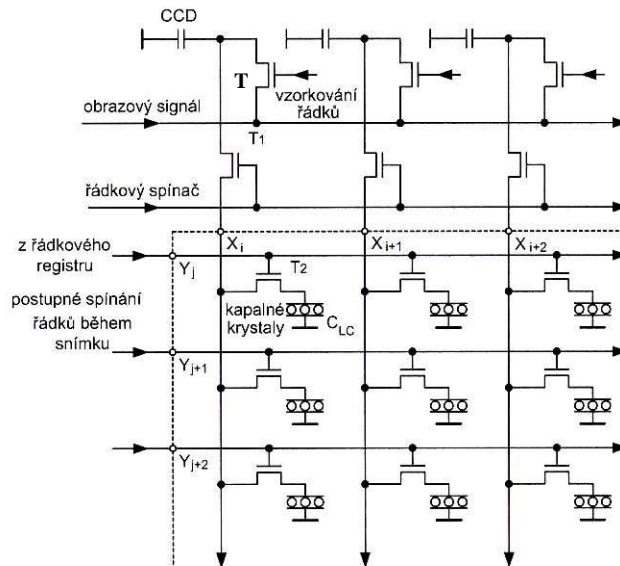
Kapalné krystaly jsou látky, které si v určitém rozsahu teplot udržují typické vlastnosti pevných i kapalných látek. Mají krystalickou strukturu a přitom jsou tekuté. Jejich molekuly mají tyčinkovitý tvar a působením elektrického pole se natáčejí svojí delší osou ve směru tohoto pole (jako točité schodiště). obr.2,3,4,5

Mezi dvěma skleněnými deskami je roztok kapalných krystalů. Z vnitřní strany je na těchto deskách nanášena rýhovaná vrstva oxidu křemičitého. Rýhování je na obou deskách navzájem kolmé, což způsobí, že se krajní molekuly roztoku orientují ve směru rýh a molekuly mezi nimi vlivem mezimolekulárních sil vytvoří šroubovici (obr. 5). Na vnitřní straně skleněných desek jsou napařeny průhledné vodivé elektrody pro přívod napětí. Povrchy obou vnějších stran jsou opatřeny polarizačními filtry s navzájem kolmou polarizací, která odpovídá směru drážek na vnitřní straně. Na obr. 5 jsou nakresleny dvě buňky krystalů. Na levou není přivedeno napětí a světlo buňkou prochází. Na pravé buňce je znázorněn stav, kdy přivedením většího napětí na elektrody než je prahové (cca 3 V, se začnou molekuly stáčet ve směru elektrického pole a při cca 10 V jsou všechny molekuly natočeny a světlo neprochází.



Obr. 5 Chování kapalných krystalů
Vytvořil Ing. Vacek

Množství prošlého světla se řídí přivedeným napětím. Černobílé obrazovky mají maticovou strukturu odpovídající televiznímu rastru. Barevné mají trojnásobný počet buněk, které mají filtry v základních barvách RGB.



Obr. 6 Princip buzení displeje LCD

Princip buzení displeje LCD typu TFT u kterého jsou jednotlivé spínací tranzistory rozmístěny přímo po ploše displeje je na obr. 6. Postupným spínáním tranzistorů T se analogový obrazový signál jednoho celého řádku převedl na vzorky a jednotlivé vzorky nabily kondenzátory CCD, které mají funkci analogové paměti. Odtud jsou různé velké náboje z CCD pomocí řádkového spínače s tranzistory T_1 přivedeny všechny najednou na kolektory tranzistorů T_2 , které sepnou řádek, který se má zobrazovat. Náboje udrží sepnuté tranzistory a tím rozsvícené buňky po dobu jednoho pulsnímku nebo u neprokládaného řádkování po dobu celého snímku.

Nejnovější LCD technologie dosahuje vysokého poměru kontrastu až 15 000:1 a tak obrazovka vytváří černou i zářivé barvy i v jasně osvětlených místnostech. Velikost podsvícení se může měnit podle osvětlení místnosti a pro dokonalé barvy má zdroj podsvícení několik vlnových délek RGB. Jas bývá až 500 cd/m^2 . Počet buněk pro plné rozlišení je $3 \times 1920 \times 1080$. Doba odezvy dosahuje hodnoty až 2,5 ms. Pozorovací úhel (při kterém jas poklesne na polovinu v ose obrazovky) bývá od 130 do 178 °.

2. Zobrazovače OLED

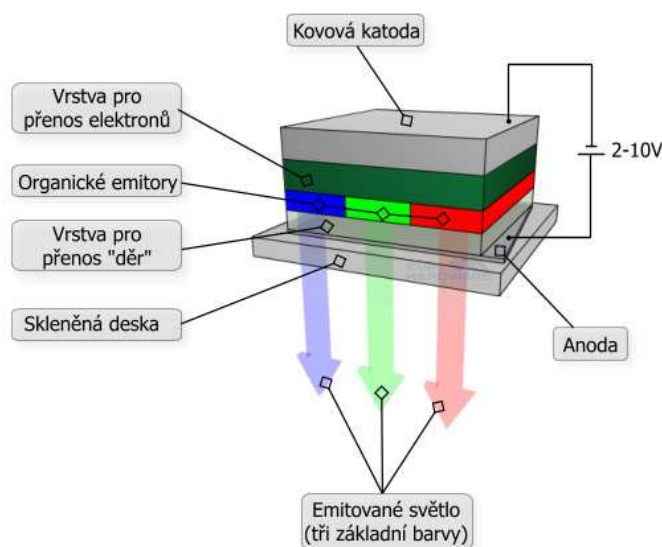
Nová technologie **OLED** (Organic Light Emitting Diodes) se skládá z vrstev na skleněném podkladu. Světlo vyzařuje organický materiál, umístěný mezi průhlednou a kovovou elektrodou. Obrazovka OLED je velmi tenká, má velký jas 600 cd/m^2 a ohromný kontrast 1 000 000:1, vysokou obnovovací frekvenci (odezva je nepatrná), neexistuje pozorovací úhel. Jediným zatím nevyřešeným problémem je menší životnost obrazovky. První TP s OLED jsou už na trhu .

2.1 Princip funkce zobrazovače OLED

Po rozepsání zkratky OLED dojdeme k celkem obyčejnému spojení "Organic Light Emitting Diode". Kdyby zde nebylo slovíčko "Organic", šlo by o běžnou svítivou diodu tzv. LEDku, kterou jistě všichni znáte. Právě tím nejdůležitějším rozdílem je to že ona dioda je vyrobena z organického materiálu. Díky tomu lze vyrobit skutečně velmi malé "diody", které lze doslova tisknout na základní materiál. Díky tomu se snižují výrobní náklady.

Nyní se vraťme k samotné technologii. Ony diody svítí různými barvami. V našem případě je to klasický RGB model, což znamená, že struktura OLED je stejná jako LCD a každý pixel je složen ze tří subpixelů (**červený**, **zelený** a **modrý**). Pokud jsou tyto subpixely dostatečně malé, lidské oko si je spojí a vznikne tím výsledná barva.

Postupme se k samotné technologii. Pokud bychom měli srovnat technologii LCD a OLED jako takovou, tak OLED je naprosto triviální a oproti LCD to je dětská skládačka. Základní myšlenkou je organický materiál, který emituje světlo určité barvy, pokud se na něj přivede stejnosměrné napětí. Není tedy nic jednoduššího, než naskládat dostatečný počet takovýchto buňek vedle sebe, propojit je pomocí aktivní či pasivní matice a máme OLED displej. Pro monitory se samozřejmě bude používat pouze aktivní matice, protože poskytuje daleko jasnější a ostřejší obraz (stejná se samozřejmě používá i u LCD monitorů). Samotný pixel se opět skládá ze tří subpixelů (**červený**, **zelený** a **modrý**). Na následujícím schématu, obr.7, vidíme základní princip OLED displeje.



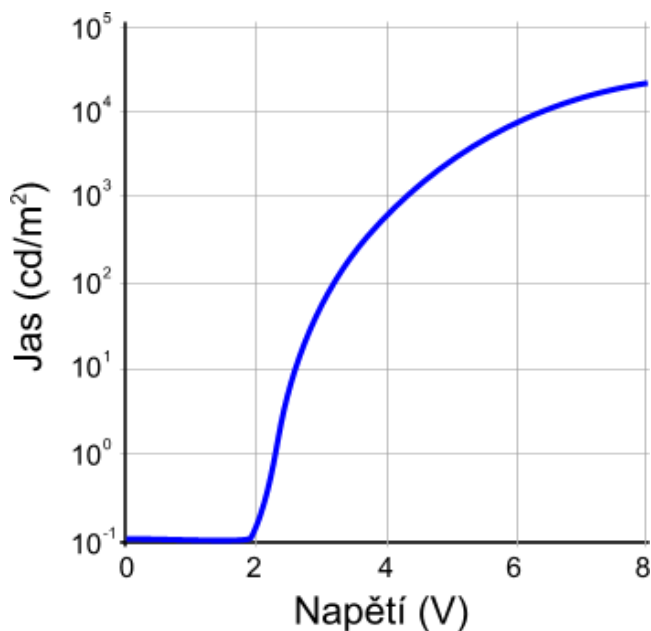
obr.7 Schéma jednoho pixelu OLED displeje

Stačí na katodu a anodu přivést napětí od 2-10V a jeden subpixel začne svítit. Samotné organické emitory jsou napájeny z kovové katody, přes vodivou vrstvu (Vrstva pro přenos elektronů), ta je zde pouze pro to, aby se napětí dostalo ke správnému subpixelu. Z druhé strany je anoda, v které se vytvářejí elektronové díry, které jsou přenášeny přes speciální organickou vrstvu až do jednotlivých subpixelů (organické emitory). Elektrony tedy proudí z katody do vodivé vrstvy, poté do samotného organického materiálu, který tímto emituje fotony, (světelné částice) o specifické vlnové délce (nm) -barvě.

Výhodou OLED displeje je i to, že není problém vyrobit jej průhledný, zrcadlový apod. Zkrátka vše záleží na tom, na jaký materiál nanese organickou vrstvu s aktivní resp. pasivní maticí. Pokud to bude průhledná fólie, bude i displej průhledný. Pokud se nanese na lesklou hliníkovou fólii, popř. jiný lesklý materiál, bude displej ve vypnutém stavu sloužit jako perfektní zrcadlo.

Velice důležité je to, že pokud na subpixel (organický materiál) nepřivedeme žádné napětí, tak zkrátka nesvítí. Proč to tolik zdůrazňujeme? Jde totiž o obrovský rozdíl oproti LCD panelům, kde i v případě, kdy je subpixel (krystal) zcela zavřen, nějaké to světlo se skrz něj stále dostane. Proto pokud si necháte zobrazit černou barvu ve tmě, vidíte více či méně barvu šedou (popř. u některých fialovou). U OLED je tomu naprosto jinak. Zkrátka a jednoduše - černá barva bude skutečně černá. Díky tomu mají OLED i vlastně nekonečný kontrast. Jde pouze o to, jak dostatečně zatěmní výrobce obrazovku. Pokud se za pixel nedostane žádné světlo (což je samozřejmě teoreticky nemožné), bude pixel ve vypnutém stavu absolutně černý.

Vliv napětí na intenzitě emitovaného světla sice není lineární, ale má jednu výhodu. Od 0-2V se neemitují žádné fotony, a tak nějaké zbytkové napětí nebude mít vliv na kvalitu obrazu.obr.8



obr.8 Charakteristika závislosti jasu pixelu na napětí

Teoretická hranice je někde u $100\,000\text{ cd/m}^2$, ale to je natolik velká hodnota, že ji u monitorů jen tak nevyužijeme. Je zde však jedno malé ale. Tím je fakt, že tento graf se vztahuje na organický materiál jako takový, ne však na samotné displeje. U nich totiž musíme počítat s tím, že pixely resp. subpixely nezabírají celý povrch obrazovky, ale mají mezi sebou mezery (jak pixely tak subpixely). To znamená, že hodnota jasu se výrazně sníží. Stále je zde však obrovská rezerva.

2.2 Materiály použité pro OLED displeje

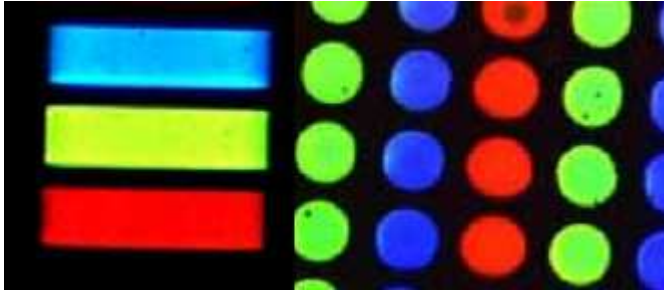
Nyní si povíme něco o materiálech, z kterých se organické displeje vyrábějí. Základním stavebním kamenem je **Polyphenylevinylen** (R-PPV), popř. **Polyfluoren** (PF). Tyto dva materiály se používají pro samotné emisivní (svítící) buňky při tisknutí na matici. Jejich nesmírnou výhodou je až neskutečně jednoduchá "montáž" do samotného displeje. Oba tyto materiály je možné jednoduše a doslova vytisknout (samozřejmě inkoustová tiskárna na to nestačí) na základní matici (obvykle na katodu), poté je překryt ještě **Polyanilinem** popř. **Polythylenedioxythiophnem** (Vrstva pro přenos "děr") a překryt toto vše anodou a krycím sklem, popřípadě průhledným plastem.

Tyto materiály jsou i po nanesení na základní matici stále pružné, a tak není vůbec žádný problém vyrobit ohebný displej, který se sroluje do těla notebooku obr.9. Dokážete si určitě také představit velkoplošnou televizi, která se umístí jako klasické plátno na stěnu místnosti a v případě potřeby se skryje, aby nenarušovala interiér bytu.



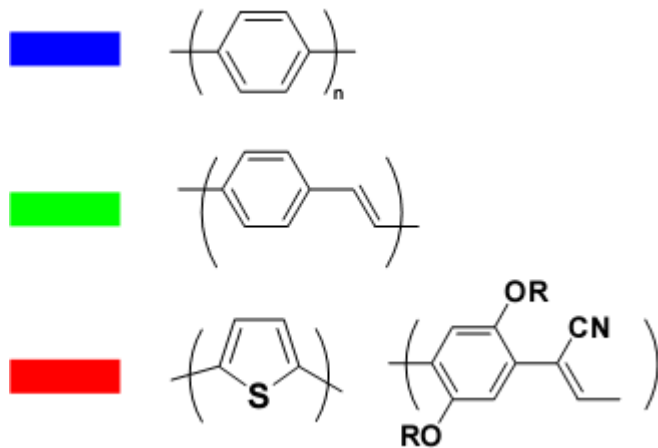
obr 9. Ukázka pružného, ohebného displeje

A protože je onen materiál tisknut na základní matici, není problém vytvořit prakticky jakékoli tvary subpixelů, obr. 10. Možná se v blízké budoucnosti setkáme s kruhovým tvarem subpixelů, který by teoreticky mohl odstranit ostré hrany písmen bez použití vyhlazování. Velikost jednotlivých subpixelů může být až neskutečně malinká (oproti LCD). Možná se tak dočkáme panelů s vysokým rozlišením, které je několikanásobě vyšší než u současných LCD panelů. Jediný problém je ten, aby to všechno „útáhl“ procesor a grafická karta. Tloušťka nanášené vrstvy organického materiálu je cca 200x menší než tloušťka lidského vlasu. Je vidět, že tloušťka samotného displeje je limitována pouze tím, aby fólie, na které je tato vrstva nanášena, něco vydržela a nerozpádlala se při sebemenším „větříčku“.



obr.10 Různé tvary subpixelů

Samozřejmě, aby onen emisivní polymer nesvítil stejnou barvou, je třeba upravit jeho chemické složení. Zde již nebudeme rozepisovat ony dlouhé a pro většinu čtenářů nic neříkající chemické názvy. Pro úplnost je zde chemický model – strukturní vzorec organické látky



obr.11 Strukturní vzorec organické látky

2.3 Rozsah barev

Ten je na daleko lepší úrovni než u LCD displejů, kde jsme limitováni kvalitou/barvou podsvícení. Všimněte si velkého rozsahu v zeleném a červeném barevném spektru. Zde OLED předčí LCD takovým způsobem, že obraz bude hned na první pohled daleko živější a reálnější.

3. LED obrazovky

LED obrazovky je čistě marketingový název pro LCD obrazovky, které však oproti standardně používanému podsvícení pomocí světlovodného panelu využívají podsvícení pomocí LED.

Světlovodný panel je vlastně panel, který pracuje na stejném principu jako optická vlákna. Existují celkem tři typy podsvícení pomocí LED:

1. *Direct LED* - pomocí LED vyzařujících bílé světlo, které jsou plošně rozmístěny pod panelem kapalných krystalů;
2. *Edge LED* - pomocí LED vyzařujících bílé světlo, které jsou umístěny po okrajích panelu a pomocí sítě světlovodů se světlo jimi emitované rozvádí pod celý panel;
3. *RGB LED* - pomocí LED, které vyzařují světlo v jedné ze základních barev RGB modelu. Tyto LED jsou umístěny plošně pod celým panelem.

V tomto případě je nutné poskládat LED tak, aby vždy byly u sebe LED tří výše uvedených barev. Aditivním mísením světel těchto tří barev získáme bílé světlo a to znamená, že „průměrně“ bude panel podsvícen bílým světlem.

V případě použití typu *Direct LED* nebo *RGB LED* je možné ovládat jas jednotlivých LED a tak dosahovat dokonalejší černé barvy. Tímto způsobem je možné měnit i kontrast zobrazovaného obrazu.

Barvy, které LED technologie u LCD panelů vytváří, jsou vlivem využití bohatšího barevného spektra (zejména u typu *RGB LED*) živější ve srovnání s běžnými LCD obrazovkami.

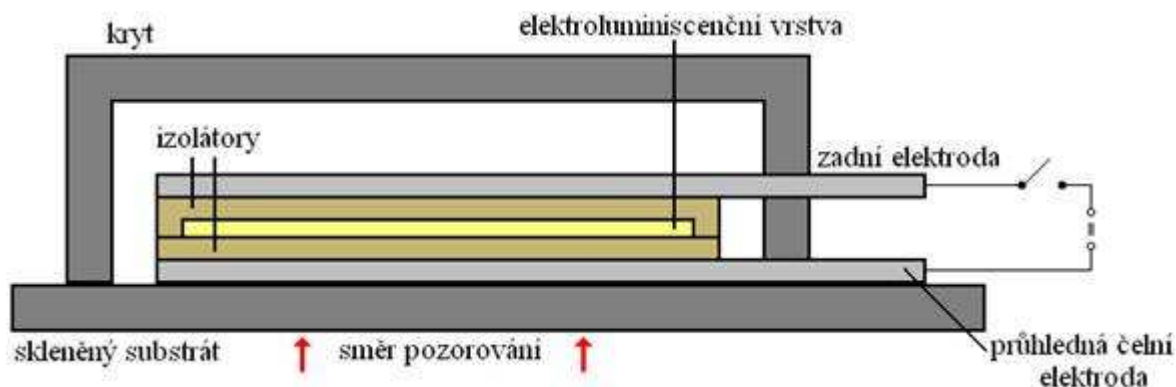
3.1 Elektroluminiscenční obrazovky

Nevýhody obrazovek s kapalnými krystaly (tj. malý jas, malý pozorovací úhel a pomalou odezvu na signálové napětí) řeší aktivní ploché obrazovky na základě elektroluminiscenčního jevu. Tento jev spočívá v tom, že různé látky mohou vydávat světlo různé vlnové délky (a tedy i různé barvy), pokud se ocitnou v elektrostatickém poli.

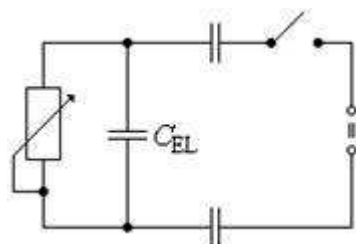
Např. sirník zinku dotovaný manganem svítí žlutě.

Elektrická intenzita daného pole ovšem není jednoduše úměrná jasu resp. luminanci světla, které daná látka vyzařuje. Proto je nutné stupnici šedé barvy vytvářet složitým způsobem. Řez elektroluminiscenční obrazovkou je zobrazen na obr. 12.

Mezi zadní společnou elektrodou a přední průhlednou elektrodou rozdělenou na jednotlivé buňky (*luminiscenční diody, sestavené do obrazové matice*) je v deskách z dielektrika umístěna jako průhledný tenkovrstvový film (o tloušťce 10 nm) látka, která v elektrostatickém poli mezi danými elektrodami vydává světlo při elektrickém napětí 100 V až 200 V, vykazuje elektroluminiscenční jev. *Např. ZnS dotovaný manganem září žlutooranžově.* V případě, že se jedná o barevnou televizní obrazovku, jsou v ní místo jednotlivých buněk trojice buněk emitujících světlo v základních barvách RGB modelu (resp. televizního RGB modelu).

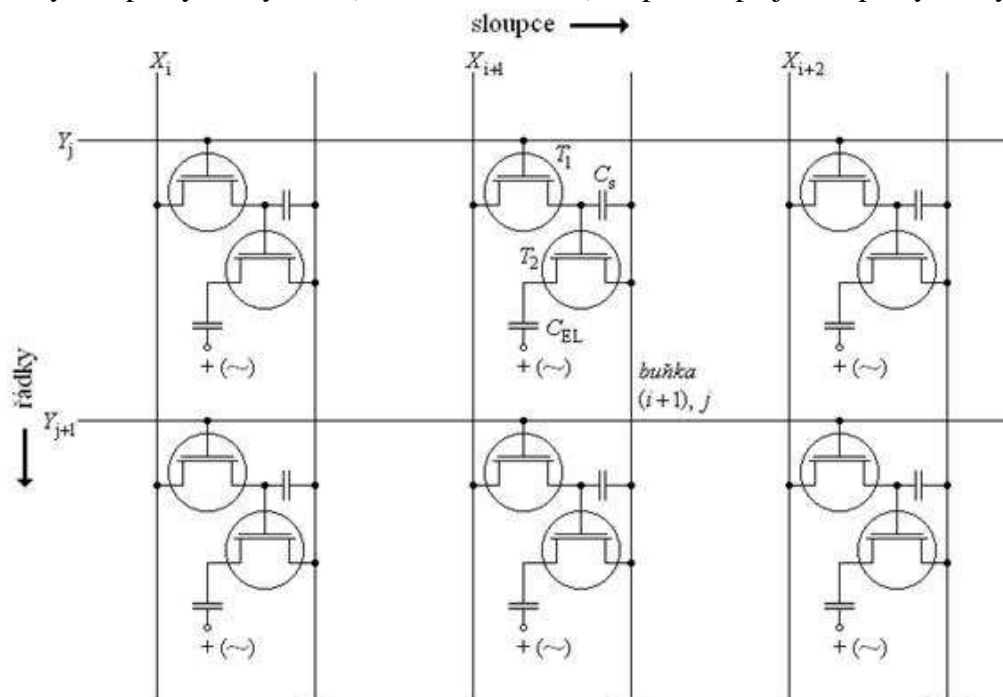


Obr. 12 Řez elektroluminiscenční obrazovkou



obr.13 Náhradní obvod buňky

K popsanému základnímu budícímu napětí je možné přidat modulační signál (modulační napětí) přivedený přes spínací tenkovrstvý tranzistor T_1 , přes který se na základě elektrického napětí příslušejícímu televiznímu signálu nabíjí pomocný kondenzátor s kapacitou C_s (viz obr. 14). Tranzistor T_2 , jehož vodivost je řízena hodnotou elektrického napětí na jeho bázi po dobu trvání snímku, přivádí na zobrazovací elektroluminiscenční buňku proměnné elektrické napětí. Vytváření obrazu na stínítku tohoto typu obrazovky je stejné jako u obrazovky z kapalných krystalů (u LCD obrazovek) resp. u displeje z kapalných krystalů.



Obr. 14 Princip buzení základní buňky

Soubor elektrod a dielektrika, které je zdrojem světla, je uzavřen ve vakuovém krytu. V případě, že se jedná o barevnou obrazovku, jsou zářící látky příslušných barev RGB modelu umístěné v prouzcích vedle sebe přesně pod příslušnými budícími elektrodami. Při jednobarevné žlutooranžově svítící obrazovce se jedná o *sírník zinku dotovaný manganem*, v případě *barevné obrazovky je sírník zinku dotovaný jinými přísadami*. Všechny přísady ale mají problém s malou účinností přeměny modrého světla, protože nelze použít luminofory z klasických obrazovek.

Modré světlo má totiž z celého spektra světla viditelného lidským okem nejvyšší frekvenci ($\lambda = 472 \text{ nm}$, $f = 6,35 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$). Proto tomuto světlu, odpovídá dle Planckovy kvantové hypotézy i nejvyšší energie. To je důvod, proč je obtížné najít látku, která emituje modré světlo.

Emise modrého světla je tedy energicky náročná.

Dalším již uvedeným nedostatkem je nedostatečná stupnice šedé barvy při proměnném modulačním napětí, která měla v počátcích vývoje pouze 16 stupňů. Proto se musel počet stupňů šedé uměle zvyšovat zvětšením počtu buněk na čtyři pro jeden obrazový element a podle počtu rozsvícených buněk se pak měnil jas. K tomu se přidávaly další způsoby ovlivnění průměrného jasů (šířková modulace daného napětí, ...).

Velikou výhodou těchto obrazovek je velký jas (resp. luminance - až stovky kandel na metr čtvereční), velký pozorovací úhel (až 150°) a rychlá odezva na modulaci (řádově mikrosekundy). K nevýhodám pak patří slabé modré barvy, malý rozsah stupnice šedé barvy a také velké budící napětí (až 200 V). Použijeme-li místo kapacitních buněk odporové buňky, které mají lepší vodivost, lze budící napětí snížit. Záření se pak budí procházejícím proudem. U schématu na obr. 14 se jedná o kapacitní buňky proto, že jsou použity kondenzátory charakterizované svou kapacitou C_{EL} .

Elektroluminiscence některých tenkých vrstev může mít charakter paměti, což umožňuje při vhodných nastaveních buzení a budícího napětí využívat zastavené televizní obrazy. ... tedy stav obrazovky, který vyvoláme při sledování filmu puštěného na DVD přehrávači připojeného k tomuto typu televizorů stisknutím tlačítka PAUSE.

Velký jas těchto obrazovek je předurčuje k použití ve velkých zobrazovacích plochách, u kterých nezáleží příliš na barvě a na potřebě velkého budícího napětí i velkého příkonu. Mohou se uplatit i v monitorech počítačů. Použití přímo v televizních přijímačích je okrajové.

4. Plasmové obrazovky

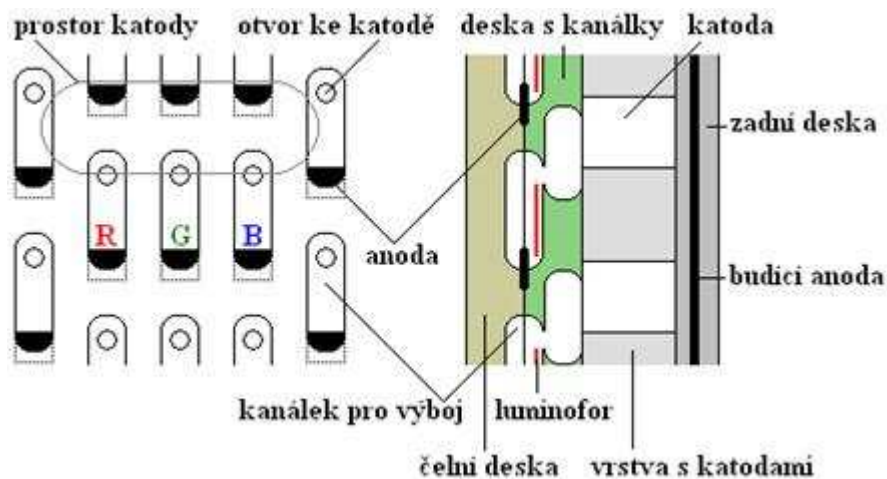
Výrobci televizních obrazovek se snažili dosáhnout většího jasů obrazu, než mají ploché obrazovky s kapalnými krystaly (LCD obrazovky). Proto se začaly kromě drahých elektroluminiscenčních obrazovek konstruovat také obrazovky s elektrickými výboji v plynech. Tyto obrazovky jsou označovány termínem plasmové obrazovky (plazmové). Často se též v této souvislosti používá termín PDP (*Plasma Display Panel*).

4.1 Základní princip činnosti

Hlavní částí zobrazovacího systému plazmových obrazovek je buňka v podobě úzkého kanálku, na jehož stěně je nanesená fosforeskující látka. Je-li tato látka ozářena ultrafialovým zářením, které vzniká při elektrickém výboji v plynu za sníženého tlaku (přibližně 70 kPa) v kanálku, zazáří fosforeskující látka v závislosti na jejím složení určitou barvou.

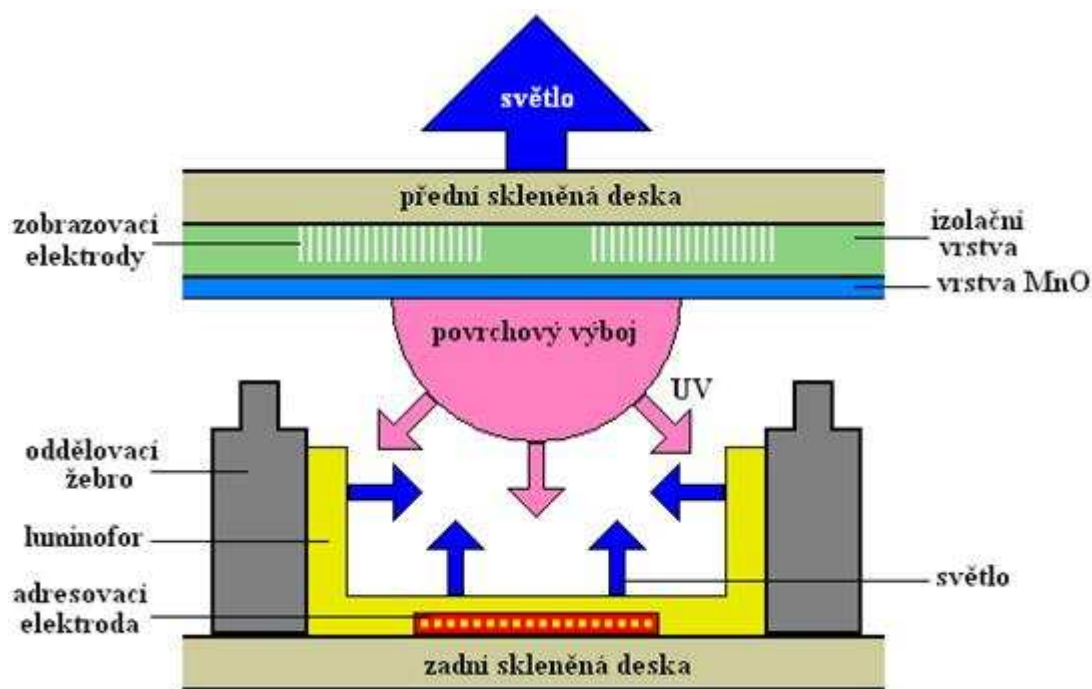
Tento jev, při kterém látka ozářená ultrafialovým zářením vydává viditelné světlo, se nazývá fotoluminiscence.

Základní schéma tohoto principu je zobrazeno na obr. 15.



Obr. 15 Schématický pohled a příčný řez plazmovou obrazovkou

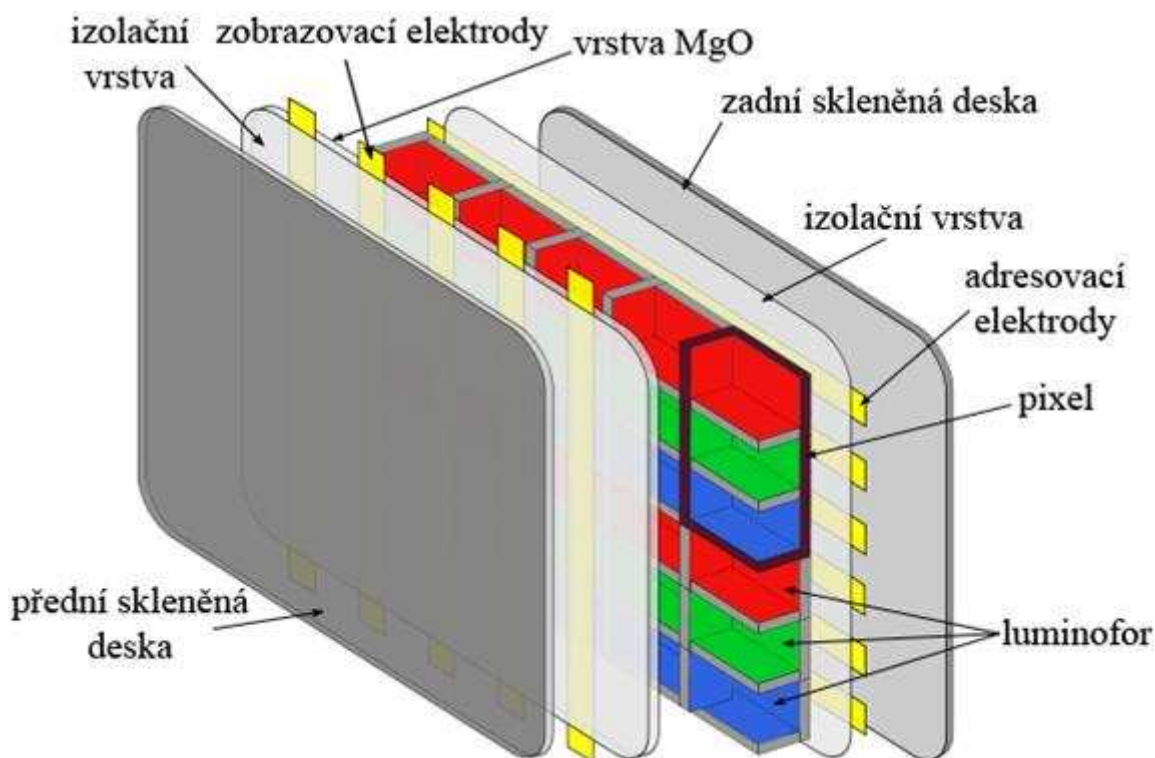
Detailní pohled na jednu buňku je zobrazen na obr. 15. Schéma na obr. 16 je oproti schématu na obr. 15 otočeno o devadesát stupňů.



Obr. 16 Povrchový výboj u plazmové obrazovky

Obrazovka se skládá ze čtyř vrstev (viz obr. 16). V zadní skleněné desce jsou zataveny budící anodové elektrody pro vytvoření elektrického výboje v plynu. Nezbytnou podmínkou pro vznik výboje v plynu je druhá elektroda - katoda. Katody jsou umístěné v další vrstvě. Budící anoda i katoda jsou společné vždy pro jednu trojici buněk s takovými fosforeskujícími látkami, které po osvětlení ultrafialovým zářením září v jedné ze tří barev RGB modelu.

Další vrstvou je izolační nosná vrstva pro přívody ke katodám, které jsou vytvořeny v otvorech této vrstvy. Třetí vrstva má v sobě prohlubně spojené s prostorem katod pomocí otvorů. V takto vytvořených kanálcích je plyn - většinou se jedná o směs vzácných plynů (směs helia a xenonu nebo argon). Tento plyn emituje při výboji mezi katodou a anodou ultrafialové záření. Na stěně kanálku v rovině desek jsou nanášeny fosforeskující látky (luminofory), které emitují v závislosti na svém složení světlo jedné ze základních barev RGB modelu. Každá taková trojice buněk tvoří jeden pixel.



Obr. 17 Pohled na složení plazmové obrazovky

Před každou buňkou je vrstvička oxidu hořečnatého MgO oddělující buňku od dvou elektrod (zobrazovací elektrody a podpůrné elektrody). Tyto elektrody jsou od přední skleněné desky odděleny izolantem. Buňky jsou od zadní desky odděleny opět skleněnou vrstvou (izolační vrstvou). Pro každou obrazovou buňku je zapotřebí jedna adresovací elektroda. Tyto elektrody jsou uloženy kolmo na zobrazovací elektrody.

Každá buňka tedy potřebuje pro své řízení dvě elektrody: zobrazovací elektrodu a podpůrnou elektrodu. Oba typy elektrod jsou uloženy v jedné vrstvě a „nad každou buňkou“ jsou obě. Třetí elektrodu, která řídí přívod napětí k dané buňce, je adresovací elektroda (někdy též nazývaná datová elektroda).

Jednotlivé buňky jsou řízeny střídavým elektrickým napětím. Mezi zobrazovací elektrodu a podpůrnou elektrodu je přivedeno střídavé napětí (přibližně 200 V). Tak nastane počáteční ionizace plynu. Elektrický výboj v dané buňce vznikne po přivedení elektrického napětí mezi adresovací elektrodu a zobrazovací elektrodu. Ustálený výboj vzniká po přivedení střídavého napětí (s efektivní hodnotou přibližně 50 V). Plyn v buňce je v excitovaném stavu a vzniká plazma.

Nabité částice tak získají od elektrického pole mezi elektrodami dostatečnou kinetickou energii, aby se mohly při vzájemných srážkách dále ionizovat. Během ionizace plynu (resp. plazmy) přecházející ionty (resp. elektrony) na vyšší energetické hladiny a při následné deexcitaci vzniká pro lidské oko neviditelné ultrafialové záření, které je dopadem na vrstvu luminoforu přeměněno na viditelné světlo s danou vlnovou délkou. Ta charakterizuje jednu ze tří barev RGB modelu. Dielektrikum a oxid hořečnatý sice výboj ihned zastaví, ale po změně polarity přiloženého napětí ionizace pokračuje a výboj se tak ustálí.

Změna polaritý nastává proto, že ne elektrody je přiváděno střídavé napětí.

Napětí na elektrodách je udržováno těsně pod hodnotou, při níž začne vznikat plazma. Proto ionizace nastává i při velmi nepatrném zvýšení hodnoty elektrického napětí na adresovací elektrodě.

Vznik elektrického výboje řídí adresovací elektroda!

Pro další cyklus je zapotřebí přivést mezi zobrazovací elektrodu a podpůrnou elektrodu nízké napětí, které neutralizuje náboj v buňce a cyklus může začít znovu. Doba, která je nutná na neutralizaci výboje a přípravu buňky na další cyklus, se nazývá doba odezvy.

I u těchto typů obrazovek (podobně jako u elektroluminiscenčních obrazovek) jsou problémy s účinností a jasnou modrou barvou. Svítivost každé buňky v dané trojici závisí na napětí anody, která je vestavěna do přední průhledné desky a která má prohlubně shodné s prohlubněmi kanálků ve třetí vrstvě tak, aby se vytvořil uzavřený prostor pro výboje v plynu. Anody buněk pro emitování světla stejné barvy jsou ve svislém směru propojeny a vytvářejí tak sloupce. Podobně jsou vodorovně propojeny katody společné trojicím buněk a v osnově rastru představují jednotlivé řádky. Vytváření obrazu na rastru probíhá stejně jako u obrazovek s kapalnými krystaly (LCD obrazovky).

Protože je počet subpixelů a elektrod tyto subpixely ovládajících mimořádně velký, nebylo by je možné ovládat nezávisle. Proto se používá právě ovládání subpixelů emitující světlo stejné barvy po sloupcích. To ovšem při sledování obrazovky nevádí, protože se celý děj vykreslování jednoho řádku odehrává tak rychle, že si lidské oko nestačí žádnou anomálii všimnout.

Např. pro rozlišení obrazovky 1024 krát 768 je počet subpixelů roven $1024 \cdot 768 \cdot 3 = 2359296$. Počet elektrod je pak dvojnásobný, protože každý subpixel ovládají dvě elektrody.

Intenzita světla emitovaného každým subpixelem je určována počtem a šířkou napětíových pulsů, které řídí činnost buňky během každého snímku. Toho je dosaženo tak, že doba trvání snímku je rozdělena na několik kratších částí: na podsnímky. Během doby trvání podsnímku je na subpixely, které mají svítit, přivedeno určité napětí (pomocí zobrazovacích elektrod) a během zobrazovací fáze je pak napětí přivedeno na celý displej (pomocí adresovacích elektrod). Tak se ovšem rozsvítí jen ty subpixely, na které bylo přivedeno napětí předem, a intenzita jimi vydávaného světla je dána právě úrovní tohoto napětí.

Standardní metoda určuje 256 úrovní napětí pro každý subpixel, protože každý snímek je rozdělen na 8 podsnímků ovládaných 8-bitovým slovem (tzv. modulace pulsního kódu - *Pulse Code Modulation* se zkratkou PCM). Celá tato technologie se nazývá ADS (*Address/Display Separated*) a byla vyvinuta v roce 1984 společností Fujitsu. Tato metoda odpovídá procesu kódování signálu při jeho digitalizaci. Plazmové obrazovky tedy vysílají digitální signál.

Co se týče adresování (ovládání) jednotlivých buněk plazmové obrazovky, existují dvě metody: *Single Scan Technology* a *Dual Scan Technology*.

V jednoduchém adresování se adresují (tedy přednabíjejí) všechny buňky ještě před zobrazovací fází, ve které jsou do elektrod přiváděny napětíové pulsy. K tomu je zapotřebí pouze jedna sada ovladačů, které adresování zajišťují, a proto je výrobní cena takové obrazovky přijatelná.

Při duálním adresování je obrazovka rozdělena na dvě poloviny, přičemž každá má svoji sadu ovládacích prvků (jedna je na horní straně obrazovky, druhá je ve spodní části). V toto případě se všechny buňky obrazovky adresují (přednabijí) za poloviční dobu než v případě technologie *Single Scan Technology*. Proto zbývá delší doba pro zobrazovací fázi. Během ní je možné vyslat do jednotlivých buněk více napětových pulsů, čímž se zvýší jas displeje. Nevýhodou této technologie je zvýšená spotřeba energie a také zkracování životnosti luminoforu. Proto se většinou používá jednoduché adresování.

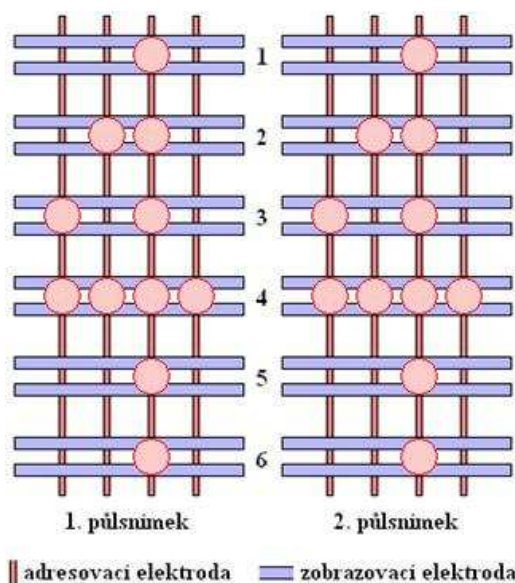
4.2 Moderní displeje

Společnost Fujitsu se nespokojila s omezeným rozlišením, které PDP(plazmové obrazovky) poskytovaly. Pro zvýšení rozlišení plazmové obrazovky by totiž bylo nutné zdvojnásobit na stejné ploše počet zobrazovacích elektrod. To by ovšem vyžadovalo mnohem vyšší přesnost výroby. Tak by se ale navíc ještě zvětšila hustota řádků mezi elektrodami, které žádné světlo nevyzařují; to by ale vedlo k poklesu jasu celé obrazovky. Dalším problémem, který by se musel v souvislosti s tím vyřešit, by byla nutnost zdvojnásobit rychlost ovládání, aby se nezpomalilo vysílání obrazu.

Zobrazovací elektrody jsou totiž uspořádány s určitými rozestupy (viz obr. 18), protože jinak by se činnost elektrod, které ovládají jednotlivé subpixely plazmového displeje, navzájem rušila.

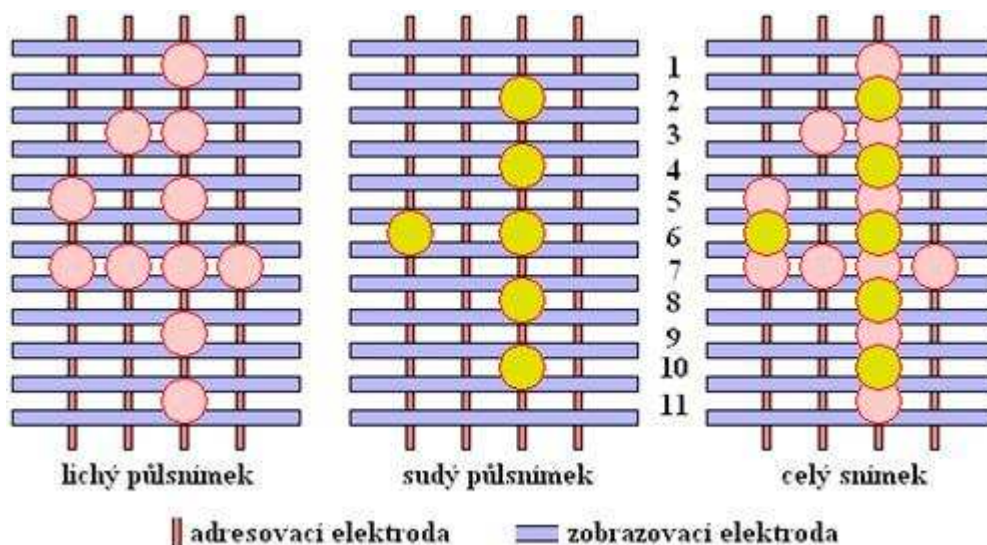
Na elektrody je přiváděno relativně velké elektrické napětí (navíc střídavé napětí) a tato napětí by se mohla v případě, že by elektrody byly příliš blízko u sebe, navzájem rušit. A přitom je nutné, aby napětí mělo velmi přesný průběh a bylo možné jím přesně řídit elektrický výboj v plynu v prostoru daného subpixelu.

Mezery mezi elektrodami nejsou využity k zobrazování (tj. nevyzařují světlo) a jsou tedy tmavé; to vede k menšímu jas celého displeje.



Obr. 18 Znárodnění zobrazovacích a adresovacích elektrod

Vylepšení stávajícího režimu zobrazení přinesla firma Fujitsu ve formě technologie ALiS (Alternate Lighting of Surfaces). Princip této technologie je zobrazen na obr. 19.



Obr. 19 Znáornění zobrazovacích a adresovacích elektrod technologie u prokládaného řádkování ALiS

4.3 Technologie ALiS vychází z metody prokládání.

Je tedy velmi analogická *prokládanému řádkování* u klasických *televizních obrazovek*. Princip zobrazení obrazu na obrazovce je pochopitelně naprosto odlišný, ale metoda prokládání obrazu je velmi podobná metodě prokládaného řádkování.

U technologie ALiS je zachován stejný počet elektrod (resp. ke každé dvojici elektrod je jedna přidána) a tak se dosahuje vyššího rozlišení obrazovky a jasu obrazovky. Elektrody mají navzájem stejné rozestupy a tímto způsobem se minimalizuje plocha mezer mezi elektrodami - ze 60 % plochy obrazovky na 35 %. Minimalizuje se tedy plocha „tmavých řádků“ na obrazovce.

Vzhledem k tomu, že v tomto uspořádání slouží každá elektroda k zobrazení dvou po sobě jdoucích řádků, je nutné, aby se každý snímek rozdělil na dva. V prvním pulsůvku se zobrazí všechny liché řádky a ve druhém pulsůvku se zobrazí všechny sudé řádky. Schématicky je tento způsob zobrazení obrazu ukázán na obr. 19.

Každá elektroda, která je na místě původní mezery mezi dvěma elektrodami, je jednou během doby trvání snímku (přesněji během doby trvání pulsůvku) využita pro zobrazení. Tento princip zdvojnásobuje rozlišení plazmové obrazovky. Navíc je každá buňka využita jen polovinu času oproti běžnému PDP, což zvyšuje trvanlivost luminoforu. Výrobní náklady pro technologii ALiS nejsou vyšší než u klasické PDP techniky, a proto se plazmové obrazovky s touto technologií už vyrábějí převážně.

4.4 Výhody a nevýhody plazmových obrazovek

Z počátku se plazmové obrazovky využívaly jako informační panely, u kterých nezáleželo na příliš přesné věrnosti přenášených barev a na jemnosti rozdělení stupnice šedé. Tato nedokonalost je obdobná jako u elektroluminiscenčních obrazovek a zlepšení se řeší

stejným způsobem. Protože se celý řádek zobrazuje najednou a modulační napětí na anodě s hodnotou 100 V až 200 V setrvává po celou dobu buzení řádku, ukázalo se výhodnější přivádět výbojové napětí na budící anody s frekvencí 100 kHz. Tak se zvětší jas až na hodnotu 680 cd.m⁻² a kontrast na hodnotu 200:1. Zmenší se doba odezvy obrazovky (tj. doba, za kterou je obrazovka připravena k zobrazení další informace) na 8 μs a zlepší se věrnost zobrazení s využitím vlastnosti výboje v plynu: ten dosahuje maxima své intenzity krátce po zažehnutí a pak se jeho intenzita zmenšuje.

Z principu činnosti plazmové obrazovky je zřejmé, že výroba plazmových obrazovek (resp. plazmových panelů) s vysokým rozlišením a s malou úhlopříčkou může být problémem. Buňka subpixelu bývá zpravidla o rozměrech 200 μm x 200 μm. U plazmových obrazovek s **Full HD** rozlišením (1080 řádků) mohou být rozměry samozřejmě i menší.

Plazmové obrazovky (resp. plazmové displeje) samy emitují světlo, a proto mají vynikající pozorovací úhly (až 160° nebo 170°) a jsou tedy vhodné např. i pro prezentační účely.

První plazma displeje měly malý kontrast. Důvodem byla skutečnost, že elektrické napětí mezi zobrazovací elektrodou a podpůrnou elektrodou je udržováno stále pod prahem ionizace, aby měla obrazovka dostatečně krátkou dobu odezvy. Negativním účinkem je ale fakt, že minimální ionizace nastává i bez napětí přiloženého na adresovací elektrodu. To ale omezuje schopnost obrazovky zobrazit nejtmaší odstíny, a tak i snižuje kontrast celé obrazovky.

Plazma tedy vzniká v jednotlivých buňkách i v „pohotovostním stavu“, v němž je adresovací elektroda vypnutá.

Na konci 90. let ale přišlo Fujitsu s technologií zvyšující kontrast ze 70:1 až na 400:1, později dokonce 500:1.

S kontrastem souvisel i další problém: neschopnost plazmové obrazovky zobrazovat dokonale stupnici šedi. V tmavých scénách se totiž barvy blízké černé barvě slévají v jednu a přechody mezi jednotlivými barvami nejsou plynulé. Moderní **PDP** již tento nedostatek nemají a škála zobrazovaných odstínů je širší.

Přestože výroba PDP není tak náročná na prostředí jako např. výroba **LCD**, jsou stále plazma displeje velmi drahé. Životnost plazmových obrazovek je přibližně 10 tisíc hodin, což je přibližně poloviční hodnota než u obrazovek typu LCD.

Nevhodnost plazma displejů pro použití jako monitor pro počítače vyplývá z další charakteristiky obrazovky: z rozteče bodů na obrazovce. Tato rozteč zatím neklesla pod hodnotu 0,3 mm. Proto je stále nejlepší využití těchto obrazovek jako obrazovek pro **HDTV** a pro prezentační účely větších společností.

U plazmových obrazovek se zpočátku vypalovaly statické obrazy přímo na její stínítko.

Typickým příkladem byla loga jednotlivých vysílacích společností; loga jsou přítomná na obrazovce trvale a až na některé výjimky (např. během přímých přenosů ze sportovních utkání) jsou stále na stejném místě obrazovky.

V počátcích výroby byly v místě těchto statických obrazů jednotlivé plazmové buňky „vypalovány“. V těchto buňkách se tedy zhoršovala barevná pestrost a původní statický obraz (např. logo vysílací společnosti) bylo na obrazovce stále patrné (i při vypnuté obrazovce nebo sledování filmu bez loga z přehrávače). Moderní technologie tyto statické obrazy usměrňují, aby tento problém potlačily. Proto se s ním již nesetkáváme.

5. HDTV

5.1 Výhody a nevýhody HD rozlišení

Výběr vhodného rozlišení obrazu závisí na typu zdrojového média a také na druhu jeho obsahu. Rozlišení obrazu a obrazová frekvence by měly být voleny s ohledem na rozlišení a obrazovou frekvenci zdroje; vysoké rozlišení vyžaduje velký datový tok, a tak se používá ztrátová komprese. Ta sice zmenší nároky na přenos dat, ale zároveň zhorší kvalitu v porovnání s nekomprimovaným obrazem.

Kinofilm používaný v kinematografii má rozlišení srovnatelné s formátem Full HDTV (a vyšším) s 24 snímky za sekundu. Pro skenování takového filmu se v závislosti na možnostech rychlosti datového přenosu a požadovaném množství detailů v obraze jako ideální ukazují formáty 720p24 a 1080p24. Pokud se takto neskenovaný film vysílá ve standardu PAL, je nutné ho převést na 25 snímků za sekundu: film se musí tedy zrychlit o 4,1 % původní doby trvání. Podobně se musí film zrychlit i před vysláním ve standardu NTSC, jehož obrazová frekvence je 30 Hz.

Pořady připravované přímo pro HDTV vysílání se připravují v rozlišení 720p nebo 1080i. Použitý typ rozlišení závisí na televizní stanici, na které se daný pořad bude vysílat. Obecně ale platí, že rozlišení 720p je vhodnější pro záznamy obsahující rychlý pohyb (např. sportovní přenosy, ...), zatímco rozlišení 1080i zobrazí více detailů při statických snímcích nebo málo pohyblivých scénách.

Formát 720p se také hojně používá pro distribuci videa v rozlišení HD na internetu, protože počítačové monitory nepoužívají systém prokládaného řádkování. Dalším důvodem je rozšíření 17tipalcových a 19tipalcových LCD obrazovek, které používají rozlišení obrazu 1280 × 1024. Proto umožňují zobrazit formát 720p v plném rozlišení. Naproti tomu jen málokterý domácí uživatel má možnost zobrazit video v rozlišení 1920 × 1080.

Pro kompresi obrazu v rozlišení HDTV se nejčastěji používá kodek MPEG-2. Do budoucna se ovšem plánuje přechod na kodek MPEG-4 (jedna jeho část je označovaná také jako kodek H.264), který umožňuje výrazné snížení nároků na přenos dat a zvýšení kvality obrazu v porovnání s kodekem MPEG-2. Největším problémem při zavádění MPEG-4 je skutečnost, že zákazníci potřebují set-top box, který tento kodek podporuje, což ve většině případů znamená nákup nového přístroje. Proto některé státy střední Evropy nechtějí provádět digitalizaci stávající sítě dvakrát, ale chtějí rovnou zavést vysílání kódované pomocí kodeku MPEG-4.

DVB (*Digital Video Broadcasting*, DVB-S, DVB-T, DVB-C), rozlišení SD i rozlišení HDTV podporuje přenos prostorového zvuku ve formátu Dolby Digital 5.1 (s kodekem AC3). Od 8. prosince 2008 Česká televize doplnila DVB-S (S - satelitní) vysílání o volitelnou zvukovou stopu kódovanou pomocí AC3 a příslibem filmů vysílaných se zvukem kódovaným pomocí kodeku AC3. Tím získáme zvukový formát Dolby Digital 5.1 (tedy šestikanálový zvuk).

5.2 Výhody vysílání pořadů v rozlišení HDTV jsou:

1. HDTV se vysílá formou digitálního signálu. To znamená, že obraz bude ve většině případů bez chyb. Pokud nebude dokonale čistý, tak se zobrazí kostičkovaný, trhaný nebo se nezobrazí vůbec. Nikdy ale nebude zašuměný, vybledlý, různě posunutý nebo

s dvojitým obrazem (tzv. „duchy“), jako se to stávalo v případě zastaralých analogových televizních signálů.

2. Obraz je vysílán v širokoúhlém formátu obrazu 16:9. Filmy ve starších formátech obrazu (2,35:1 s poměrem stran 16:7, ...) se vysílají s tmavými pruhy nahoře a dole - tzv. *letterbox*. Starší filmy a jiné televizní programy, u kterých je nutné zachovat poměr stran 4:3, se vysílají se svislými tmavými pruhy po stranách obrazu (tzv. *pillar box*). Na trhu se začínají objevovat už i televizory s poměrem stran, který je blízký poměru 2,35:1 vhodnému pro lidské oko.
3. Barvy a jejich přechody vypadají realističtěji, protože pro jejich zobrazení je použit větší datový rozsah.
4. Vizuální informace je celkově dvakrát až pětkrát podrobnější než v rozlišení SD, mezery mezi řádky jsou menší nebo okem vůbec nepostřehnutelné. Větší podrobnost obrazu umožňuje jeho pohodlné sledování na televizorech (resp. televizních stěnách) větších rozměrů. Obraz je možné sledovat i ze vzdálenosti rovné třem výškám obrazu oproti doporučené vzdálenosti rovné šesti výškám obrazu u standardního rozlišení. Výhoda větších detailů při rozlišení HD může být také i značnou nevýhodou - např. při skenování starších filmů pomocí procesu **telecine**- viz další text..
5. Nová média (Blue-ray, HD DVD, ...) podporují formáty v rozlišení HDTV. Nevýhodou zavedení rozlišení HD při vysílání televizního signálu, je nutnost připravovat nové pořady již v tomto rozlišení. To vede k vyšším finančním nákladům na výrobu takových pořadů. Kromě nové HD techniky na všech úrovních zpracování obrazu je zapotřebí také dražší výprava. Všechny kostýmy, líčení herců, vybavení interiérů a vůbec vše, co se má objevit před kamerou, musí být vyhotoveno precizně do nejmenších detailů. Divák při sledování pořadu nesmí poznat, že se jedná o kulisy - natočený obraz musí působit realisticky. Tak je např. téměř vyloučené použití malovaných kulis, na hranici použití je i technika kašírování. Všechny objekty, které se objevují v natáčené scéně, by měly být reálné; to je ovšem finančně náročnější, než použití levnějších napodobenin.

5.3 Systém telecine

Telecine představuje ve filmové a televizní postprodukcí systém schopný skenovat celuloidový filmový pás nebo přijímat videosignál (případně i se záznamem zvuku), kvalitativně jej upravovat a zapsat jej na digitální médium nebo analogové médium. V některých případech se tímto pojmem označuje také pracoviště, na kterém se s tímto systémem pracuje. Jinak se pojmem telecine označuje pouze stroj, který skenuje film v reálném čase a převádí jej do podoby videosignálu.

Technologie telecine vznikla na konci 70. let dvacátého století, kdy se začaly používat první analogové videokamery a videorekordéry. Bylo zřejmé, že bude nutné do této nové podoby převádět starší audiovizuální díla, která byla zaznamenána na filmovém pásu. Hlavní požadavky jsou od samých začátků vývoje tohoto systému kladeny na kvalitu snímaného obrazu a té se podřizují další parametry systému. Vzhledem k tomu, že filmový pás jakožto zdrojový záznam obrazu se několik desítek let nemění, nemění se výrazným způsobem ani technologie telecine (na rozdíl od digitální videotechniky).

Výhody systému telecine jsou zejména tyto:

1. pracuje v reálném čase - dokáže tedy zpracovat např. 24 snímků za sekundu;
2. podporuje řadu analogových obrazových médií - různé typy filmových pásů, obrazových norem, režimů rozlišení obrazu, rychlostí snímání (a tedy i s tím spojených konverzí mezi různými obrazovými frekvencemi), ...;
3. je orientována spíše jako nezáznamové videozařízení, než jako počítačově vstupní zařízení v případě filmového skeneru.

Technologie telecine obsahuje tyto základní součásti:

1. transportní mechanismus filmového pásu - filmový pás se musí v systému posunovat stejně jako např. v promítacích strojích nebo ve filmových kamerách;
2. optický blok se zařízením, které je schopné skenovat oblast filmového políčka;
3. vstupní, výstupní a komunikační rozhraní;
4. kontrolní panel pro snadnější a přehledné ovládání celého systému jako celku.

Některé přístroje systému telecine umožňují ovlivňovat barevné podání filmu, který je právě snímán, a to dokonce i v reálném čase. Přesto je dalším článkem procesu digitalizace filmu a jeho úprav barevný korektor, který rozšiřuje možnosti barevného podání filmu (tj. lze na něm provádět barevné korekce). Rozlišení obrazu naskenovaného filmu musejí splňovat standardní televizní normy. Skenovací přístroje také musejí být schopné skenovat ve vyšších rozlišení (např. rozlišení HD).

Na vstupu do systému telecine může být filmový pás nebo videozařízení. Výstup je vždy ve formě videosignálu. Proto se často mluví o přepisu *FilmToTape* nebo *TapeToTape*. Videosignál na výstupu lze zaznamenat také na filmový pás pomocí tzv. filmové laserové vypalovačky.

Fyzikální princip činnosti skenerů systému telecine je většinou založen na jednom ze dvou základních principů:

1. **flying spot** - skenuje se vždy postupně jeden řádek filmového pásu za druhým, přičemž filmový pás projíždí před zdrojem světla kontinuálně;
2. **CCD prvek nebo podobný světlocitlivý čip** - zdroj světla vysílá periodicky záblesk světla na filmový pás a to přesně v okamžiku, kdy se filmové okénko přesně kryje s oblastí, která se má neskenovat. Touto metodou se tedy skenuje celé filmové okénko najednou.

Filmový skener typu flying spot byl objeven ve Velké Británii. Jednalo se o předchůdce systému se třemi CCD snímači, u kterého se vyskytovalo ale poměrně dost nedostatků. Proto byl postupně systém flying spot nahrazen systémem se CCD snímači.

Katodová trubice je použita jako zdroj světla. Katodová trubice emituje elektrony, které dopadají na vnitřní stěnu trubice (elektronky) pokrytou vrstvou fosforu. Elektrony

vyvolají emisi záření a z katodové trubice tak vlastně vychází světelný paprsek. Ten je zaostřen systémem čoček tak, aby výsledný paprsek světla měl průměr odpovídající rozměru jednoho pixelu. Světlo pak prochází filmovým pásem (viz obr. 21). Barevné světlo, které vychází z barevného filmového pásu, se pak rozděluje na polopropustných zrcadlech (dichroických zrcadlech) doplněných případně barevnými filtry a každá ze základních barev RGB modelu dopadá na jednu elektronku. Touto elektronikou může přitom být elektronka typu vidikon nebo v pozdějších verzích tohoto systému jsou používány fotonásobiče.

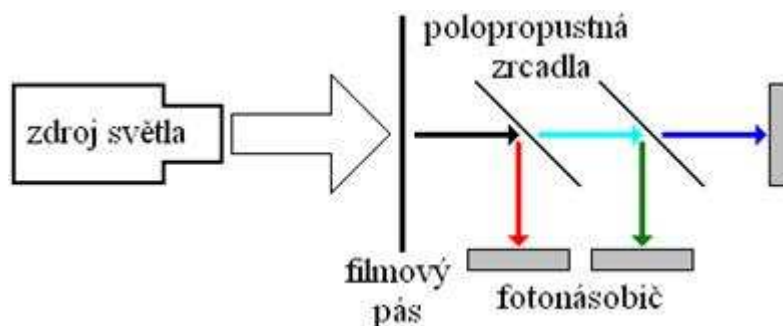
Princip dělení světla na polopropustném zrcadle na světla jednotlivých barev RGB modelu je stejný, jaký se používá v [barvodělicích soustavách](#), které jsou součástí barevných televizních kamer.

Světelný paprsek skenuje vyvolaný filmový pás (negativ nebo pozitiv) zleva doprava a zaznamenává informace v horizontálním směru. Vertikální skenování je realizováno pohybem filmového pásu přístrojem.

Principiálně je tedy flying spot systém podobný systému s CCD snímači - liší se použitý snímač světla a fakt, že tímto způsobem se snímá řádek po řádku daného filmového políčka.

V roce 1950 byl první monochromatický systém telecine pracující na tomto principu použit ve studiích televizní stanice BBC.

Problémy, které v tomto systému vyplývaly z různé obrazové frekvence televizního formátu obrazu a filmového formátu obrazu, byly postupně řešeny optickými hranoly, dalšími čočkami, ... Kolem roku 1975 byly přidány rotační optické hranoly, a tak mohl být tento systém použit pro jakoukoliv obrazovou frekvenci filmového pásu, který byl do přístroje vložen.

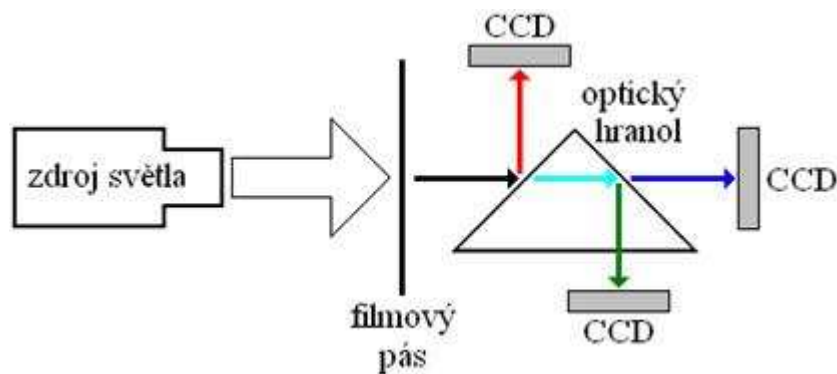


Obr. 21

První systém telecine, který využíval snímače CCD, byl uveden do provozu v roce 1979 v Německu. Ač byl tento systém několikrát průběžně inovován, základní princip zůstává stejný.

Bílé světlo z halogenové žárovky prochází naexponovaným políčkem filmového pásu. Po průchodu daným políčkem filmového pásu změní světlo barvu na takovou, která je na daném místě filmového pásu zaznamenána. Toto světlo dopadá na optický hranol (viz obr. 22). Materiál optického hranolu (resp. index lomu tohoto hranolu) je volen tak, aby se při totálním odrazu světla na stěnách hranolu oddělila postupně světla červené barvy a zelené barvy. Modré světlo prochází přitom stále stejným směrem dále. Tato tři základní světla RGB

modelu pak dopadají na různé CCD snímače, které převádějí pomocí fotoelektrického jevu energii světelného záření na elektrickou energii (tj. na elektrický proud resp. elektrický signál). Tento signál pak je zaznamenáván na příslušné záznamové zařízení v podobě digitálního signálu. Pro další zpracování televizním řetězcem je nutné pracovat s oddělenými signály odpovídajícími jednotlivým základním barvám RGB modelu - proto jsou součástí tohoto systému tři CCD snímače.



Obr. 22

K samotnému systému telecine mohou být do míst, kterými prochází filmový pás, přidány další moduly usnadňující zpracování filmu. Je to např. univerzální čtečka, která načítá informace uložené na okrajích filmového pásu (KeyCode, ArriCode, optický záznam zvuku, magnetický záznam zvuku, ...). S využitím speciálního software je možné synchronizovat s pohybem filmového pásu zvuk z externího média (např. disk počítače).

Přístroje telecine jsou většinou větších rozměrů (jejich hmotnosti jsou řádově 0,5 tuny) a jsou relativně náročné na provoz. Kromě spotřeby elektrické energie vyžadují také čisté, teplotně stabilní a bezprašné prostředí. Dále je nutné omezit na minimum vnější parazitní světlo. Světelné zdroje používané k prosvěcování filmového pásu musejí být stabilní - většinou se proto používají xenonové žárovky. S výše uvedenými charakteristikami souvisí pochopitelně i vysoká pořizovací cena (desítky milionů korun), a proto tyto systémy mají jen ta studia, která si je mohou dovolit a která je využijí při své práci.

Jeden ze tří těchto systémů v České republice vlastní a používá Česká televize.

6. Digitální záznam

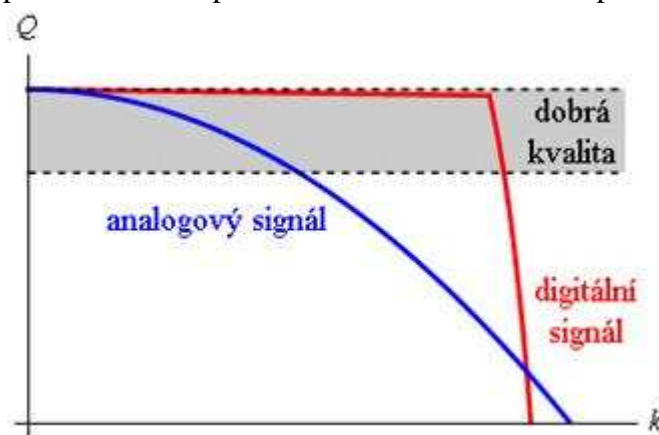
Výrazný rozvoj sdělovací techniky v první polovině dvacátého století vyžadoval také hledání cest, jak zlepšit přenos a zpracování analogového signálu. Jednalo se zejména o:

1. přenos více telefonních hovorů v oblasti telefonie;
2. omezení zkreslení signálu v průběhu jeho záznamu, zpracování a přenosu v oblasti zvukové techniky a obrazové techniky.

Proto se hledaly nové cesty, jak dosáhnout výše uvedených cílů. Ve třicátých letech dvacátého století se na vyřešení tohoto problému podílelo nezávisle na sobě několik techniků:

1. V roce 1930 nezávisle na sobě americký elektronik a matematik Claude Elwood Shannon (1916 - 2001) a sovětský radiotechnik Vladimír Alexandrovič Kotělnikov (1908 - 2005) matematicky dokázali, že k přenosu signálu postačí přenést pouze omezený počet jeho okamžitých hodnot bez ztráty informace. Na základě toho byl zformulován tzv. Shannon-Kotělnikovův teorém o minimální vzorkovací frekvenci.
2. Švédsko-americký inženýr Harry Nyquist (1889 - 1976) formuluje nezávisle na Shannonovi a Kotělnikovi v téže době stejnou podmínku na minimální vzorkovací frekvenci.
3. V roce 1937 britský vědec Alec Harley Reeves (1902 - 1971) přišel s myšlenkou, jaké použít kódování signálu, který prošel již procesem vzorkování signálu a kvantování signálu.

Ve zvukové a obrazové technice se (jak již bylo uvedeno) digitální signál používá proto, že je možné u digitálního signálu výrazně snížit zkreslení, které vzniká při záznamu, zpracování a přenosu tohoto signálu. Rozdíl v kvalitě analogového signálu a digitálního signálu v závislosti na zkreslení je zobrazen v grafu na obr. 23. Proměnná k reprezentuje veškeré zkreslení, které může ovlivnit daný signál (tvarové zkreslení, frekvenční omezení, přídavný šum, ...). Celková kvalita zvuku či obrazu je pak vyjádřena proměnnou Q , která je souhrnem objektivních i subjektivních kvalitativních parametrů. Ze zobrazeného grafu je patrné, že digitální signál je vůči zkreslení výrazně odolnější než analogový signál. Není v žádném případě pravdou, že digitální signál není průchodem řetězcem zpracování (záznam, střih, editace, přenos, ...) vůbec zkreslen. Digitální signál je stejně jako analogový signál závislý na čase a získává tedy v průběhu svého zpracování také řadu zkreslení podobně jako analogový signál.



Obr. 23 Graf porovnání kvality analogového a digitálního signálu

Velkou výhodou oproti analogovému signálu ale je, že digitální signál je tvořen pouze dvěma diskretními stavy - logickou jedničkou a logickou nulou. A tyto dva stavy se během záznamu, zpracování nebo přenosu digitálního signálu od sebe velmi snadno odlišují. Proto jsme schopni u digitálního signálu případná zkreslení velmi snadno odstranit.

Bude-li totiž nějaká část signálu nečitelná resp. nebude na první pohled zřejmé, zda daná hodnota znamená logickou nulu nebo logickou jedničku, je snadné rozhodnout, ke které z těchto dvou hodnot má zkoumaná hodnota blíže. Pokud se tedy při zpracování hodnota signálu trochu porušila, je možné ji po zpracování zase „vrátit“ zpátky na původní hodnotu. A tím omezíme i celkové zkreslení daného signálu.

Pokud zkreslení digitálního signálu přesáhne mez bezpečného rozlišení obou stavů, pak se celkově rozpadají přenášené informace. Tento stav je na obr. 23 znázorněn prudkým poklesem kvality Q digitálního signálu. Tento stav je ale neprovozní stav - v praxi je vždy signál obnovován výrazně dříve, než se do takového stavu dostane.

Vzhledem k velmi rozšířenému používání digitálního signálu a digitálního záznamu je *nutné se seznámit s principy digitalizace analogového signálu.*

Digitální signál (na rozdíl od mnohdy chybně rozšířeného poznatku) je méně kvalitní než analogový signál. Digitální signál totiž obsahuje pouze některé hodnoty z těch, které obsahuje původní analogový signál.

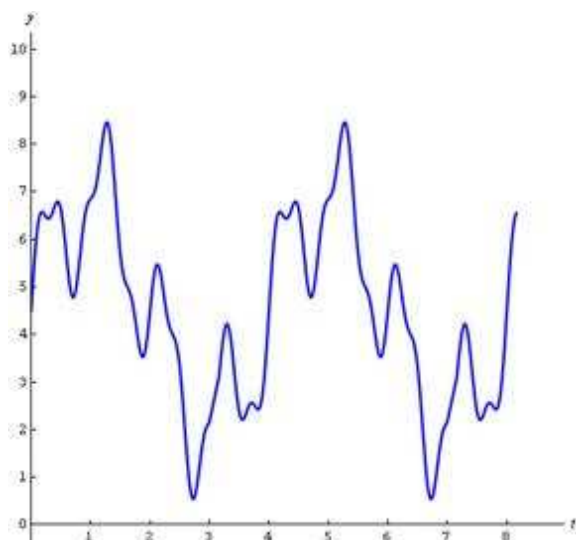
6.1 Digitalizace analogového signálu

Proces digitalizace lze rozdělit do tří základních operací:

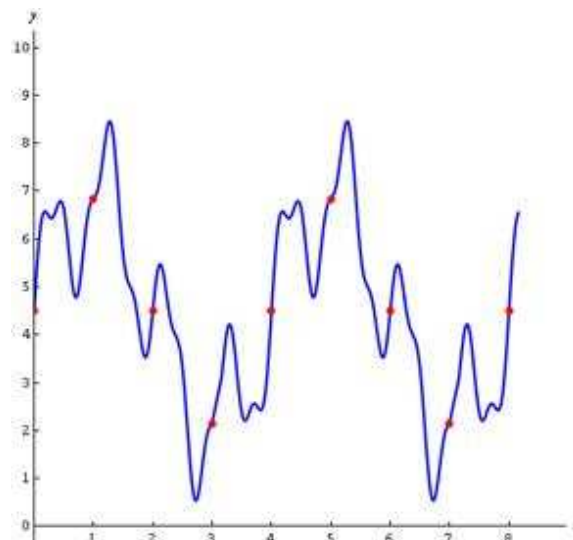
- vzorkování signálu** - ze spojitého analogového signálu, který reprezentuje zaznamenaný zvuk nebo obraz (viz obr. 24), vybereme omezený počet vzorků (viz obr. 25 a obr. 26). Výsledkem je konečný počet analogových vzorků, které jsou snímány s periodou T_{vz} dané vzorkovací frekvencí vzorkování dle $f_{vz} = 1/T_{vz}$. Uvedené vzorky mají velké množství úrovněových hodnot, a proto tento signál obsahuje stále takové množství informací, které není možné převést do digitální podoby. Analogový zvukový záznam obsahuje všechny okamžité hodnoty hladiny intenzity zvuku při vyslovení daného slova. Při vzorkování si vybíráme hodnoty hladiny intenzity zvuku „pouze v některých“ časech. Přitom čím více hodnot z daného analogového signálu vybereme, tím přesnější digitální záznam daného zvuku budeme mít. Vybrat ovšem k dalšímu zpracování hodnoty hladiny intenzity zvuku ve všech časech nemůžeme, neboť jich je principiálně nekonečně mnoho - analogový záznam je totiž pořizován kontinuálně, spojitě ,bez prodlev.
- kvantování signálu** - jedná se o úrovněovou diskretizaci (tj. zaokrouhlení skutečné hodnoty na předem vybrané hodnoty). Výsledkem této operace je konečný počet vzorků (ten byl k dispozici už po vzorkování) s konečným počtem jejich hodnot (viz obr. 28), které jsou vyjádřeny určitým binárním kódem (viz obr. 29). Hodnoty hladin intenzity zvuku vybrané během vzorkování nyní zaokrouhlíme tak, abychom získali pouze hodnoty hladin intenzity zvuku stejné s předem vybranými hodnotami (číslly). Analogovým záznamem se zaznamenává každá hodnota hladiny intenzity vysloveného nebo zahraného zvuku. Těchto hodnot je ale nekonečně mnoho, neboť jsou teoreticky vyjádřeny reálnými čísly ležícími mezi nejtišším zvukem a nejhlasilitějším zvukem daného záznamu. Proto k dalšímu zpracování vybereme pouze některé hodnoty z daného intervalu. Výběr musí být ale proveden tak, abychom nezkreslili původní analogový zvuk.

3. **kódování signálu** - získaný jednoduchý binární kód nahradíme kódem, který je vhodnější pro další zpracování.

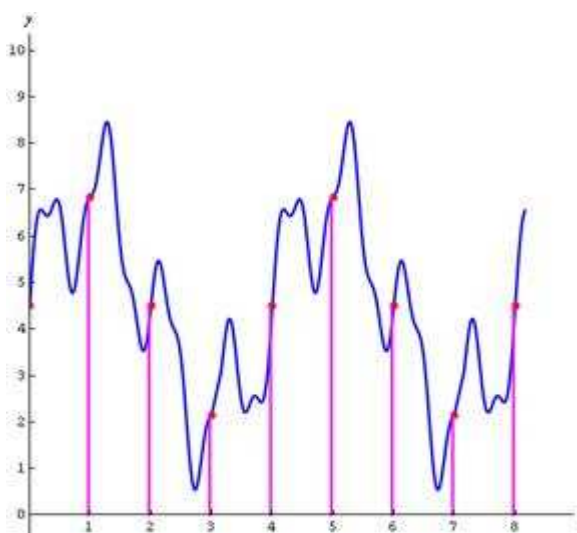
Pro další zpracování signálu na počítači je vhodné, pokud se příliš často nestřídají logické nuly a logické jedničky. Proto se musí kvantovaný signál překódovat tak, aby zůstal zachován jeho smysl, ale byl jednodušší pro další zpracování.



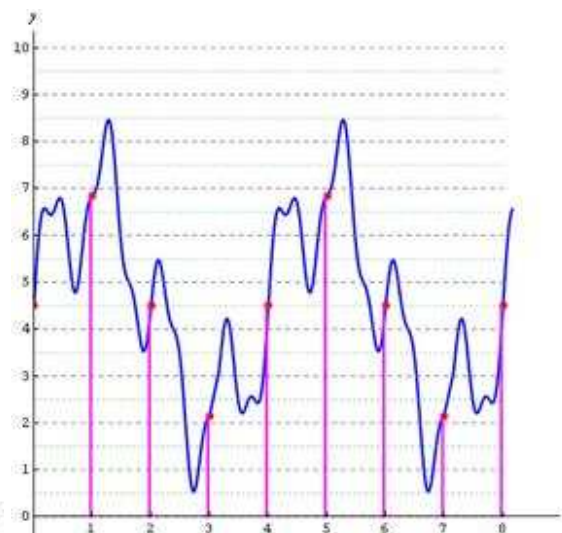
obr. 24 Spojitý analogový signál



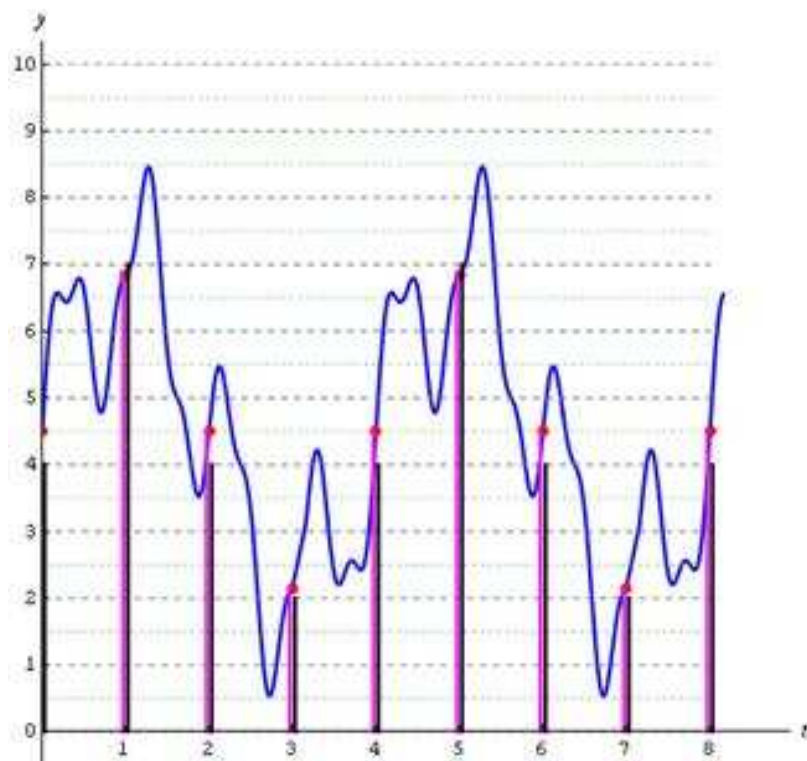
obr. 25 Výběr vzorků analogového signálu



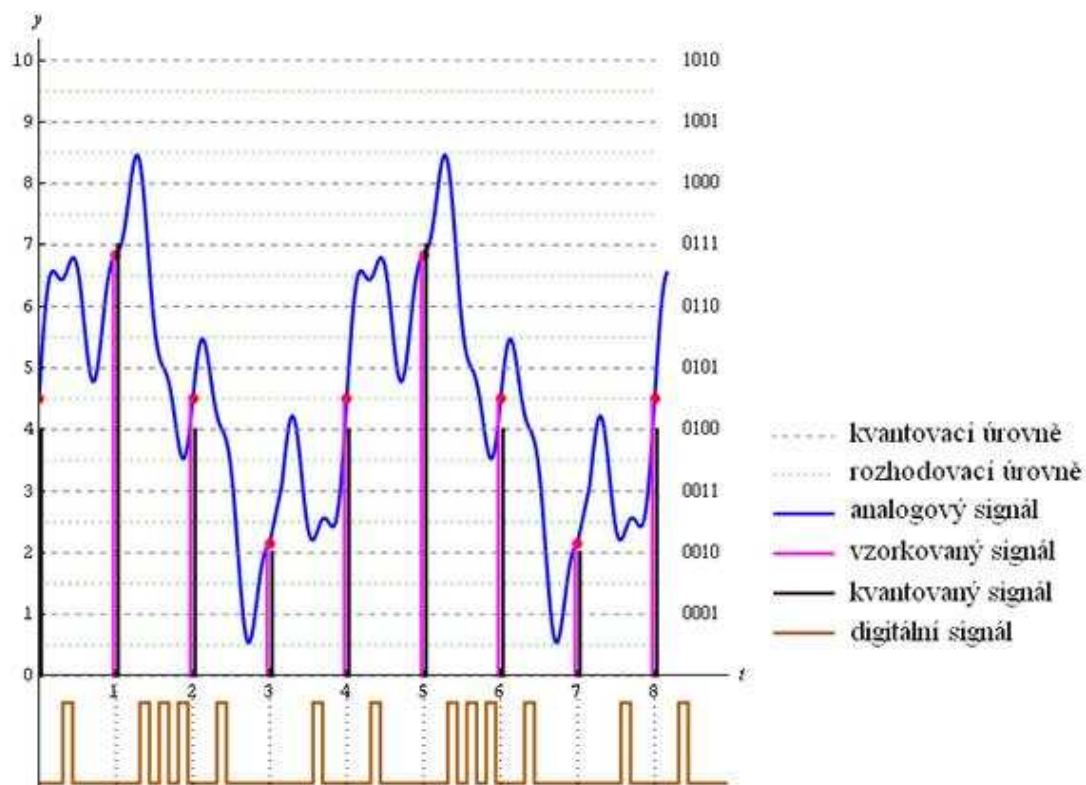
Obr. 26 Vybrané vzorky



Obr. 27 Vzorky převedené na vzorkovací interval a kvantování úrovně



Obr. 28



Obr. 29 Vzorke analogového signálu převedené na binární kód

Celý proces konverze analogového signálu na digitální signál a zpětná konverze digitálního signálu na analogový signál je schematicky zobrazena na obr. 30. Na tomto obrázku jsou zobrazeny na vstupu a na výstupu analogového signálu dolní propusti. Ty propouštějí pouze základní pásmo daného signálu. Dolní propust' na vstupu frekvenčně omezuje signál tak, aby byla dodržena Nyquistova podmínka vzorkování, vzorkovací kmitočet f_{vz} musí být nejméně dvojnásobkem nejvyšší hodnoty kmitočtu digitalizovaného analogové signálu.

Na výstupu pak dolní propust' filtruje nežádoucí složky výstupního signálu po jeho převodu zpět na analogový signál (potlačí vzorkovací kmitočet f_{vz}).



Obr. 30 Konverze analogového signálu na digitální a zpětná konverze