

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
KIT – Katedra informačních technologií

Historie a trendy vývoje zobrazovacích zařízení
Bakalářská práce

Autor: David Horák
Studijní obor: Aplikovaná informatika

Vedoucí práce: prof. RNDr. Peter Mikulecký, PhD.

Hradec Králové

duben 2020

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a s použitím uvedené literatury.

V Hradci Králové dne 29.4.2020

vlastnoruční podpis

David Horák

Poděkování:

Děkuji vedoucímu bakalářské práce prof. RNDr. Peterovi Mikuleckému, PhD.
za metodické vedení práce a pomoc při její tvorbě.

Anotace

Tato bakalářská práce poskytne čtenáři obsáhlý přehled o principech a technologiích monitorů. Technologie jsou řazeny podle doby jejich vzniku. Jednotlivé technologie jsou na závěr porovnány tak, aby byly zřejmé všechny jejich klady a zápory. Rozhraní pro přenos obrazu jsou také součástí tohoto přehledu. Součástí práce je také objasnit princip přenosu obrazu. Dále práce poskytne náhled do technologie stále více využívaných dotykových displejů.

Annotation

Title: History and Trends in Visualising Devices Evolution

This bachelor thesis will provide the reader with a comprehensive overview of the principles and technologies of monitors. Technologies are ordered according to the time of their origin. The individual technologies are compared at the end so that all their pros and cons are obvious. The image transfer interface are also part of this overview. The work also explains the principle of image transmission. Furthermore, the work will provide insight into the technology of increasingly used touch displays.

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce.....	2
3	Zobrazovací technologie a rozhraní.....	3
3.1	Základní charakteristiky.....	3
3.1.1	Pixel	3
3.1.2	Rozlišení	3
3.1.3	Poměr stran	3
3.1.4	Doba odezvy	4
3.1.5	Gamut.....	4
3.1.6	Pozorovací úhly	5
3.1.7	Kontrast.....	5
3.1.8	Jas.....	5
3.1.9	Analogový a digitální signál	5
3.2	CRT displeje	6
3.2.1	Historie CRT	6
3.2.2	Základní princip CRT.....	6
3.3	Digitální displeje LCD a LED	8
3.3.1	Historie LCD.....	8
3.3.2	Podsvícení LCD displeje pomocí CCFL.....	11
3.3.3	Historie LED	12
3.3.4	Podsvícení LCD displeje pomocí LED	13
3.3.5	TFT LCD displej.....	15
3.3.6	Pozorovací úhly a typy barevné mřížky.....	16
3.4	Plazmové displeje	20
3.4.1	Historie plazmových displejů.....	20

3.4.2	Základní princip.....	21
3.4.3	Způsob zobrazení obrazu.....	22
3.4.4	Intenzita barev	23
3.5	Digitální displeje OLED.....	23
3.5.1	Historie OLED	23
3.5.2	Základní princip.....	24
3.5.3	Princip OLED diody a displeje	24
3.5.4	Typy OLED displeje	26
3.6	Dotykové displeje.....	27
3.6.1	Historie dotykových displejů	27
3.6.2	Základní princip dotykového displeje	28
3.7	Konektory pro přenos obrazu.....	31
3.7.1	SCART konektor.....	31
3.7.2	S-Video konektor.....	33
3.7.3	Komponentní konektor	33
3.7.4	Kompozitní konektor	34
3.7.5	VGA/D-Sub konektor	35
3.7.6	DVI konektor	38
3.7.7	DisplayPort konektor.....	42
3.7.8	HDMI konektor.....	43
4	Přehled a porovnání zobrazovacích technologií.....	48
4.1	Výhody a nevýhody zobrazovacích technologií	48
4.1.1	CRT technologie.....	48
4.1.2	LCD technologie.....	48
4.1.3	Plazmová technologie	49
4.1.4	OLED technologie.....	49

4.2	Porovnání typů dotykových displejů.....	50
4.3	Výhody a nevýhody rozhraní pro přenos obrazu.....	51
4.3.1	VGA	51
4.3.2	DVI.....	52
4.3.3	DisplayPort	52
4.3.4	HDMI	52
4.4	Porovnání VGA, DVI rozhraní.....	52
4.5	Porovnání DisplayPort, HDMI rozhraní	53
4.6	Přehled aktuálních výrobců zobrazovacích zařízení	54
4.6.1	Samsung	54
4.6.2	Apple	54
4.6.3	Lenovo.....	55
4.6.4	Asus	55
5	Shrnutí výsledků.....	56
6	Závěry a doporučení	57
7	Seznam použité literatury.....	59
8	Přílohy.....	63

Seznam obrázků

Obrázek 1 Diagram CIE 1976 Zdroj: [50]	4
Obrázek 2 Rozložení trysek, masky a luminoforů u typu delta Zdroj: [3]	7
Obrázek 3 Rozložení trysek, masky a luminoforů u typu in-line Zdroj: [4]	8
Obrázek 4 Rozložení trysek, masky a luminoforů u typu trinitron Zdroj: [5]	8
Obrázek 5 První kalkulačka s displejem LCD Sharp EL-805 Zdroj: [23]	9
Obrázek 6 Schéma LCD displeje Zdroj: [6]	10
Obrázek 7 Schadt-Helfrichův jev na tekutých krystalech Zdroj: [6]	11
Obrázek 8 Rozdíly mezi možnostmi local dimmingu Zdroj: [34]	15
Obrázek 9 Mřížka RGB Zdroj: [47]	16
Obrázek 10 Mřížka RGBG Zdroj: [47]	16
Obrázek 11 Mřížka RGBW Zdroj: [47]	17
Obrázek 12 Mřížka TN Zdroj: [47]	17
Obrázek 13 Subpixely S-PVA Zdroj:[47]	18
Obrázek 14 Přehled regulace intenzity světla u S-PVA Zdroj:[47]	18
Obrázek 15 e-IPS struktura pixelu Zdroj: [48]	19
Obrázek 16 Ukázka PLS struktury pixelu Zdroj: [47]	20
Obrázek 17 Struktura plazmového displeje Zdroj: [37]	22
Obrázek 18 Princip emise světla rekombinací páru elektron-díra Zdroj: [40]	25
Obrázek 19 Displej se skleněnými vrstvami Zdroj:[40]	25
Obrázek 20 Displej na substrátu se sklem na horní části Zdroj:[40]	26
Obrázek 21 SCART konektor Zdroj: [22]	32
Obrázek 22 Zapojená redukce, kompozitní konektor + zvuk Zdroj: Vlastní zpracování.....	32
Obrázek 23 Obr. č. 9. S-Video konektor, přehled pinů Zdroj: [7]	33
Obrázek 24 Komponentní konektor foto Zdroj: [13]	34
Obrázek 25 Kompozitní konektor foto Zdroj: Vlastní zpracování.....	34
Obrázek 26 VGA/D-Sub konektor foto (samec) Zdroj: Vlastní zpracování.....	37
Obrázek 27 Přehled pinů v konektoru VGA/D-Sub, HD15 (samice) [17]	37
Obrázek 28 DVI-D konektor (digitální) Zdroj: Vlastní zpracování	39
Obrázek 29 DVI-A analogový typ Zdroj: [19]	39

Obrázek 30 DVI-D Single Link Zdroj: [19]	40
Obrázek 31 DVI-D Dual Link Zdroj: [19]	40
Obrázek 32 DVI-I Single Link Zdroj: [19].....	42
Obrázek 33 DVI-I Dual Link Zdroj: [19].....	42
Obrázek 34 DVI konektor, číslování pinů Zdroj: [19]	42
Obrázek 35 HDMI konektor foto Zdroj: Vlastní zpracování	44
Obrázek 36 Vzhled jednotlivých typů konektoru HDMI. Zdroj:[27].....	45
Obrázek 37 Ukázka rozdílného rozlišení na obrázku Zdroj:[30]	47

Seznam tabulek

Tabulka 1 S-Video 4pinový konektor – popis pinů Zdroj: [7].....	33
Tabulka 2 VGA standardy Zdroj: [15]	36
Tabulka 3 Seznam pinů konektoru HD15 (samice) Zdroj: [17]	38
Tabulka 4 Seznam pinů konektoru DVI Zdroj: [19]	41
Tabulka 5 Rozdíly možností zobrazení HDMI rozhraní Zdroj: [27].....	48

1 Úvod

V dnešní době se většina lidí každý den setkává s displeji. V práci, ve škole, u čteček karet, na bílém zboží jako jsou pračky, ledničky, nebo v hromadné dopravě, digitální reklamní plochy apod. Přesto jak často jsou lidé se zobrazovacími technologiemi v kontaktu, nemají většinou žádné ponětí o tom, jak tyto technologie fungují. Proto je více než vhodné zmínit v této práci všechny klíčové a známé technologie, které ovlivnily způsob, jakým se v dnešní době komunikuje s výpočetní technikou. Vývoj výpočetní techniky neustále zrychluje a nabízí čím dál větší realističnost a kvalitu zpracování. Principy všech vynalezených zobrazovacích technologií jsou velmi komplexní a využívají mnoha fyzikálních vlastností různých látek a jevů.

Literatura týkající se zobrazovací techniky je velmi nedostatkové zboží. O některých základních principech monitorů typu CRT a LCD se lze dočíst např. ve středoškolských učebnicích informatiky, ale pouze okrajově. Některé dokumentace popisující různá rozhraní a technologie jsou sice dobrým zdrojem, ale opět poměrně nedostatkovým. To všechno nabízí prostor pro sepsání ucelené práce, která zahrnuje všechny zobrazovací technologie, rozhraní a konektory, které ovlivnily a ovlivňují vývoj zobrazovacích technologií.

Kapitola 3 se zabývá především teoretickou částí, historií a principy jednotlivých technologií. Kapitola 4 jednotlivé kategorie porovnává z několika hledisek, jako jsou zobrazovací schopnosti dané technologie, výhody a nevýhody aktuálních zobrazovacích technologií a porovnání schopností jednotlivých rozhraní.

2 Cíl práce

Popis historického vývoje zobrazovacích zařízení různých typů, provedení jejich porovnání dle účelu využití. Analýza možnosti a způsoby poskytování obrazu skrze rozhraní, zmínění historických rozhraní, provedení jejich porovnání dle vhodně zvolených kritérií. Rozebrání problematiky dotykových obrazovek, analýza používané technologie, provedení jejich porovnání. Poskytnout přehled aktuálních výrobců zobrazovacích zařízení a provést porovnání parametrů. Poskytnutí přehledu trendů vývoje současných zobrazovacích zařízení.

3 Zobrazovací technologie a rozhraní

3.1 Základní charakteristiky

V této kapitole jsou definovány charakteristiky, které jsou v práci nejčastěji zmiňovány a budou použity při porovnávání jednotlivých technologií. Vysvětlovat následující pojmy dopodrobna sice není náplní této práce, ale porozumění těmto charakteristikám je klíčové k pochopení práce.

3.1.1 Pixel

V této práci se o bodech obrazu mluví pouze jako o pixelech. Pixel se často uvádí např. u rozlišení displeje zkratkou „**px**“. Pixel je nejčastěji složen ze tří barevných složek, které se většinou nazývají subpixely.

3.1.2 Rozlišení

Rozlišení je důležitá charakteristika, která v první řadě ukazuje, jak kvalitní obsah může být na displeji zobrazen. Jak uvádí Endrle [49], rozlišení displeje je uváděno jako počet pixelů na šířce displeje a počet pixelů na výšku displeje. **Šířka se vždy uvádí jako první parametr**, např. ve tvaru 1920 x 1080. Čím vyšší jsou obě hodnoty, tím je displej detailnější a poskytuje jemnější obraz. Nehledě na to, jak je monitor postaven, tak se vždy jako první uvádí počet pixelů na šířku displeje. U chytrých telefonů to platí taktéž, akorát je třeba mít na paměti, že se jedná o tvar obdélníka, který je postavený, takže hodnota pro šířku bude menší než výška.

Existují ustálená hesla, kterými lze identifikovat určitá ustálená rozlišení. Např. výše uvedené rozlišení **1920 x 1080 náleží označení Full HD**.

3.1.3 Poměr stran

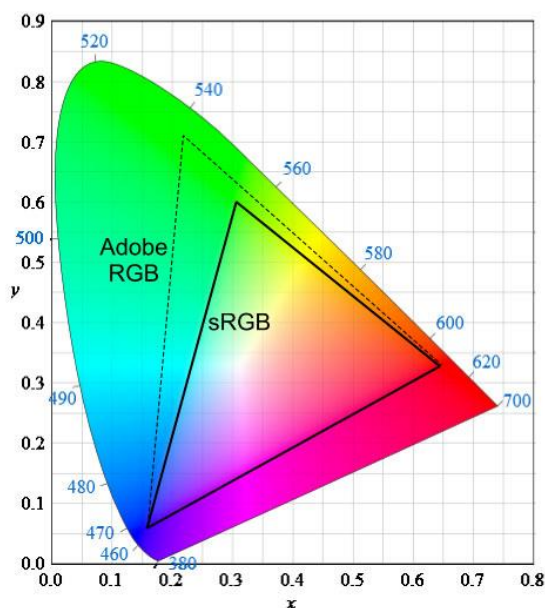
Rozlišení často zachovává určitý poměr obrazu, Udává se jako poměr dvou čísel s dvojtečkou mezi nimi. Např. **4:3** nebo **16:9**. V jakém poměru je dané rozlišení lze zjistit jednoduchým zkrácením. Např. rozlišení 800 x 600 lze reprezentovat jako 800:600, a zkrátit stejně jako zlomek. Zkrácením pomocí čísla 200 lze zjistit, že se dané rozlišení nachází v určitém poměru.

3.1.4 Doba odezvy

Kováč [50] v článku vysvětluje, že doba odezvy je čas, za který se z konkrétního černého pixelu stane bílý, a poté opět černý. Lze se také setkat s pojmy **rise** a **fall**. Slůvkem „**rise**“ se označuje doba odezvy nutná k rozsvícení bílého pixelu, kdežto slůvkem „**fall**“ se označuje doba odezvy nutná ke zhasnutí bílého pixelu na černý.

3.1.5 Gamut

Spektrum barev je velmi široké, avšak lidské oko dokáže vnímat pouze část toho spektra. Navíc lze očima vnímat pouze tři základní barvy červená, zelená a modrá. Kováč také zmiňuje [50], že proto byl vytvořen **Diagram CIE 1976** (viz. následující obrázek), který zobrazuje celou škálu lidským okem viditelných barev. Zařízení tedy nejčastěji využívají nějaký **vymezený prostor** z tohoto diagramu. Tomuto prostoru se říká gamut. Monitory často užívají barevný prostor sRGB. Při tisku je např. výhodnější Adobe RGB rozsah, který jak je vidět na obrázku zasahuje mnohem více do zelené části a pokrývá tak více tiskařského prostoru CMYK. sRGB nezasahuje tolik do zeleného spektra, protože lidské oko obsahuje buňek citlivých na zelenou barvu nejvíce.



Obrázek 1 Diagram CIE 1976 Zdroj: [50]

3.1.6 Pozorovací úhly

Pozorovací úhly jsou nejvíce ovlivňovány použitou technologií, typem podsvícení, a také typ povrchu displeje. Při koupi displeje je důležité zhodnotit, k čemu toto zařízení bude sloužit. Kováč [50] např. zmiňuje situaci, kde se na displeji budou přehrávat filmy. Pozorovatel je bude sledovat např. z postele. Postel je však zpravidla mnohem níže než samotný displej zařízení, tudíž je zde třeba brát zřetel na možnosti pozorovacích úhlů zařízení. Při překročení výrobcem udaného úhlu obraz velmi rychle ztratí kontrast a přesnost barev.

3.1.7 Kontrast

Kontrast je charakterizován opět poměrem. Tento poměr je dán svítivostí bílé a černé barvy. Hraje roli zejména v prostředí, kde se s displejem bude pracovat za přímého slunečního svitu, jak zmiňuje Kováč [50]. Kontrast se měří v tzv. **luxech**.

3.1.8 Jas

Jak uvádí Kováč [50], kontrast je úzce spjatý s jasnem. Jednotka jasu se udává v **[cd/m²]**. Tato charakteristika je určena tak, že se na displeji rozsvítí všechny pixely bílou barvou. Poté se změří svítivost displeje. Příliš vysoký jas může zobrazovat černou barvu spíše jako šedou. Vyšší hodnota kontrastu naopak černé barvě vrací její čistotu.

3.1.9 Analogový a digitální signál

Pro začátek lze zobrazovací technologie rozdělit do dvou skupin na základě signálu, pomocí kterého komunikují:

- Analogový signál
- Digitální signál

3.1.9.1 Analogový signál

Analogové rozhraní existuje již přes 70 let. Prezentace [54] jej definuje jako spojitý signál. Nad analogovým signálem probíhá tzv. **vzorkování**, tedy dotazování, zda se hodnota nachází v určitém intervalu. Analogový signál je poměrně nepřesný.

3.1.9.2 Digitální signál

Digitální signál je lepší variantou přenosu signálu. Jak uvádí Marešová [54], signál lze šifrovat. Signál je spolehlivější a přesnější. Lze skrze něj přenášet různé druhy provozu současně. Přenosová rychlost signálu se udává často v **Mbit/s** či **Gbit/s**.

3.2 CRT displeje

CRT displej nebo také celým názvem **Cathody Ray Tube**. Tento název souvisí s principem fungování tohoto typu displeje. **Viz. 4.2.3 Základní princip CRT** Existují celkem tři typy CRT monitorů:

- **Typ delta**
- **Typ in-line**
- **Typ Trinitron**

3.2.1 Historie CRT

Jev, kdy se určitá látka (luminofor) rozsvítí při dopadu elektronu, byl objeven a popsán už v roce 1869. U displejů se tedy setkáváme pouze s jevem luminiscence, která má především fyzikální charakter. V přírodě se můžeme setkat také s bioluminiscencí, kde jde v podstatě o stejný princip, ale ne kvůli elektronům, jedná se totiž o chemickou reakci, viz. Reichl [1].

Katodovou paprskovou trubicí poté objevil roku 1897 doktor Brown a až v roce 1926 byl vytvořen první CRT monitor. První barevný model již v roce 1928. V roce 1938 přišlo první použitelné zařízení typu delta pro reprodukci barevného televizního obrazu.

3.2.2 Základní princip CRT

Velmi důsledně pojednává Encyklopedie fyziky o fungování technologie CRT. [2] Monitor je v podstatě vzduchoprázdná skleněná baňka. Když se na monitor díváme, sledujeme vlastně stínítko. Stínítko je kovová děrovaná fólie, která je potažena luminiscenční látkou. Každý otvor (buňka) je tvořen **trojicí různých druhů luminoforů**.

Tato trojice odpovídá barevnému modelu RGB. Takže v každé trojici lze elektrony soustředit otvorem na tyto luminofory a vytvořit tak v daném pixelu výslednou

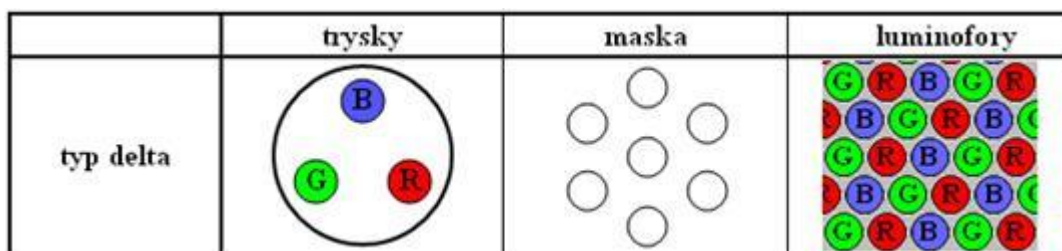
barvu. V jednu chvíli je obsluhována pouze jedna trojice luminoforů. Proto je potřeba usměrňovat pohyb elektronového děla postupně do všech děr. K tomu slouží magnetické (vychylovací) cívký a jsou tak pravidelně rozzářeny všechny body obrazu, a to směrem zleva doprava a shora dolů.

Luminofory se dále rozlišují podle doby dosvitu. Luminofor s krátkou dobou dosvitu je potřeba častěji obraz obnovovat. Naopak luminofor s dlouhou dobou dosvitu lze obnovit vždy až po určité době. Kvůli dlouhé době dosvitu kolísá jas a vzniká blikání obrazu.

3.2.2.1 Typ delta

Tento typ byl vynalezen jako první. Trysky jsou umístěny ve tvaru rovnostranného trojúhelníku, jak je vidět na následujícím obrázku.

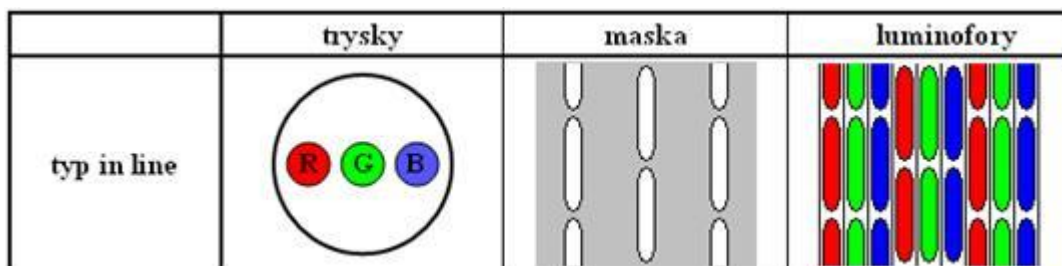
„Všechny tři svazky elektronů jsou vychylovány společným vychylovacím magnetickým polem vychylovací jednotky. Elektrony dopadají na stínící masku (někdy nazývaná též mřížka), jejíž otvory jsou uspořádány tak, aby na každý luminofor v základní barvě R, G nebo B dopadl příslušný svazek elektronů nesoucí informaci právě o této barvě. Luminofory zbylých dvou barev stínící maska tedy zastíňuje, a proto značná část elektronů dopadá neúčinně na stínící masku. Proto má tento typ obrazovky i při relativně velkých elektrických proudech tekoucích katodovým systémem relativně malý jas obrazu.“ Jak popisuje Encyklopedie fyziky [3]:



Obrázek 2 Rozložení trysek, masky a luminoforů u typu delta Zdroj: [3]

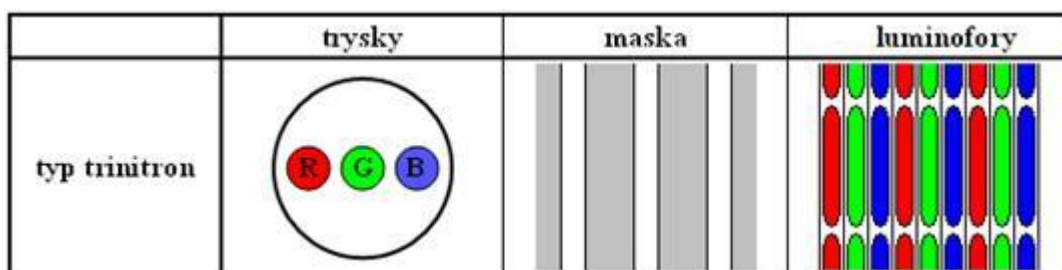
3.2.2.2 Typ in-line

Výrobci tímto typem chtěli odstranit nutnost používat složité konvergenční elektrické obvody. Jak popisuje článek z Encyklopedie fyziky [4] Mezi hlavní rozdíly mezi typem delta umístění dělových trysek do řady, jiná stínící maska, a jiný tvar luminoforů. Tímto způsobem byla zvětšena využitá plocha, která byla pokryta luminofory, což umožnilo vyšší jas.



Obrázek 3 Rozložení trysek, masky a luminoforů u typu in-line Zdroj: [4]

Hlavní předností tohoto typu obrazovky je vysoký jas obrazu. Toho je dosaženo tím, že téměř všechny elektrony emitované elektronovými tryskami dopadají na stínítko obrazovky, jak uvádí Encyklopedie fyziky [5].



Obrázek 4 Rozložení trysek, masky a luminoforů u typu trinitron Zdroj: [5]

3.3 Digitální displeje LCD a LED

K pochopení, jak funguje technologie **Liquid Crystal Display** (displej z tekutých krystalů), je nutné definovat pojem tekutý krystal. „Tekutý krystal je látka, která dokáže setrvat jak v kapalném a pevném skupenství, tak vytvořit krystalickou strukturu. To vše je závislé na elektrickém náboji, který je krystalu dodáván.“ Jak uvádí Konvalina [8], aplikaci tekutých krystalů v praxi patentovala společnost **Marconi Wireless Telegraph** již v roce 1933. Dle článku **Jak vlastně vznikly ploché televizory? A co jim předcházelo?** [10] První LCD displej však vznikl až o několik dekad později.

3.3.1 Historie LCD

Poprvé v 60. letech minulého století pracovník výzkumných laboratoří firmy RCA **Richard Williams** zkoumal vlastnosti a možnosti využití tekutých krystalů pro zobrazovače. Jeho kolega **George H. Heilmeier** pak vytvořil první vzorek funkčního zobrazovače na bázi tekutých krystalů (LCD).“

Roku 1973 uvedl Sharp kalkulátor EL-805 LCD. Tento kalkulátor se však od těch dnešních velmi lišil. Dnes se používají tzv. displeje „inverzní“, které nepotřebují podsvícení a vystačí si s denním světlem. Tento typ však podsvícení vyžadoval. Masová produkce přišla v 80. letech minulého století. Nejdříve výroba menších displejů do různých přístrojů, zejména zařízení jako „gameboy“ apod. Později v roce 1988 firma Sharp opět uvedla v té době převratný produkt. Čtrnáctipalcový barevný LCD monitor, viz. [10].

Tato technologie začíná být na přelomu 80. a 90. let zaváděna do většiny produktů jako jsou notebooky, stolní monitory, televize a pomalu vše začalo směřovat k tomu, že éra CRT je na ústupu.

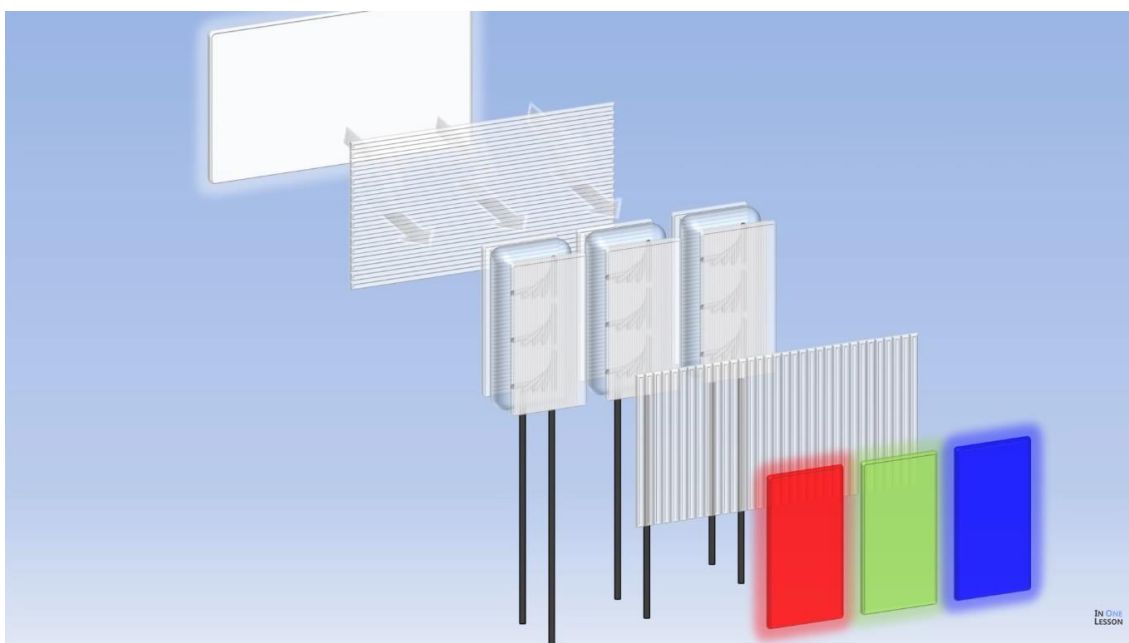


Obrázek 5 První kalkulačka s displejem LCD Sharp EL-805 Zdroj: [23]

Základní princip LCD technologie vysvětluje článek z webu Encyklopedie fyziky [9]. Nejvzdálenější plocha emituje světlo, které dopadá na první polarizační filtr, kterým paprsky prochází pouze horizontálně. Uprostřed se nachází tekuté krystaly, které mají na starost propustnost světla na další polarizační filtr, kterým paprsky prochází

pouze vertikálně. Paprsky, které projdou, dopadají na příslušné barevné filtry u jednotlivých pixelů.

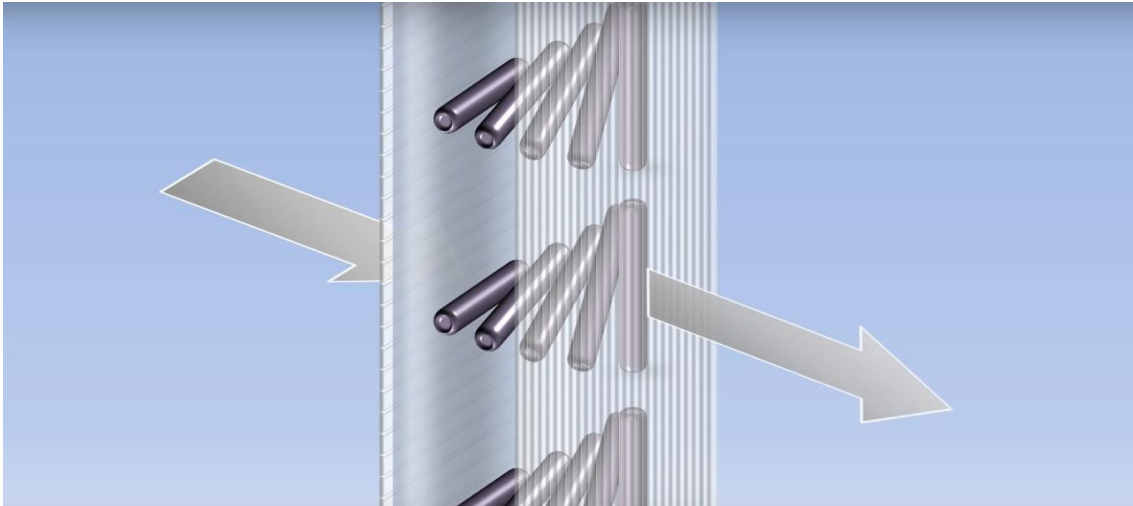
Část s tekutými krystaly je velmi důmyslně provedena. Vnější stranu tekutých krystalů pokrývají průhledné elektrody, pod elektrodami je na vzdálenější straně (blíže ke zdroji světla) umístěno sklo s horizontálními rýhami a na druhé straně se nachází sklo s vertikálními rýhami. Skla s rýhami jsou pokryta oxidem křemičitým. Tímto způsobem se vytváří **Schadt-Helfrichův** jev a tekuté krystaly se v podstatě od horizontálních rýh stáčí do vertikálních a umožňují tak průchod světla dále, viz. následující obrázek.



Obrázek 6 Schéma LCD displeje Zdroj: [6]

3.3.1.1 Schadt-Helfrichův jev

Jedná se o jev, který se využívá k ovládnání tekutých krystalů u LCD displejů.



Obrázek 7 Schadt-Helfrichův jev na tekutých krystalech Zdroj: [6]

Autor ve videu [6] vysvětluje, jak celý tento jev v rámci LCD technologie probíhá. Jak je vidět na obrázku výše, paprsek světla, který vstupuje horizontálně, se díky využití tohoto jevu stočí do šroubovice a vystoupí ve vertikálním směru. Jinými slovy, paprsky jsou otočeny o 90 stupňů. Tento jev se navíc dá elektrodami ovládat a lze tak docílit srovnání tekutých krystalů tak, že paprsky neprojdou skrze další vrstvu. Tímto způsobem se na obrazovce tvoří černá barva.

Naopak propuštěním maximálního světla do všech tří barevných filtrů se na monitoru vytvoří bílá barva. Jak je již možná zřejmé, barvy na monitoru podléhají modelu barev RGB, u kterých hodnota R:0 G:0 B:0 reprezentuje černou a naopak R:255 G:255 B:255 reprezentuje bílou barvu.

3.3.2 Podsvícení LCD displeje pomocí CCFL

Aby bylo možné něco na displeji pozorovat, je třeba jej podsvítit. Podsvícení displeje zajišťovala **CCFL trubice**, (celým názvem Cold Cathode Fluorescent Lamp). Jedná se o fluorescenční výbojky se studenou katodou. Jejich nejčastější využití je právě podsvícení displeje. Označení studená katoda znamená, že se není třeba plyn zahřívat k zapálení výboje, tudíž není přítomné ani žhavicí vlákno. Tento způsob podsvícení způsobuje u LCD technologie jednu velkou nevýhodu, kvůli které nelze zobrazit skutečně černou barvu. **CCFL trubice totiž osvětluje celý pruh displeje**, takže přesto že se má v daném pixelu zobrazit černá, pixel je stále osvětlen světlem z trubice, **takže nepůsobí jako opravdu černá**.

3.3.3 Historie LED

LCD technologie zavedla nový trend, kterým se mohl průmysl zobrazovacích technologií uchýlit. První inovací se stala technologie LED. Princip fungování je identický, změna nastala ve zdroji světla, kterým jsou nyní LED diody celým názvem Light Emitting Diode. **První funkční LED diodu (červenou)** vynalezl **Nick Holonyak**. [31]. Než vznikl první komerční displej, LED dioda se prosadila jako náhrada signalizačních kontrolky začínající výpočetní technice, ve spínacích systémech apod. V roce 1970 opět Holonyak se svým týmem z University of Illinois představili první **kvartérní polovodiče**. Ukázalo se, že tyto polovodiče umožňují mnohem lepší komerční využití, které se aplikuje dodnes. Dalším významným pokrokem bylo použití transparentních materiálových vrstev, což umožnilo lepší emitování světla z diody. Na konci 80. let 20. století opět došlo k významným pokrokům v LED oblasti. V roce 1991 představil Shuji Nakamura z Nichia Corporation v Tokošimě v Japonsku **modrou LED**, jak uvádí Pavelka a kolektiv ve svém článku [31]. V dalších letech se vývojem LED zabývalo mnoho světových společností, jako např. Nichia, Cree Research, Osram, Hewlett-Packard Optoelectronics, Toyoda Gose. Pomocí použití modré LED diody a luminoforu bylo možné vyrobit teplé i chladné odstíny **bílé LED**.

Zhruba v polovině 60. let 20. století byla firma Hewlett Packard (HP) největším výrobcem **pouze** digitálně zobrazených hodin. Užito např. v měřiči frekvencí **HP 5248L**. Princip zobrazování pomocí Nixie Tube měl však mnoho nevýhod, jako např. vysoká spotřeba a vysoká výrobní cena. Společnost HP tedy hledala jiné řešení. Ve spolupráci společnost HP a společnosti Monsanto **vznikly v roce 1968** [32, s. 40] dva druhy produktů. **Digitální LED displeje** (od společnosti) HP a **kontrolky** (od společnosti Monsanto).

Mezi lety 1972 a 1974 došlo k praktickému využití LED displeje firmou HP ve formě kalkulačky. Konkrétně se jedná o model HP 35. Zprvu však výroba těchto kalkulaček byla limitována množstvím LED displejů. Ve stejné době vzniká technologie LCD, pomocí které jsou taktéž vytvářeny kalkulačky.

V roce 1999 upozornili Roland Haitz, Fred Kish, Jeff Tsao a Jeff Nelson [32, s. 47] na fakt, že použití technologie LED v pouličním osvětlení může výrazně snížit spotřebu energie. Účinnost halogenové lampy (alespoň k roku 2005) je 15 lumenů na 1W, kdežto LED lampy 50 lumenů na 1W. S předpokladem, že účinnost LED lamp bude do roku 2020 cca 150 lumenů na 1W jsou úspory obrovské. [32, s. 47] Jak zmiňuje Pavelka a kolektiv [31], LED diody se začínají dostávat i do automobilového průmyslu, který naznačil možnosti vývoje LED jako „světelného zdroje budoucnosti“.

3.3.4 Podsvícení LCD displeje pomocí LED

Otázka spotřeby se začala řešit také u dalších zařízení, jako jsou notebooky, monitory, televize... Zkrátka tam, kde je nižší spotřeba mnohdy klíčovým bodem. Takže způsob podsvícení pomocí LED technologie je krok správným směrem.

Je třeba vyvrátit jeden mýtus, který svým způsobem klame zákazníky. Např. společnost Samsung pojmenovala jednu ze svých řad televizoru LED TV. Toto označení řady působí, jako by se jednalo o úplně jinou technologii, než je LCD, opak je však pravdou. Ve skutečnosti se jedná o televizory, které jsou podsvícené LED diodami namísto CCFL trubicemi. Jedná se pouze o změnu podsvícení, která sice prokazatelně snižuje spotřebu a v mnoha ohledech zlepšuje kvalitu obrazu, ale jedná se stále o technologii LCD.

Jak popisuje Hájek v článku [33], ani v dnešní době nelze vytvořit LED diody tak malé, aby bylo možné reprezentovat diodami jednotlivé pixely. Je to možné pouze u velkoplošných obrazovek např. na stadionech a reklamních poutačích. Je však několik metod, jak lze podsvítit displej bez nutnosti mít LED diody na každý pixel zvlášť. Hájek také zmiňuje několik různých přístupů osvětlení pomocí LED diod. Prvním komerčním **LED podsvíceným LCD televizorem byl Sony Qualia 005, který byl uveden v roce 2004.**

Metody jsou:

- Direct LED (dále se dělí
 - Bílá LED
 - Triluminos LED
- Edge LED

3.3.4.1 Direct LED

Jak uvádí Ligmaier [34], u této metody, kde jsou diody pravidelně rozmístěny se dá docílit zlepšení obrazu pomocí techniky **local dimming**, což je v podstatě vypínání konkrétních bloků, případně jednotlivých diod k docílení **skutečné černé barvy**. Obraz je tak ostřejší a kontrastnější. Avšak nevýhodou této metody je možný vznik tzv. **blooming efektu**. Tj. efekt, který nastává, když světlejší části prosvítají do tmavších a osvětlují tak tmavé sousední oblasti.

3.3.4.2 Direct LED s bílou LED

Většina výrobců podsvěcuje pomocí bílé LED, ty jsou však ve skutečnosti také složeny ze tří barev, které společným zářením vydávají barvu bílou. Jedná se o nejčastější variantu.

3.3.4.3 Triluminos Direct LED

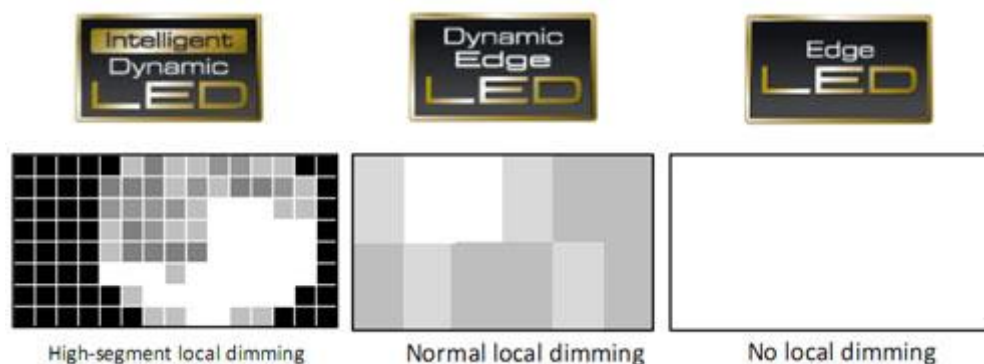
Tento způsob je chráněn a patentován firmou Sony pod názvem **Triluminos Direct LED**. [34] Každý blok diod obsahuje dvě zelené, jednu červenou a jednu modrou diodu. Touto metodou bylo možné dosáhnout u displeje vyššího barevného gamutu. Výrobci jsou už ale dnes schopni barevný gamut vyrovnat i za použití metody s bílými diodami. Také je tato RGB LED metoda dražší než ostatní metody.

3.3.4.4 Edge LED

Dle Ligmajera [34], je to metoda, u které jsou bílé LED rozmístěny pouze v rámu obrazovky spolu se sítí speciálního světlo vodivého materiálu, který světlo rovnoměrně rozptýlí po celé ploše zobrazovacího panelu (tzv. light guide plate). Jedná se o velkou tenkou vrstvou, která je pokryta vypouklými hrbolky. Hrbolky jsou tvořeny z reflexního materiálu. Jeho úkolem je odrážet světlo směrem k pozorovateli. Vzhledem k tomu, že uprostřed obrazovky se světla logicky nachází nejméně, je tento problém kompenzován tím, že hrbolky jsou větší, takže mají větší odrazovou schopnost Tento způsob je výrazně jednodušší, než metoda Direct LED. Využívá se zejména díky možnosti vytvářet užší displeje např. u **Sony 40" ZX1 BRAVIA** je šířka displeje 9.9 mm. Jak uvádí Hájek na svém webu [33]. Podobně jako

u Direct LED také u této metody lze použít **local dimming**, ale nelze tlumit jednotlivé diody, pouze skupiny diod.

Na následujícím obrázku jsou vizuální schopnosti local dimmingu. Tyto uvedené názvy užívá společnost Sony.



Obrázek 8 Rozdíly mezi možnostmi local dimmingu Zdroj: [34]

Zhoršit se mohou také pozorovací úhly, kvůli nižšímu jasů při pohledu ze strany.

At' už se jedná o metodu Direct LED nebo Edge LED, ani jedna z těchto metod nikdy nebude dosahovat pozorovacích úhlů jako plazmové displeje.

3.3.5 TFT LCD displej

Nástupem technologie TFT vzniká rozdělení LCD technologie na aktivní a pasivní. S tímto rozdělením se často lze setkat jak u monitorů, tak u chytrých telefonů, jenž často aktivní LCD využívají. Rozdíl mezi aktivním a pasivním LCD displejem popisuje Snášel [46] ve svém článku.

Jako **pasivní** lze považovat způsob, který byl již popsán v předchozí kapitole. Při reprezentaci pixelu je maticově lokalizován určitý sloupec a řádek, následně se aktivuje vodič. Krystaly se poté natočí a bod se na monitoru zobrazí.

Aktivní však funguje na zcela jiném principu. K aktivaci jednotlivých barevných složek pixelů se užívají jednotlivé tranzistory. Aktivní TFT displeje dosahují lepší ostroty a rychlejší obnovovací frekvence. Svým způsobem se jedná o inovaci LCD technologie, která vylepšuje její vlastnosti.

Kabát [45] se v článku zmiňuje o tom, jak je výroba TFT LCD displeje náročná podobně jako výroba procesorů. Zkratka TFT totiž znamená **Thin Film Transistor**. Těchto tranzistorů jsou na moderních displejích miliony. U principu TFT LCD displeje změna nastává v práci s jednotlivými body obrazu. K aktivaci jednotlivých

bodů se užívají jednotlivé tranzistory. Jedná se tedy o LCD displeje s aktivní TFT maticí.

3.3.6 Pozorovací úhly a typy barevné mřížky

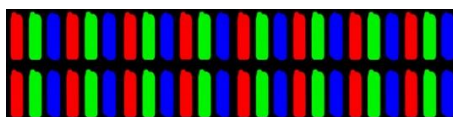
Ve vývoji LCD displejů vzniklo mnoho způsobů, jak jednotlivé pixely rozmístit. Některé způsoby např. výrazně zlepšují pozorovací úhly. O tomto tématu sepsal Kováč komplexní článek [47].

3.3.6.1 RGB, RGBG, RGBW

Třemi základními způsoby, jak lze jednotlivé pixely rozmístit jsou právě RGB, RGBG a RGBW.

3.3.6.1.1 RGB

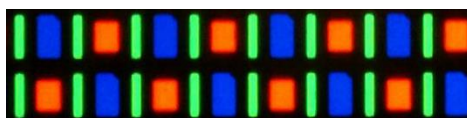
Jedná se o nejznámější barevnou mřížkou. Stejně velké subpixely jsou vedle sebe kladeny stále dokola, červený, zelený a modrý. Znáмым nedostatkem je např. vykreslování růžové vertikální čáry. Při bližším pohledu lze vidět červenou a modrou.



Obrázek 9 Mřížka RGB Zdroj: [47]

3.3.6.1.2 RGBG

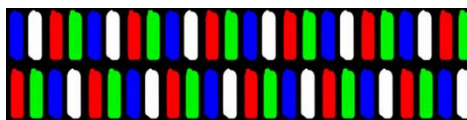
RGBG neboli PenTile uspořádání, jednoznačně ho lze poznat dle toho, že každý druhý pixel je zelený a má zhruba poloviční velikost oproti ostatním subpixelům. Tímto způsobem výrobce může ušetřit. Avšak vznikají tím různá negativa, jako např. menší ostrost obrazu, nutnost úpravy vyhlazování textu (protože se jedná o velikost 1,5 pixelu).



Obrázek 10 Mřížka RGBG Zdroj: [47]

3.3.6.1.3 RGBW

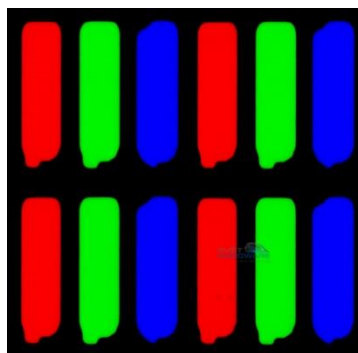
Tento způsob využívá také OLED technologie (viz. kapitola 3.5), která tímto způsobem. Přidání bílého polymeru zvyšuje jas a životnost obrazovky. Životnost je stále současným problémem OLED displeje. Toto řešení prodlužuje zejména životnost modré barvy, která je má životnost nejkratší.



Obrázek 11 Mřížka RGBW Zdroj: [47]

3.3.6.2 Twisted Nematic (TN)

TN neboli Twisted Nematic je jedna z levnějších a dnes již nedostačujících technologií. Někdy se také označuje jako **TN + film**. Film tvoří přidaná svrchní vrstva, která mírně zlepšuje pozorovací úhly. Poskytují obvykle pouze 6bitové barvy a zbytek barev do 16.2 mil. Interpolují pomocí FRC. Mezi výhodu této technologie patří **rychlá odezva obrazu**. Ta už je ovšem nejnovějšími typy IPS (viz. dále) překonána.



Obrázek 12 Mřížka TN Zdroj: [47]

Princip TN je založen na propouštění světla v klidovém stavu. Tudíž při zobrazení černé barvy je třeba provést opačný proces a krystaly narovnat tak, aby světlo nepropouštěly.

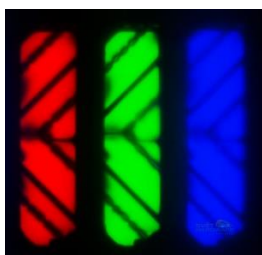
3.3.6.3 Vertical Alignment (VA)

Lze se také setkat s původním názvem Multi-Domain Vertical Aignment (MVA). Společnost Fujitsu se pokusila vytvořit technologii lepší, než je TN a cenově

dostupnější, než je IPS. To se společnosti roku 1998 podařilo. VA se totiž používá dodnes, stále platí, že je lepší než TN. Nedosahuje však kvalit IPS.

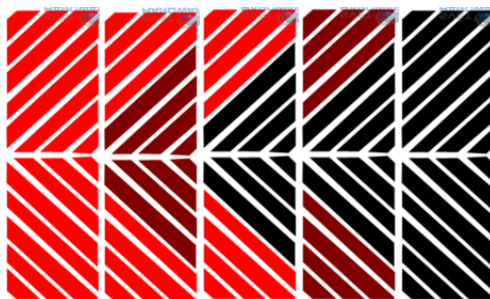
Postupně další firmy začali tuto technologii vylepšovat. Společnost **AU Optronics** přišla s P-MVA (Premium) a (Advanced) A-MVA. Tyto způsoby umožnily lepší podání barev a vylepšení pozorovacích úhlů. Jak uvádí Kováč [47], technologii VA je možné vylepšit, ale nelze ji vylepšit natolik, aby dosahovala kvality jiné.

Do vývoje se přidali Samsung a Sony. Vytvořili PVA neboli **Patent Vertical Alignment** a odnoš S-PVA.



Obrázek 13 Subpixely S-PVA Zdroj:[47]

Princip je výrazně lepší oproti TN. Při chybě a vzniku mrtvého bodu pixel nesvítí bíle, ale je černý. Princip natáčení krystalů je zde trochu odlišný. Subpixel je obvykle rozdělen do 4 domén. Krystaly se nestáčí do šroubovice, ale mají stromečkové uspořádání. Rozdělením každého subpixelu na 4 domény lze docílit různých intenzit jednotlivých barevných složek. Např. pokud je potřeba pouze poloviční intenzita červené barvy, tak se 2 ze 4 domén zkrátka vypnou a zůstane tak poloviční intenzita jedné složky. Viz. následující obrázek.



Obrázek 14 Přehled regulace intenzity světla u S-PVA Zdroj:[47]

V tomto přehledu je vidět, jakým způsobem jsou domény rozděleny. Zleva se jedná o intenzitu 100 %, 75 %, 50 %, 25 % a 0 %.

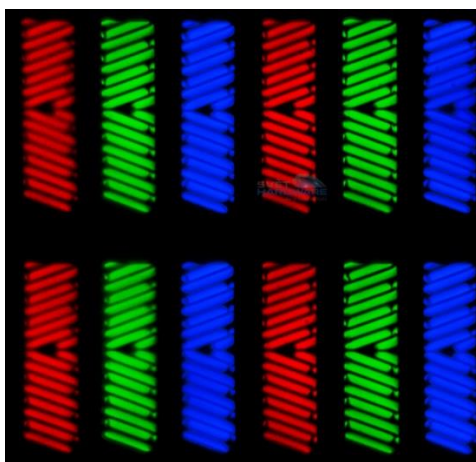
3.3.6.4 In Plane Switching (IPS)

Technologii jako takovou vynalezla společnost **Hitachi** v roce 1996 s původním označením **Super TFT**. Technologie tedy využívá aktivní matici tranzistorů. O dva roky později společnost Hitachi vyvinula **S-IPS** technologii, kterou poprvé implementovala společnost LG Display až v roce 2001. Firma LG se zanedlouho ujala vývoje této technologie a v roce 2007 jej představila jako **H-IPS**, tedy **Horizontal IPS**. Ve stejné době se také objevuje **e-IPS**, což je něco jako ekonomická varianta **H-IPS**.

Technologie e-IPS má sice horší pozorovací úhly a barvy, je však ale možné, že nahradí TN panely i v kancelářích.

Další vylepšení ve formě **UH-IPS** (Ultra Horizontal IPS) a **H2-IPS**, které jsou v podstatě evolucí předchozího H-IPS. Dochází zde k lepšímu využití plochy zhruba o 18 %, čímž zlepšují jas a kontrast displeje.

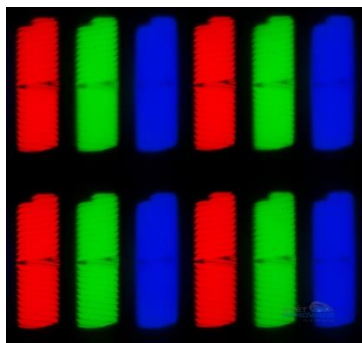
Princip je poměrně prostý. V klidovém stavu krystaly nepropouští světlo, K tomu dojde až po přivedení napětí do dvou elektrod a natočení krystalů o 90 stupňů. Čímž dojde k propuštění světla.



Obrázek 15 e-IPS struktura pixelu Zdroj: [48]

3.3.6.5 Plane to Line Switching (PLS)

Technologii PLS vyvíjí společnost Samsung. Přesto že jejich PVA panely mají již srovnatelné vlastnosti, tak IPS technologie má stále lepší podání barev. Vzhledem k tomu, že tato technologie je poměrně nová, existuje o ní stále velmi málo testů a informací. Z hlediska principu se PLS shoduje s IPS technologií.



Obrázek 16 Ukázka PLS struktury pixelu Zdroj: [47]

3.4 Plazmové displeje

Další kategorií zobrazovací technologie jsou plazmové displeje, které fungují na principu plazmy.

3.4.1 Historie plazmových displejů

Bellis [36] uvádí, že první prototyp televize s plazmovým displejem byl vynalezen na univerzitě v Illinois. Vynalezli jej **Donald Bitzer** a **Gene Slottow** a jeden z absolventů **Robert Wilson**. Na zprovoznění si ale první funkční prototyp plazmové televize musel ještě počkat. Mezitím v této době vznikaly digitální a další zobrazovací technologie. Vynálezci **Donald Bitzer**, **Gene Slottow** a **Robert Wilson** vynalezli na počátku 60. let 20. století alternativu k CRT technologii. Motivace spočívala především v tom, že princip CRT je založen na neustálém obnovování celé obrazovky, což je v pořádku pro potřeby televizního přenosu a přehrávání videa, ale je to nedostačující pro počítačovou grafiku. Donald Bitzer na základě této motivace kontaktoval výše zmíněné členy university a začala tak spolupráce.

Bellis [36] dále píše, že v červenci roku 1964 tým sestavil první prototyp plazmového displeje, který obsahoval pouze jednu buňku. Dnešní displeje obsahují miliony těchto buněk. Po roce 1964 se televizní společnosti rozhodly věnovat vývoji plazmových televizí, jako alternativě k CRT technologii větší pozornost. Krátce na to však na trh přišla technologie LCD, která celý proces vývoje plazmových displejů oddálila. Trvalo velmi dlouho, než se plazmová televize opět dostala do popředí. To se nakonec podařilo díky úsilí Larryho Webera. Jeho prototyp s úhlopříčkou 60

palců splňoval svými rozměry a rozlišením požadavky pro HDTV přenos, navíc v tenkém provedení.

3.4.2 Základní princip

Podstata této technologie spočívá v plazmě, jak popisuje Kabát [37]. Hmota jako taková se skládá z atomů, ale plazma se skládá z elementárních částic a iontů, proto je plazma nazývána čtvrté skupenství.

V plazma displejích se nachází směs plynů jako je neon, argon nebo xenon. Jedná se o elektroneutrální atomy. Do těchto **atomů je třeba pustit elektrický proud**, čímž se objeví mnoho volných elektronů. Srážky těchto volných elektronů a částic plynu zapříčiňují to, že atomy plynu ztrácí své elektrony a vznikají tak **kladně nabitě ionty. Spolu s elektrony tak vzniká plazma.**

Vytvořením elektrického pole vzniká převrácení polarizace a nabitě částice se začnou pohybovat k opačným pólům. Plynové ionty směřují k záporně nabitému pólu a elektrony ke kladně nabitému pólu. Díky tomu se začnou jednotlivé částice srážet. Srážkou jednotlivých částic v plazmě se plynové ionty dostávají do excitovaného stavu a po návratu do původní polohy uvolňují světlo (foton).

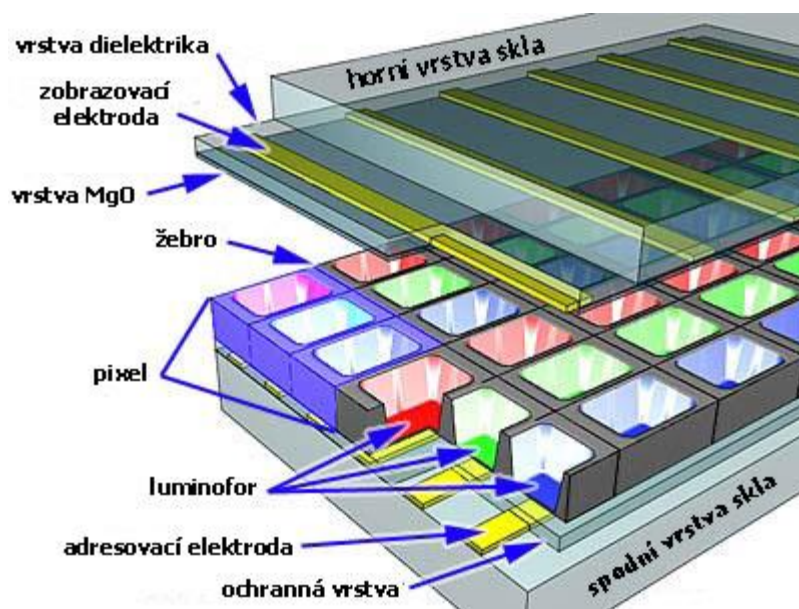
Foton je částice bez energie a hmotnosti, definována pouze její rychlostí, a při dosažení nulové rychlosti zaniká. Aby foton mohl být uvolněn, musí nejprve vzniknout. K tomu je zapotřebí, aby se volný elektron srazil s elektronem iontu. Částice se pohybují kolem jádra po svých osách. Tato srážka vyústí v to, že na krátký okamžik má elektron iontu více energie, což zapříčiní vychýlení tohoto elektronu na jinou osu (orbital), avšak elektromagnetické pole donutí tuto částici k návratu do svého orbitalu. Po návratu elektronu je přebytečná energie uvolněna ve formě fotonu.

Aby vznikl na plazmovém displeji obraz, musí dojít ještě k dalšímu procesu. Kvůli vysoké energii fotonu je vlnová délka světla vysoká tak, že se jedná o UV záření, které je pro lidské oko neviditelné.

Podobně, jako je tomu u technologie CRT, tak i plazmové displeje užívají luminofor, kterým je pokryta každá obrazová buňka. Luminofor reaguje na UV záření identicky jako na elektronové dělo u CRT displeje.

Struktura displeje je tvořena maticí horizontálních řádků, jenž tvoří adresovací elektrody a vertikálních sloupců, které tvoří zobrazovací elektrody (někdy se uvádí výbojové). Takto vzniká mřížka, ve které lze každou buňku adresovat jednotlivě. Každý pixel plazmového displeje sestává ze tří subpixelů v barvách červená, zelená a modrá.

Adresovací elektrody jsou umístěny na zadní straně a přední strana (blíže k pozorovateli) obsahuje elektrody zobrazovací. Zobrazovací elektrody jsou vyrobeny z průhledného materiálu a jsou izolovány pomocí **dielektrika** a chráněny vrstvou oxidu hořečnatého (MgO).



Obrázek 17 Struktura plazmového displeje Zdroj: [37]

3.4.3 Způsob zobrazení obrazu

V kapitole 3.4.2 **Základní princip** šlo spíše o vysvětlení fyzikálních zákonitostí, které fungování plazmových displejů umožňují. Zde půjde spíše o zobrazení obrazu jako takového.

V každé buňce jsou umístěny dvě zobrazovací elektrody, do kterých je pouštěno střídavé napětí. Když ne napětí iniciováno, vznikne výboj, který ionizuje plyn a vzniká tak plazma. Dielektrikum a oxid hořečnatý (MgO) zastaví výboj, ale po změně polarity (jedná se o střídavý proud) pokračuje ionizace a vzniká tak stálý výboj. Napětí na elektrodách je udržováno těsně pod hraniční hodnotou, která by zapříčinila výboj. Díky tomu pak lze jen minimálně zvýšit v dané buňce napětí skrze

adresovací elektrodu a v buňce se tak opět vytvoří výboj a vygeneruje světlo. V této fázi je tak vše připraveno pro zobrazení obrazu.

3.4.4 Intenzita barev

Plazmové displeje musí řešit intenzitu barev trochu sofistikovanějším způsobem na rozdíl od technologie CRT, kde stačilo regulovat výboj z elektronového děla,

U plazmových displejů ovládání intenzity funguje na princip Pulzní modulace signálu z anglického názvu Pulse Code Modulation (PCM). Tento způsob slouží k převedení analogového signálu na digitální, (čímž splňuje předpoklady do budoucna). Kabát [37] také uvádí, že intenzita jednotlivých subpixelů je určována počtem a šířkou napěťových pulsů. Dochází k přednabití daných pixelů a jejich subpixelů na danou intenzitu pomocí zobrazovacích elektrod a v zobrazovací fázi je aplikováno napětí na celý displej pomocí adresovací elektrody.

Standardní metodou (ADS neboli Adres/Display separated, kterou vyvinula společnost Fujitsu v roce 1984) lze určit až 256 úrovní nabití pro každý subpixel,

3.5 Digitální displeje OLED

Technologie OLED neboli Organic Light-Emitting Diode se dá v dnešní době považovat za nový trend. Tato technologie obsahuje mnoho inovací, které doposud nebylo možné (s technologiemi zde zmíněnými) provádět. Zastoupení displejů typu OLED je stále mnohem menší než u LCD Chlup [39]. Důvodem je především značně vyšší pořizovací cena a donedávna také barevná nestálost a nízká životnost. V současné době užití této technologie převládá především u mobilních telefonů, vzhledem k tomu že výroba ve větších rozměrech je stále poměrně nákladná. Ačkoliv neustále zvyšující se poptávka výhledově do budoucna začne cenu této technologie snižovat, tudíž dojde i k vylepšení některých známých nedostatků.

3.5.1 Historie OLED

Jak uvádí Bellis [38], OLED technologie byla vytvořena vědeckými pracovníky firmy Eastman Kodak již v roce 1987. Za hlavní vynálezce jsou považováni chemici Ching W. Tang and Steven Van Slyke. v lednu roku 2001 obdrželi tito chemici za jejich práci na OLED technologii **cenu za průmyslovou inovaci**.

Společnost Kodak uvedla na trh mnoho raných produktů vybavených technologií OLED včetně první digitální kamery the EasyShare LS633. s 2.2palcovým OLED displejem (velikost 512 x 218 px) z roku 2003. Od té doby společnost Kodak licencovala technologii OLED mnoha výrobcům. Zároveň společnost dále tuto technologii zkoumá spolu s dalšími projekty.

V počátcích nového milénia vynálezci z Pacific Northwest National Laboratory spolu s Department of Energy vynalezli dva vynálezy, které umožňují ohýbatelné OLED displeje. Prvním je ohebné sklo, a druhým je Barix bariéra, která je odolná vůči proniknutí vody a vzduchu.

3.5.2 Základní princip

Mezi OLED a LED technologií není žádná spojitost. Zkratka OLED představuje Organic Light Emitting Diode. První slovo v názvu této technologie vysvětluje podstatu, na kterém je založena. Organic znamená, že materiál obsažený v subpixelech obsažený je z organické hmoty, tedy hmoty založené na bázi uhlíku. Jednotlivé subpixely pod napětím navíc svítí.

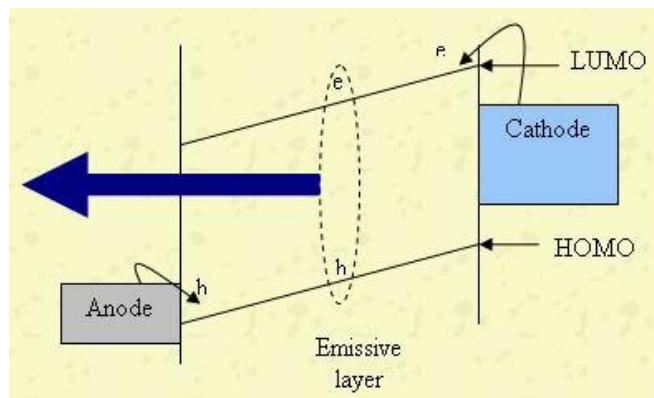
Díky tomuto principu odpadá potřeba podsvěcovat displej, jako je tomu např. u LCD technologie. Už ze samé podstaty vyplývá, že není potřeba vytvářet mechanismy pro zobrazení „dokonalé černé“. Stačí pouze daný pixel nenapájet napětím. Což vykreslování tmavších barev může vést i ke snížení spotřeby, a naopak při zobrazení scén bílých.

Oproti stávajícím technologiím jako je např. LCD, která často svým typem podsvícení limituje svého pozorovatele na určité pozorovací úhly, tak díky absenci nutnosti podsvícení OLED displeje lze dosáhnout téměř dokonalých pozorovacích úhlů. Nespornou výhodou této technologie je také fakt, že pixely lze natisknout téměř na jakýkoliv podklad, což otevírá více možností do budoucna.

3.5.3 Princip OLED diody a displeje

Organické diody pracují na principu tzv. **elektroluminescence**. Vojáček [40] píše, že *„Klíčový je organický materiál obsahující molekulární strukturu, známou jako luminofor, která provádí emisi světla. Ta nastává, když se vzájemně přitahovaný energetický excitovaný pár elektron-díra zrekombinuje. Vzniklý nadbytek energie se*

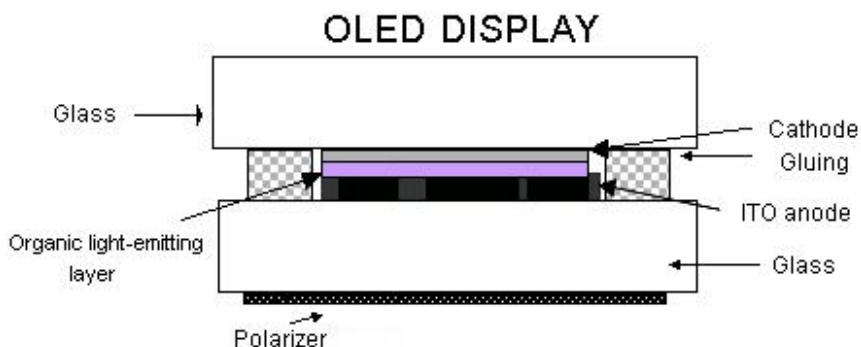
vyzářen v podobě fotonu, tj. světelného záblesku.“ Podobně jako u plazmové televize, kde z nadbytku energie taktéž vznikají fotony. Této vrstvě se často říká **emisní vrstva**. Vojáček také uvádí, že největší problém je dosáhnout excitace způsobem, aby bylo dosaženo stejného počtu excitovaných elektronů a děr. Díry se totiž pohybují pomaleji.



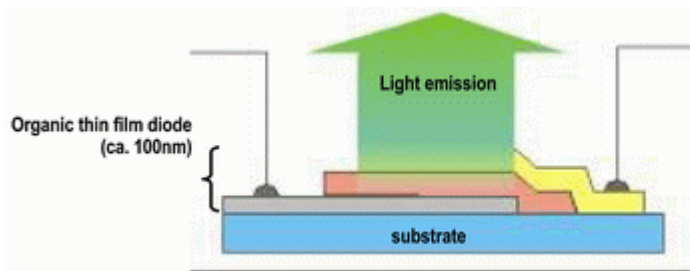
Obrázek 18 Princip emise světla rekombinací páru elektron-díra Zdroj: [40]

Mezi katodou a emisní vrstvou, taktéž mezi anodou a emisní vrstvou se vkládají materiály, které podporují pohyb děr. Nazývají se Hole Transport Layer (HTL), Nebo materiály, které zpomalují elektrony, ty se nazývají Electron Transport Layer (ETL). Těmito vrstvami lze zlepšit rekombinaci a její účinnost při generování světla. Zpomalením elektronu se upraví a sníží jeho energie, což způsobí vyzaření světla s vlnovou délkou odpovídajícího organického materiálu.

Takto je pak vše uzavřeno mezi dvě vrstvy skla, jako např. u LCD. Případně lze použít jiný poklad (substrát) jako je kov nebo plast.



Obrázek 19 Displej se skleněnými vrstvami Zdroj:[40]



Obrázek 20 Displej na substrátu se sklem na horní části Zdroj:[40]

3.5.4 Typy OLED displeje

Jednotlivé typy velmi přehledně formuluje Vojáček ve svém článku [40].

3.5.4.1 PMOLED

Touto zkratkou jsou označovány pasivní displeje OLED, které vzhledem k jejich vysoké spotřebě a méně kvalitním zobrazovacím schopnostem vhodné max na displeje. O úhlopříčce 2-3". Vhodné užití např. jako palubní displej automobilu či autorádia.

3.5.4.2 AMOLED

AMOLED neboli aktivní struktura OLED displeje. Podobně jako u TFT LCD displeje. Spínání pixelu je taktéž řešeno vlastním tranzistorem. Toto provedení vylepšuje schopnosti OLED displeje, což se projevuje na lepší zobrazovací frekvenci, nižší spotřebou a lepší ostrotí obrazu. Tato struktura si však žádá složitější výrobu, což ve výsledku ovlivňuje cenu.

3.5.4.3 PHOLED

PHOLED neboli **Phosphorescent OLED** je velkým pokrokem v technologii OLED. Umožňuje čtyřnásobnou účinnost (až 100 %) v převádění elektrické energie na světlo. Oproti původní účinnosti OLED technologie, která se pohybovala mezi 25 až 30 % účinnosti.

3.5.4.4 WOLED

WOLED znamená **White OLED**. Pomocí WOLED lze generovat 30lm/W při teplotě 4000K. Bílá je generována díky třem barevným proužkům RGB, tedy červená, zelená a modrá. Ovlivňováním intenzity jednotlivých barev lze dosáhnout změny teploty výsledné bílé barvy.

3.5.4.5 FOLED

FOLED je inovací, kterou současně užívá mnoho výrobců telefonů. Jde o technologii Flexible OLED. Displeje jsou často postaveny na pružném plastu nebo na kovové fólii a poskytují tak tvarové přizpůsobení. Toho lze využít tam, kde je třeba přizpůsobit tvar displeje určitému tvaru. Např. u motorkářských přileb, tvarované přístrojové desky v automobilech nebo oblečení.

3.5.4.6 TOLED

Transparentní OLED neboli TOLED představuje průhledný typ displeje. Při výrobě je nutné zvolit stranu, na kterou bude displej generovat světlo (lze také emitovat světlo na obě strany zároveň). Toho lze využít např. když pozorovatel potřebuje informace zobrazit v zorném poli. Tedy např. v brýlích nebo v hledí helmy.

3.6 *Dotykové displeje*

Dotykové displeje patří mezi jednu z nejvíce intuitivních technologií dnešní doby. Ačkoliv působí tato technologie poměrně nově, její vývoj trvá již přes 40 let.

3.6.1 Historie dotykových displejů

Jak píše Bellis [42] o dotykových displejích, historici se shodli na tom, že vynálezcem technologie dotykového displeje je Eric Johnson ve výzkumném středisku Royal Radar Establishment v Malvern. První zmínka se objevila v krátkém článku v roce 1965, a poté v konkrétnějším článku i s diagramy v roce 1967. O rok později Johnson publikoval úplný popis této technologie. Tuto technologii vyvíjel v rámci projektu řízení letových kontrol.

V roce 1971 Sam Hurst vytvořil „dotykový senzor“ s názvem **Elograph** na univerzitě v Kentucky, jenž zde byl v rámci výzkumné nadace také patentován. **Elograph** nebyl

průhledný, jako jsou dnešní dotykové displeje, i přesto se stal významným milníkem ve vývoji dotykových displejů. V roce 1974 Hurst a společnost Elographics vytvořili první dotykový displej s průhledným povrchem a o tři roky později firma Elographics patentovala odporový dotykový displej, jenž se stal nejpopulárnější technologií v tomto odvětví. V tomto roce taktéž společnost Siemens financovala Elographics, aby vytvořili první zakřivený skleněný dotykový senzor. Tomuto zařízení mělo v názvu poprvé uvedeno „dotykový displej“. Společnost si v 90. letech změnila svůj název z Elographics na **Elo TouchSystems**.

V 80. letech firma Hewlett-Packard představila domácí počítač HP-150 s dotykovou technologií na displeji. Pomocí mřížky infračervených paprsků bylo možné zachytit, kde je prst umístěn a trasovat tak jeho směr. Ovšem toto řešení vyžadovalo časté čištění, protože částičky prachu uvnitř displeje zanášely senzory

90. léta přinesla chytré telefony a PDA zařízení s dotykovým displejem. V roce 1993 společnost Apple uvedla produkt Newton PDA s funkcí rozpoznávání rukopisu. Společnost IBM uvedla chytrý telefon s názvem Simon, který obsahoval notepad, funkce pro práci s faxem, kalendář, a především rozhraní dotykového displeje, což potvrzuje také Škopek [43].

V roce 2002 společnost Microsoft představila tablet s operačním systémem Windows XP s rozhraním dotykového displeje. Společnost Apple v roce 2007 vydala první iPhone, jenž se ovládal pouze skrze rozhraní dotykového displeje.

3.6.2 Základní princip dotykového displeje

Základní princip dotykového displeje se liší podle užití technologie. Mezi nejpoužívanější patří rezistivní (někdy také odporové) a kapacitní displeje [43].

3.6.2.1 Rezistivní (odporové) displeje

Tento druh displeje byl poprvé patentován již v roce 1974 společností Elographics (**viz. kapitola 3.6.1**). Jedná se tedy o zastaralejší metodu. Skládá se z několika vrstev, které obklopují skleněný panel a pružnou membránu na povrchu displeje. Pružná dotyková membrána spolu se skleněnou deskou jsou pokryty vodivým materiálem, spodní vrstva je elektrovodivá, kdežto horní vrstva rezistentní. Tato pružná membrána přináší rezistivním displejům jednu velkou výhodu. Displej lze

ovládat čímkoliv, nejen prstem, protože je umístěna ve svrchní vrstvě displeje. Což je jeden z důvodů, proč se stále někde rezistentní displeje používají.

Vrstvy jsou od sebe odděleny pro pozorovatele neviditelnou sítí podpěr, mezi nimiž je velmi tenká vzduchová vrstva. Obě tyto vrstvy jsou připojeny k řídicímu modulu. Při zapnutí displeje začne elektrický proud procházet spodní vrstvou. V momentě, kdy se pozorovatel dotkne displeje, dochází k prohnutí membrány, horní rezistentní vrstva se dotkne spodní elektrovodivé vrstvy a začne tak mezi nimi procházet elektrický proud. Řídicí modul následně musí vyhodnotit, kde a k jak velkému doteku došlo.

Rezistentní displej propouští poměrně málo světla, což je u mobilní technologie problém, jelikož se zde klade maximální důraz na zobrazení kvalitních barev.

3.6.2.2 Kapacitní displeje

V současné době kapacitní displeje u mobilních telefonů převládají. Za normálních okolností je sklo izolant, ale u mobilních telefonů s kapacitním displejem je sklo potaženo velmi tenkou vodivou vrstvou (transparentní). Vrstvu často tvoří např. vrstva ITO (Indium Tin Oxide) neboli oxid india a cínu. Tato technologie pracuje s přirozenou vodivostí lidského těla. Tím, že se např. prst dotkne skla displeje, se naruší elektrostatické pole a mezi povrchem displeje a prstem vznikne tzv. kapacita (proto název kapacitní displej), čímž se uzavře elektrický obvod. Tuto změnu lze měřit jako změnu kapacitního odporu a po určení místa pomocí různých technologií je tato lokace odeslána řadiči.

Nutnost používat pouze elektricky vodivý předmět, jako např. prst nebo stylus patří sice mezi nevýhodu. Při nasazení rukavic např. již dotek prstu nebude fungovat. Na druhou stranu tato technologie oproti rezistentní technologii umožňuje velmi příjemnou práci s displejem, na který není potřeba vykonávat v podstatě žádný tlak. Stačí pouze dotek.

Propustnost světla je oproti rezistentnímu displeji výrazně lepší. Škopek [43] zmiňuje, že lze dosáhnout s kapacitním displejem až 93 % s odchylkou 2 %.

Možnosti této technologie stále nejsou vyčerpány a výrobci stále vyvíjí kapacitní displeje. Výrobci usilují zejména o zvýšení citlivosti na dotek. Např. Samsung prosazuje technologii **in-cell** u svých **super AMOLED displejů**, které v podstatě

eliminují potřebu dotykové vrstvy, protože kapacitátory jsou zabudovány přímo v displeji.

Jak zmiňuje Vejtasa [44], existují dva typy kapacitních snímačů. **První snímá kapacitu vlastní**, a ten druhý **kapacitu vzájemnou**. Vlastní kapacita generuje silnější signál, což znamená, že není třeba se prstem přímo dotýkat displeje, a přesto je zachycen signál. Tento způsob však nese jednu nevýhodu, lze totiž používat pouze jeden prst.

3.6.2.3 Projekční kapacitní displeje

Tuto kategorii lze považovat za **podkategorii kapacitních displejů** jenž vyzařují světlo do prostoru, jak popisuje Škopek [43]. Představila jej japonská značka **Sony** u modelu **Xperia sola**. Tento způsob eliminuje nutnost dotýkat se přímo displeje telefonu, díky užití **vlastní kapacity**. Užití pouze této technologie by nestačilo, jak zmiňuje Vejtasa [44], užitím jen metody s vlastní kapacitou lze používat jenom jeden prst. Pro práci s chytrým telefonem je však třeba užívat i multi-touch a gesta. Proto např. model **Xperia sola** užívá kombinaci těchto metod. Pro využití gest je nutné přiložit prsty k displeji a pro využití bezdotykové funkce lze užít jen jeden prst. Toto je také důvod, proč se vlastní kapacita příliš často nevyužívá.

3.6.2.4 SAW displeje

Zkratka SAW představuje **Surface Acoustic Wave**. Dle [57], obvod displeje je pokrytý piezoelektrickými převodníky a přijímači, které na ploše displeje tvoří neviditelnou síť ultrazvukových vln. Podobně jako je tomu u kapacitních displejů, i zde je nutné dotýkat se displeje prstem, stylusem nebo speciální rukavicí. Při doteku např. prstem dochází k absorbování části vlny. Díky narušení této vlny je přijímač schopný lokalizovat místo, kde k doteku došlo. SAW displeje nabízí vysokou viditelnost, protože technologie generující vlny je rozmístěna pouze po obvodu displeje. Mezi další výhody patří například větší odolnost vůči poškrábání, a to dokonce větší, než je u kapacitních displejů. Na druhou stranu nevýhod je poměrně dost. Např. kapky vody mohou vytvářet nepravdivé impulsy o doteku. Podobně působí také nečistoty, které znemožňují ovládat na znečištěných místech displej, dokud nejsou nečistoty odstraněny.

3.6.2.5 Infrared displeje

Technologie Infrared využívá **infračervených zářičů a snímačů**, jak popisuje [57], které tvoří mřížku světelných paprsků přes displej. Tento princip eliminuje nutnost přidávat další vrstvu na displej, což zajišťuje největší možnou kvalitu obrazu. Infrared displeje je možné ovládat téměř jakýmkoliv objektem. Při doteku displeje jsou přerušeny paprsky infračerveného světla a snímače lokalizují dotykový bod. Možnost dotýkat se obrazovky téměř čímkoliv přináší velkou nevýhodu, protože nečistoty jakéhokoliv druhu mohou způsobit podobně jako u SAW displejů chybné aktivování snímačů. Navíc infračervené paprsky jsou poměrně náchylné na rušení okolním světlem. Navíc technologie je v současné chvíli poměrně drahá.

3.7 Konektory pro přenos obrazu

Konektory pro přenos obrazu jsou nedílnou součástí u stolních počítačů, promítacích zařízení, domácího kina, DVD přehrávače apod.

3.7.1 SCART konektor

Rozhraní pro propojení audio/video zařízení. Dříve se pro tento konektor nacházel vstup přímo v televizoru. Primární využití – připojení přehrávače videokazet, DVD a herních konzolí. Ovšem tato technologie je na ústupu zejména kvůli lepšímu HDMI konektoru. Z důvodů zpětné kompatibility se u dnešních televizorů stále nachází rozšiřující konektor pro SCART konektor.



Obrázek 21 SCART konektor Zdroj: [22]

K tomuto typu konektoru existuje mnoho redukcí. Když např. chybí v televizi vstup pro kompozitní konektor (**viz. kapitola 3.7.4**), stačí zakoupit požadovanou redukci a zapojit kompozitní konektor nejdříve do redukce, a poté do televizoru.

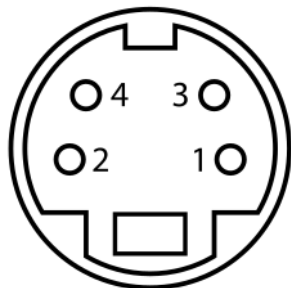
U herní konzole typu Playstation 1 bylo často třeba využít této redukce, zejména u zastaralých typů televizorů. Ty často neobsahovaly vstupy pro jednotlivé konektory, ale pouze pro SCART konektor. Viz. následující foto



Obrázek 22 Zapojená redukce, kompozitní konektor + zvuk Zdroj: Vlastní zpracování

3.7.2 S-Video konektor

Celým názvem **Separated Video**. Dle článku z wikipedie [7]. Tento konektor nejčastěji obsahuje 4 piny, existuje však nestandartní 7pinový mini-DIN konektor a také 9pinový vstupně/výstupní konektor.



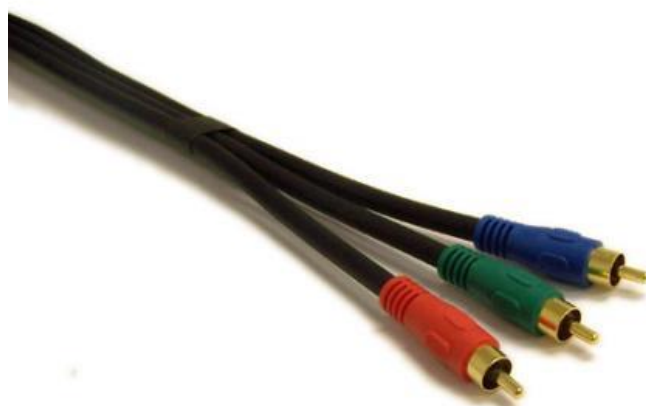
Obrázek 23 Obr. č. 9. S-Video konektor, přehled pinů Zdroj: [7]

Konektor samice		
Pin 1	GND	Zem kanálu Y
Pin 2	GND	Zem kanálu C
Pin 3	Y	Jasový kanál
Pin 4	C	Barevný kanál

Tabulka 1 S-Video 4pinový konektor – popis pinů Zdroj: [7]

3.7.3 Komponentní konektor

Komponentní konektor [13] přenáší obraz pomocí tří konektorů, každý z konektor přenáší jednu ze tří složek RGB modelu a dosahuje tak lepší kvality obrazu na cílovém zobrazovacím zařízení.



Obrázek 24 Komponentní konektor foto Zdroj: [13]

3.7.4 Kompozitní konektor

Kompozitní konektor má horší kvalitu, než S-Video, skládá se pouze z jednoho pinu. Vyskytuje se nejčastěji ve žluté barvě, ale existují výjimky viz. zdroj [13].



Obrázek 25 Kompozitní konektor foto Zdroj: Vlastní zpracování

U novějších typů televizorů se nachází podobně jako u SCART konektoru rozšiřující konektor (např. televize značky Samsung), který obsahuje všechny možné vstupy konektorů, včetně komponentního konektoru. Případně tento svazek rozšiřujících komponentů lze stále dokoupit. Avšak vzhledem k dnešním požadavkům na kvalitu obrazu to nemá příliš velký smysl.

3.7.5 VGA/D-Sub konektor

Celým názvem **Video Graphics Array** [14] je označení pro stále hojně využívaný analogový typ konektoru, a také pro standard původně vyvinutý firmou IBM v roce 1987 pro jejich třetí generaci IBM PS/2 řady osobních počítačů. Postupem času se však tato technologie stala standardem pro všechny grafické systémy v počítačích. Základní standard má rozlišení 720x400 v textovém režimu, v grafickém režimu 640x480 (16 barev). Existoval také režim s rozlišením 320x200, který obsahoval 256 barev.

D/A převodník

I na nejnovějších modelech počítačových monitorů není přítomnost VGA konektoru výjimkou. Je tu však malý háček, když byl VGA konektor navržen pro analogovou zobrazovací techniku, jak je možné, že je tento konektor využíván grafickými kartami, které generují digitální signál a jsou propojeny s digitálním monitorem skrze VGA rozhraní? To vše má na starost **D/A převodník**. Jinými slovy převodník digitálního signálu na analogový signál a naopak. Velmi vyčerpávající zpracování provedl na toto téma Balcárek [35] ve své bakalářské práci.

Standardy

K roku 2020 již vyšlo přes 20 nových standardů, které zlepšují vlastnosti VGA, zejména v počtu pixelů, barev, rozlišení... Jako první standard, který nahradil VGA byl SVGA. Jednoznačně jej lze určit podle maximálního možného rozlišení 800x600. V následující tabulce lze vidět přehled těchto standardů.

Název	Označení	Rozlišení
(Video Graphics Array)	VGA	640 x 480
(Super Video Graphics Array)	SVGA	800 x 600
(High Definition Television 720i/p)	HDTV	1280 x 720
(Extended Graphics Array)	XGA	1024 x 768
(Wide Extended Graphics Array)	WXGA	1366 x 768
(Super Extended Graphics Array)	SXGA	1280 x 1024
(Super Extended Graphics Array+)	SXGA+	1400 x 1050
(Wide Super Extended Graphics Array)	WSXGA	1600 x 1024
(Wide Super Extended Graphics Array+)	WSXGA+	1680 x 1050
(High Definition Television 1080i/p)	HDTV	1920 x 1080
(Ultra Extended Graphics Array)	UXGA	1600 x 1200
(Wide Ultra Extended Graphics Array)	WUXGA	1920 x 1200
(Quad Extended Graphics Array)	QXGA	2048 x 1536
(Quad Super Extended Graphics Array)	QSXGA	2560 x 2048
(Wide Quad Super Extended Graphics Array)	WQSXGA	3200 x 2048
(Quad Ultra Extended Graphics Array)	QUXGA	3200 x 2400
(Wide Quad Ultra Extended Graphics Array)	WQUXGA	3840 x 2400
(Hex Super Extended Graphics Array)	HSXGA	5120 x 4096
(Wide Hex Super Extended Graphics Array)	WHSXGA	6400 x 4096
(Hex Ultra Extended Graphics Array)	HUXGA	6400 x 4800
(Wide Hex Ultra Extended Graphics Array)	WHUXGA	7680 x 4800

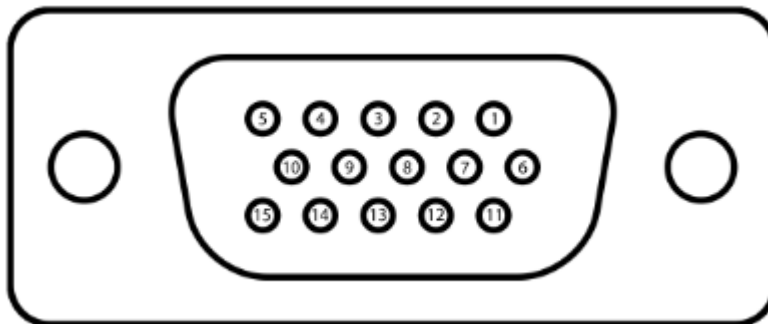
Tabulka 2 VGA standardy Zdroj: [15]

Ve všech případech se užívá konektor HD15, viz obrázek níže.



Obrázek 26 VGA/D-Sub konektor foto (samec) Zdroj: Vlastní zpracování

Článek **What is the difference between VGA, SVGA and UXGA, and does L-com sell cables for each?** [15] uvádí, že přestože standardů vzniklo mnoho, obecně se stále užívá název VGA, nehledě na standard. Standardy jsou navíc zpětně kompatibilní. Například monitor obsahující UXGA je schopný zobrazit všechna rozlišení od VGA až po UXGA.



Obrázek 27 Přehled pinů v konektoru VGA/D-Sub, HD15 (samice) [17]

Pozn.: Samec má identické pořadí pinů, pouze je zrcadlově převrácené. Tedy číslování na každém řádku zleva: 1,2,3,4,5.

Seznam pinů konektoru HD15 (samice)		
1	RED	Červená barva
2	GREEN	Zelená barva
3	BLUE	Modrá barva
4	ID2/RES	dříve Monitor ID bit 2, vyhrazeno od E-DDC
5	GND	uzemnění
6	RED_RTN	Návratový signál červené barvy
7	GREEN_RTN	Návratový signál zelené barvy
8	BLUE_RTN	Návratový signál modré barvy
9	KEY/PWR	dříve key, nyní + 5V DC
10	GND	Uzemnění (VSync, DDC)
11	ID0/RES	dříve Monitor ID bit 0, vyhrazeno od E-DDC
12	ID1/SDA	dříve Monitor ID bit 1, I ² Cdata již od DDC2
13	HSync	Horizontal sync
14	Vsync	Vertical sync
15	ID3/SCL	dříve Monitor ID bit 3, I ² C clock od DDC2

Tabulka 3 Seznam pinů konektoru HD15 (samice) Zdroj: [17]

Název konektoru je HD15, na obrázku se jedná o samce. Tento konektor obsahuje 15 pinů, které jsou rozmístěny do tří řad. Každá řada obsahuje 5 pinů. Prostřední řada pinů je lehce vybočena na jednu stranu, jak je uvedeno na stránkách cablestogo.com [16].

3.7.6 DVI konektor

Celým názvem **Digital Visual Interface**. Dle [18] Rozhraní pro zobrazování obrazu DVI bylo vyvinuto společností DDWG (Digital Display Working Group), která jej uvedla v roce 1999. DVI konektor, nejčastěji DVI – D lze stále nalézt i nejnovějších grafických kartách. Např. grafická karta **MSI GeForce GTX 1050 Ti** má jeden DVI-D konektor osazen.

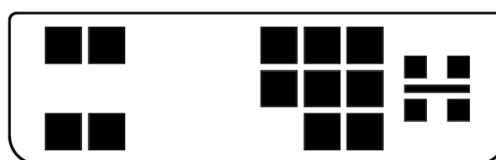


Obrázek 28 DVI-D konektor (digitální) Zdroj: Vlastní zpracování

- DVI – A (Digital Video Interface – Analog)
- DVI – D (Digital Video Interface – Digital)
- DVI – I (Digital Video Interface – Integrated)

3.7.6.1 Typ DVI-A (Analog)

Web components101.com [19] uvádí, že tento typ konektoru nese pouze analogový signál. Sice se jako u CRT konektoru jedná o analogový signál, ale tyto signály se liší. V případě, že by bylo nutné zapojit DVI-A port do CRT monitoru, je třeba použití konvertoru. DVI-A umožňuje maximální **rozlišení 1920 x 1200** při frekvenci **60 Hz**. Na obrázku níže lze vidět rozložení pinů na konektoru DVI – A.



DVI-A

Obrázek 29 DVI-A analogový typ Zdroj: [19]

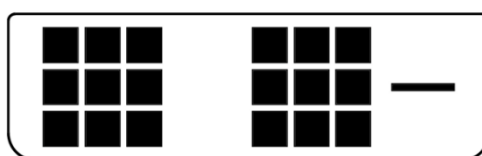
3.7.6.2 Typ DVI-D (Digital)

Tento typ konektoru slouží pro přenos digitálního signálu. Má mnohem více pinů než jeho analogová varianta. Opět platí, že tímto typem konektoru nelze přenášet signál do analogového CRT monitoru bez použití konvertoru signálu [19].

Existují dva typy DVI-D konektoru:

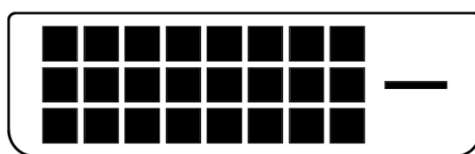
- DVI-D Single Link
- DVI-D Dual Link

Rozdíl spočívá v rozlišení. **Single Link** umožňuje maximální rozlišení **1920x1200** při frekvenci **60 Hz**. **Dual Link** umožňuje rozlišení **2560x1600** při frekvenci taktěž 60 Hz



DVI-D (Single Link)

Obrázek 30 DVI-D Single Link Zdroj: [19]



DVI-D (Dual Link)

Obrázek 31 DVI-D Dual Link Zdroj: [19]

Seznam pinů konektoru DVI	
1	TMDS Data 2-
2	TMDS Data 2+
3	TMDS Data 2/4 štít
4	TMDS Data 4-
5	TMDS Data 4+
6	DDC Clock
7	DDC Data

8	Analog Vertical Sync
9	TMDS Data 1-
10	TMDS Data 1+
11	TMDS Data 1/3 štít
12	TMDS Data 3-
13	TMDS Data 3+
14	+5V napájení
15	uzemnění
16	Hot Plug detekce
17	TMDS Data 0-
18	TMDS Data 0+
19	TMDS Data 0/5 štít
20	TMDS Data 5-
21	TMDS Data 5+
22	TMDS Clock štít
23	TMDS Clock+
24	TMDS Clock-
C1	Analog Red Video Out
C2	Analog Green Video Out
C3	Analog Blue Video Out
C4	Analog Horizontal Sync
C5	Analog Common Ground return

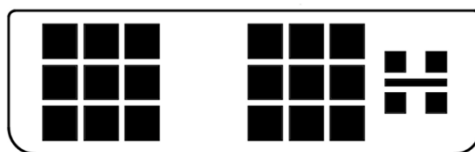
Tabulka 4 Seznam pinů konektoru DVI Zdroj: [19]

3.7.6.3 Typ DVI-I (Integrated)

Slovo **Integrated** v tomto případě znamená **sjednocený**. Dle [19] je možné skrze konektor DVI-I přenášet jak analogový, tak digitální signál. Uživatel musí zvolit, který typ koncového monitoru je na druhém konci konektoru. Nelze však přenášet oba typy signálu najednou. Existují dva typy DVI-I konektoru:

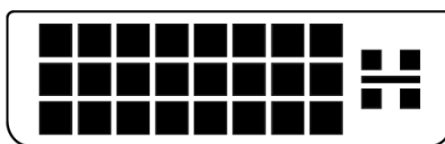
- DVI-I Single Link
- DVI-I Dual Link

Rozdíl opět spočívá v rozlišení. **Single Link** umožňuje maximální rozlišení **1920x1200** při frekvenci **60 Hz**. **Dual Link** umožňuje rozlišení **2560x1600** při frekvenci taktěž 60 Hz



DVI-I (Single Link)

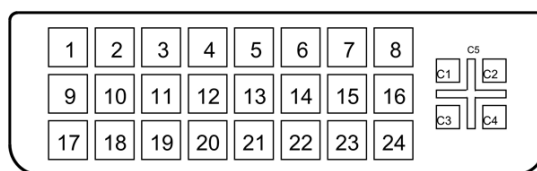
Obrázek 32 DVI-I Single Link Zdroj: [19]



DVI-I (Dual Link)

Obrázek 33 DVI-I Dual Link Zdroj: [19]

Pro lepší pochopení a vizualizaci je důležité znát číslování jednotlivých pinů v konektoru. Viz. následující obrázek.



FEMALE DVI-I SOCKET from the front

Obrázek 34 DVI konektor, číslování pinů Zdroj: [19]

3.7.7 DisplayPort konektor

IT slovník definuje DisplayPort [21], jako rozhraní určené pro digitální displeje. Vyvinuto bylo standardizační společností **Video Electronics Standards Association (VESA)**. Slouží jako vysoce výkonná náhrada za konektory **3.7.5. Virtual Graphics Array (VGA)** a **3.7.6 Digital Visual Interface (DVI)**.

Dle dokumentace VESA [20] se jedná o rozhraní nové generace, v plánu je vyřadit v několika dalších letech z používání rozhraní VGA a DVI. DisplayPort má sloužit především jako nové rozhraní pro počítače a projektoři. Výhodou oproti stávajícím možnostem propojení zobrazovací techniky je lepší rozhraní, dokumentace uvádí

4000x2000 při 60 snímcích za vteřinu a 24bpp. Lze dosáhnout barevné hloubky až 48 bpp i při rozlišení 2560x1600 a 60 snímcích za vteřinu.

Benefity pro průmysl

VESA u tohoto rozhraní zaručuje rozšiřitelnost v budoucnu. Skrze DisplayPort rozhraní je možné přenášet doplňující data. Jednodušší integrace do čipů a jednodušší fyzické rozhraní zaručuje nižší spotřebu elektřiny a nižší cenu systému. Rozhraní také umožňuje škálovatelnost skrze různorodá zařízení, displeje a kabely. DisplayPort využívá paketizovaný přenos dat. Může přenášet video a audio signál stejným způsobem, a to buď jednotlivě, nebo současně. (**viz. kapitola 3.7.8 HDMI konektor**). Rozhraní navíc dokáže přímo ovládat displej, čímž eliminuje potřebu pomocného ovládacího hardwaru.

Mnoho výrobců notebooků, televizí a grafických karet používá DisplayPort na jejich produkty. Např. některé notebooky firmy Hewlett Packard (HP) obsahují **pouze** DisplayPort jakožto jediný video vstup.

Verze DisplayPortu

Jednotlivé verze přehledně popisuje přímo VESA [56] na svém webu.

První verze 1.0 byla schválena korporací VESA v roce 2006. Konektor této verze je schopný přenést **10.8 Gbit/s**.

U verze 1.2 dochází ke zdvojnásobení přenosové rychlosti až 21.6 Gbit/s. Přibývá možnost napájení skrze DisplayPort (až 1.5 W). V DisplayPortu se nachází také aux kabel, který umožňuje obousměrnou komunikaci rychlostí až 1 Mbit/s. **Podpora pro připojení více displejů současně.**

Další verze 1.4 podporuje monitory s rozlišením 5K. Celkově lze přenášet až **32.4 Gbit/s**. Verze 1.4 obsahuje také podporu pro HDMI 2.0 a CEC technologii.

Aktuálně je nejvyšší verze 2.0 Dochází opět ke zlepšení přenosové rychlosti až **77,37 Gbit/s**. Jedná se o první standard, který podporuje rozlišení 8K při 60Hz frekvenci. Při dodržení určitého nastavení lze dosáhnout i 10K rozlišení.

3.7.8 HDMI konektor

Technologie HDMI neboli **High Definition Media Interface**, jak uvádí [26], byla uvedena v prosinci roku 2002. Poslední vydanou specifikací je verze 2.1 uvedena

v říjnu roku 2017. Vývoj tohoto zařízení stále pokračuje a aktuálně je na světě téměř 8 miliard registrovaných zařízení, která podporují HDMI technologii.



Obrázek 35 HDMI konektor foto Zdroj: Vlastní zpracování

Typy HDMI

Jak je uvedeno na následujícím obrázku, kabely se dělí nejen podle verzí, ale také podle velikosti a typu užití. S technologií HDMI se lze setkat v několika variantách, buď se nazývá dle názvů následujících kapitol, nebo se označuje alternativním názvem podle písmen **A až E**.

Typ A je nejčastěji užívaným typem zejména v televizorech a počítačích. Existuje od prvního uvedení technologie HDMI.

Typ B nebo také Dual Link HDMI se liší třemi vodiči navíc. Jak je uvedeno na obrázku 36, tento typ se v žádných produktech nepoužívá.

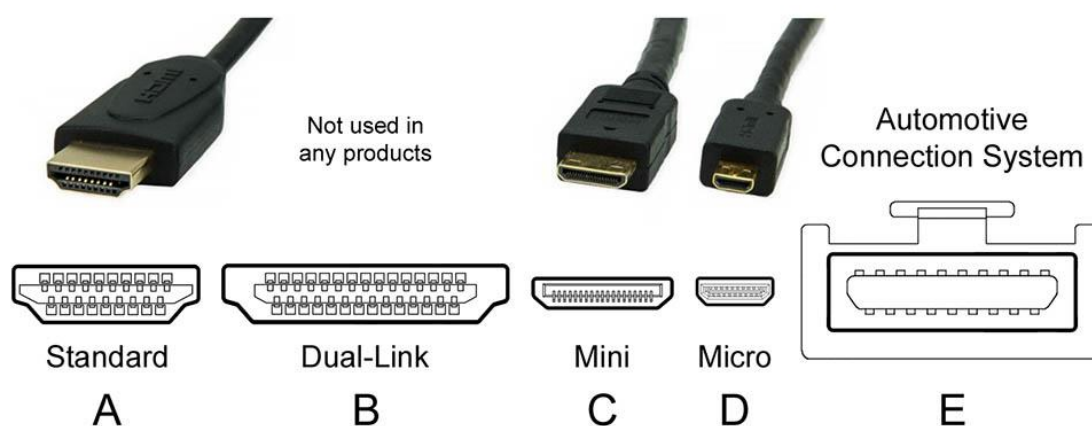
Caito ve svém článku [24] uvádí, že nejčastěji **typ C** neboli **Mini HDMI** lze nalézt na tabletech, DSLR kamerách, případně na kamerách s vysokým rozlišením. Video a audio u této verze dosahuje stejné kvality jako jeho standardní verze.

Caito ve svém článku [24] popisuje také **typ D (Micro HDMI)**, který byl vytvořen pro menší přenosná zařízení jako jsou chytré telefony, tablety, Jsou použity ty samé principy, jako u standard a mini verze.

Navíc existují verze kabelu s odlišnými konektory, takže je možné s mobilním telefonem připojit obraz přímo do televize bez použití redukce. Toto řešení se dnes

často využívá pro manažery, kteří mají možnost prezentovat obsah na plátno přímo z telefonu.

Typ E (Automotive Connection System HDMI) je vytvořen speciálně pro užití přímo v automotive průmyslu, dle [25] vytvořen k distribuci a přenosu signálu vysoce kvalitního obrazu v automobilových zapouzdřených systémech. Automotive Connection System HDMI se liší zejména vyšší odolností vůči přehřívání, rušení signálu a otřesům. Automobily vybavené tímto typem HDMI jsou samozřejmě kompatibilní se všemi ostatními typy.



Obrázek 36 Vzhled jednotlivých typů konektoru HDMI. Zdroj:[27]

Verze HDMI

První verze 1.0 byla uvedena v prosinci roku 2002. Dle [27] kabel kombinuje schopnost přenášet audio a video signál současně. Technicky vychází z rozhraní DVI. Definovány jsou konektory typu A, tedy standard, a typu B tedy Dual-Link.

Verze 1.1 vyšla v roce 2004. První vylepšení přináší podporu pro DVD audio.

S další specifikací vyšla **verze 1.2** v roce 2005 přišla podpora pro jednobitový audio formát, který využívá např. Super Audio CD DSD (Direct Stream Digital). Rozhraní podporuje jak RGB, tak YCbCr barevný model, jak je uvedeno v [28]. Dále se zde uvádí, že verze 1.2 implementuje komunikační protokol CEC, celým názvem Consumer Electronics Control.

Jak uvádí Block [29], CEC umožňuje u zařízení s technologií HDMI zasílat a přijímat skrze rozhraní řídicí signály. Standardně se tento protokol využívá k vypnutí a

zapnutí monitoru. Například pokud se zapne počítač, zapne se souběžně monitor bez jakékoliv interakce s uživatelem.

Verze 1.3 v roce 2006 poprvé přináší zrychlení přenosu dat, aby HDMI drželo krok s budoucími zařízeními, zejména kvůli vysokému rozlišení, vyšší barevné hloubce a vyšší FPS jak uvádí [28]. Vzhledem k tomu, že elektronická zařízení používají stále komplexnější digitální signál pro zvýšení jasnosti a detailu obsahu, tak bylo najednou obtížné synchronizovat audio a video a řešení mohlo teoreticky vést ke komplexním úpravám u koncového uživatele. Avšak HDMI 1.3 začleňuje možnost automatické audio synchronizace, která umožňuje těmto zařízením synchronizovat zvuk s obrazem se absolutní přesností.

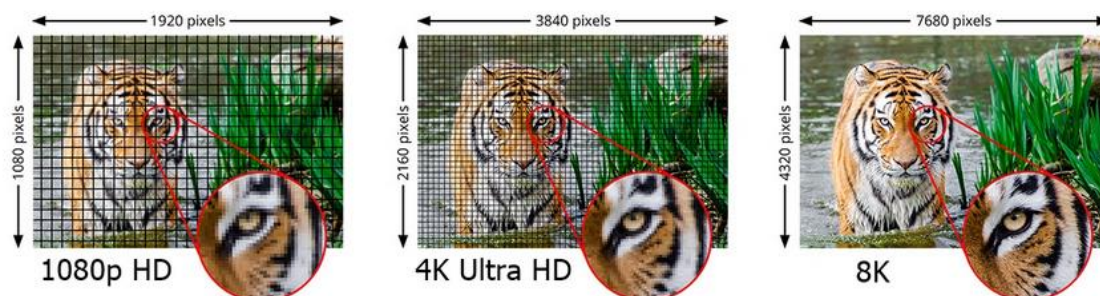
Mezi důležitou novinku patří konektor typu C – Mini HDMI.

Verze 1.4 uvedena v roce 2009, je známá především tím, že vnesla do technologie HDMI Ethernet kanál. Jak zmiňuje [28], zařízení připojená tímto rozhraním mají nyní možnost odesílat a přijímat data skrze 100 Mb/s ethernet, což činí tato zařízení připravená pro aplikace založené na IP. Dle [27] specifikace obsahuje rozšíření podpory barev sYCC601, Adobe®RGB a Adobe®YCC601. Specifikace zavádí konektory typu D – Micro HDMI a typu E – Automotive Connection System“ Specifikace verze 1.4 definuje běžné 3D formáty a rozlišení kvůli hrám a aplikacích ve 3D. Ve specifikaci nově přibývá podpora 4K rozlišení, které je v podstatě čtyřnásobně výkonnější než 1080p kvalita. Avšak 4K rozlišení má stále ještě technická omezení, vzhledem k rozlišení a FPS, jak vyplývá z následující tabulky.

Verze 2.0, vydaná 4. září 2013 je taktéž některými výrobci nazývána HDMI UHD (Ultra High-Definition). Díky zvýšení maximálního možného počtu TMDS na propustnost kanálu bylo možné zvýšit TMDS z 3.4 Gbit/s až na 6 Gbit/s. Tedy v celkovém součtu umožňuje dosáhnout rychlosti až 18 Gbit/s, což umožňuje rozhraní nést rozlišení **4K** při 60 FPS a jak doplňuje článek [27], toto rozlišení je možné zachovat s 24 bitovou barevnou hloubkou. Specifikace také obsahuje další vylepšení pro CEC, podpora pro HDR (High Dynamic Range) video se statickými metadaty. Také rozšíření o další formáty obrazu a zvuku včetně vylepšení pro 3D.

Verze 2.1 vydaná roku 2017 nově umožňuje podporu UHD až 10K při 120Hz a s 24 bitovou barevnou hloubkou. Dále jak uvádí [27] „dynamické HDR pro určení HDR metadat, vylepšené funkce obnovovací frekvence, např. variabilní obnovovací

frekvence VRR), nové funkce, jako například Dynamic HDR, VRR, QMS, QFT, ALLmM a eARC, datový tok až 48Gbit/s“, což potvrzuje také oficiální specifikace z oficiálních stránek www.hdmi.org [30]. Oficiální specifikace také uvádí obrázek jako příklad pro porovnání jednotlivých rozlišení.



Obrázek 37 Ukázka rozdílného rozlišení na obrázku Zdroj:[30]

Rozdíly možností zobrazení videa a jeho rozlišení pro různé verze HDMI								
Ozn.	Rozlišení	obnov. frekv.	Transportní dat. Tok (Gbit/s)	1.0-1.1 3.96 Gbit/s	1.2-1.2a 3.96 Gbit/s	1.3-1.4b 8.16 Gbit/s	2.0-2.0b 14.4 Gbit/s	2.1 42.6 Gbit/s
720p	1280 x 720	30	0.72	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
		60	1.45	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
		120	2.99	Ne	Ano	Ano	Ano	Ano
1080p	1920 x 1080	30	1.58	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
		60	3.20	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
		120	6.59	Ne	Ne	Ano	Ano	Ano
		144	8.00	Ne	Ne	Ano	Ano	Ano
		240	14.00	Ne	Ne	Ano	Ano	Ano
1440p	2560 x 1440	30	2.78	Ne	Ano	Ano	Ano	Ano
		60	5.63	Ne	Ne	Ano	Ano	Ano
		75	7.09	Ne	Ne	Ano	Ano	Ano
		120	11.59	Ne	Ne	Ne	Ano	Ano
		144	14.08	Ne	Ne	Ne	Ano	Ano
		240	24.62	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano
4K	3840 x 2160	30	6.18	Ne	Ne	Ano	Ano	Ano
		60	12.54	Ne	Ne	Ne	Ano	Ano
		75	15.79	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano
		120	25.85	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano
		144	31.35	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano
		240	54.84	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano
5K		30	10.94	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano

	5120 x 2880	60	22.18	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano
		120	45.66	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano
8K	7680 x 4320	30	24.48	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano
		60	49.65	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano
		120	102.20	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano

Tabulka 5 Rozdíly možností zobrazení HDMI rozhraní Zdroj: [27]

4 Přehled a porovnání zobrazovacích technologií

V této části jsou shrnuty výhody a nevýhody konkrétních zobrazovacích technologií. Vzhledem k tomu, že zpravidla je nová technologie vždy lepší než ta starší, je třeba uvážit kritéria porovnávání. Bylo by poměrně nespravedlivé porovnávat CRT typ delta s nejnovějším modelem OLED technologie. Proto je nutno kategorizovat zařízení do určitých skupin, ve kterých bude porovnání přínosné.

Podobně jsou na tom také rozhraní. Např. porovnávat s-video kabel spolu s novým HDMI neznamena žádný přínos. Fakta zmíněná v této části vyplývají především z předchozích kapitol.

4.1 Výhody a nevýhody zobrazovacích technologií

4.1.1 CRT technologie

Nejstarší typ zobrazovací techniky, dělí se na tři typy **delta, in-line a trinitron**. Tato technologie je limitována fyzikálními vlastnostmi luminoforu a principem obnovování obrazu. Navíc nevýhody jako **energetická náročnost, velké rozměry** a váha celého monitoru již dlouhou dobu nesplňují očekávání zákazníků. Ze zdroje [53] vyplývá, že v době nástupu LCD technologie byla v mnoha ohledech stále lepší variantou CRT technologie, zejména kvůli nižší ceně. Navíc parametry obou technologií byly z počátku poměrně vyrovnané.

4.1.2 LCD technologie

Technologie je založena na **principu tekutých krystalů**, přičemž bylo možné provádět mnoho jejich inovací. Jednou z nich je např. nahrazení podsvícení pomocí CCFL trubice. Nahrazeno bylo **sítí LED diod**, což snížilo energetickou spotřebu těchto displejů. Dále došlo ke vzniku **TFT LCD (viz. kapitola 3.3.5)** neboli aktivního

displeje, u kterého se barevné složky pixelu ovládají jednotlivě tranzistory. Toto řešení zlepšuje ostrost a obnovovací frekvenci obrazu. **Pozorovací úhly** jsou stále zdokonalovány a poskytují stále větší rozsah úhlů se zachovanou ostrostití barev. Oproti CRT mají LCD displeje několikrát **menší rozměry**. LCD displeje už se vyvíjí dlouhou dobu a jejich možnosti začínají být vyčerpány.

4.1.3 Plazmová technologie

Plazmové displeje fungují na jiném principu, než byl doposud známý, Princip zobrazení je poměrně složitý (**viz. kapitola 3.4.2**). Mezi nespornou výhodou této technologie, jak uvádí Kabát [51] lze považovat především to, že **jednotlivé body obrazu emitují světlo**, odpadá tak nutnost podsvícení displeje. Navíc tím, že jednotlivé body emitují světlo, vznikají tak **pozorovací úhly 160 až 170°**. Plazmové displeje jsou stále nevhodné pro použití s počítači, protože rozteč jednotlivých bodů není menší než 0,3mm, jsou plazmové displeje vhodné spíše jako televizory nebo jako displeje pro prezentační účely. Levnější plazmové displeje se často potýkají s horším kontrastem. To je zaviněno, jak dále popisuje Kabát [51] samotným principem plazmové televize. Zobrazovací elektrody jsou totiž stále udržovány pod napětím těsně pod prahovou hodnotou napětí, která je potřebná k vytvoření ionizace. Toto řešení se užívá zejména kvůli rychlejší odezvě. Toto řešení má jeden negativní vliv, k minimální ionizaci dochází i v podprahové úrovni napětí, tudíž i v neaktivním bodu obrazu vzniká světlo a displej **nedokáže zobrazit tak dobře tmavé odstíny barev**.

Postupem času se tyto negativní vlastnosti zmírňují. Např. na konci 90. let společnost **Fujitsu zlepšila kontrast ze 70:1 až na 500:1**.

4.1.4 OLED technologie

Technologie založena na novém principu organické diody. Diody zastupující jednotlivé pixely emitují světlo bez podsvícení, jako je tomu u plazmové technologie. Touto problematikou se zabývá Krompolc [52]. Je zde možnost ovládat svítivost každého bodu obrazu individuálně, čímž lze docílit vyššího kontrastu displeje. Pokud je tedy potřeba zobrazit černou barvu, pixel zkrátka není zapnutý. OLED displeje jsou tak tenké, flexibilní a nepřehřívají se.

Vzhledem k tomu, že se jedná o poměrně nerozvinutý princip zobrazovací technologie, je zde i mnoho nedostatků, které však mohou postupem času být odladěny. Mezi ně patří např. tzv. **vypalování**. Jedná se totiž o diody organické, tudíž časem podléhají degradaci. To zahrnuje vypálení oblastí displeje, změnu barev, Zpravidla se děje o části displeje, které zobrazují statický nebo zřídka měněný obsah, jako např. notifikační lišty, navigační tlačítka apod.

Spotřeba je vyšší zejména v bílých scénách, naopak při černých a tmavých scénách je spotřeba logicky nižší, protože se napájí méně pixelů. Záleží zkrátka na prostředí, které displeje zobrazují. Avšak např. při surfování na webu, kde je světlé pozadí poměrně běžné, spotřeba velmi rychle vzroste. Vysoká spotřeba je podobně jako vypalování problém, který se řeší a zlepšuje, a to nejen ze strany výrobců OLED displejů, ale vývojářů obecně, kteří čím dál častěji umožňují volit tmavý vzhled aplikací a stránek.

4.2 Porovnání typů dotykových displejů

Dotykové displeje přímo nesouvisí se zobrazovacími technologiemi, jedná se spíše o takovou nadstavbu, která spojuje např. LCD nebo OLED technologii s dotykovou technologií.

Nyní ke krátké rekapitulaci **kapitoly 3.6.2**. Existují celkem pět způsobů, jak lze vyrobit dotykový displej. První dva způsoby popisuje Škopek [43] ve svém článku.

- Rezistivní (odporové) displeje
- Kapacitní displeje
- Projekční kapacitní displeje
- SAW displeje
- Infrared displeje

Jako první se prosadila technologie rezistivní. Jako výhodu lze brát fakt, že displeje se lze dotýkat čímkoliv. Ať už se dotýká obrazovky cokoliv, je však nutno vyvinout určitý tlak, aby došlo ke snímání stlačeného bodu.

Rezistivní technologii v současné době nahrazuje princip kapacitního displeje. Tento způsob využívá přirozené vodivosti lidského těla, tudíž není třeba vyvíjet téměř žádný tlak, stačí pouze dotek obrazovky. Na rozdíl od metody rezistivního

displeje není možné dotýkat se jakýmkoliv předmětem. Musí se jednat o část lidského těla, nebo nějaký vodivý materiál, nejčastěji v podobě pera. Jak zmiňuje Vejtasa [44], firma Sony u jednoho ze svých telefonů použila metodu Projekčního kapacitního displeje. Tato metoda spočívala v úpravě metody kapacitního displeje. Pole, které snímá prst u kapacitního displeje je zde silnější, tudíž lze ovládat displej **bez doteku**. Tato metoda však nese jednu obrovskou nevýhodu. Pokud se prst nedotýká, nelze využívat **multi-touch gesta** více prsty, protože bez doteku je nelze zmapovat. Sony tuto metodu aplikovala do svého telefonu jako užití obou metod. Displej telefonu tedy lze ovládat bez doteku, ale pouze jedním prstem. Pokud je nutné provést gesto více prsty, musí se prsty dotýkat monitoru.

Mezi nejnovější principy patří SAW a Infrared displeje [57]. SAW displeje pracují na principu sítě ultrazvukových vln. Vysílače těchto vln jsou rozmístěny po obvodu, takže dodatečná vrstva jen minimálně ovlivňuje čistotu obrazu. Podobně jako u kapacitních displejů i zde je nutné dotýkat se pouze prstem, stylusem nebo speciální rukavicí. Displeje jsou poměrně nepřesné pro psaní nebo malování.

Infrared displeje fungují na principu sítě tvořené infračervenými paprsky. Pokud jsou paprsky přerušeny, snímače registrují dotykový bod. Vzhledem k tomu, že jsou paprsky umístěny poměrně vysoko, může docházet k rušení okolním světlem. Dotknout se displeje lze téměř čímkoliv, což je v podstatě také nevýhodou, protože přírodní vlivy, nečistoty a nechtěné dotyky mohou vést k aktivaci doteku. Technologie je navíc poměrně drahá.

4.3 Výhody a nevýhody rozhraní pro přenos obrazu

V této kapitole jde o shrnutí výhod a nevýhod jednotlivých rozhraní, které jsou uvedeny v **kapitole 3.7.5 až 3.7.9**.

4.3.1 VGA

Pouze analogové rozhraní, dnes již nedostačující kvality. Díky D/A převodníku jej lze sice stále využít u digitálních displejů, ale nelze dosáhnout vysokého rozlišení, které je nyní vyžadováno. Jak vyplývá z tabulky č. 2, pomocí **Wide Hex Ultra Extended Graphics Array (WHUXGA)** lze dosáhnout rozlišení až **7680 x 4800**.

4.3.2 DVI

Existují mnohé varianty DVI rozhraní, které umožňují komunikovat pomocí buď čistě analogového (DVI-A) nebo digitálního konektoru (DVI-D). Existuje také jejich kombinovaná varianta, u které je na výběr, zda se použije analogový nebo digitální signál (DVI-I). **Pomocí Single-Link lze dosáhnout maximálního rozlišení 1920 x 1200 při frekvenci 60 Hz.**

4.3.3 DisplayPort

DisplayPort se dělí na několik verzí, které jsou popsány v **kapitole 3.7.7**. Nejnovější verze umožňuje přenosovou rychlost až **77,36 Gbit/s**. Od verze 1.2 lze pomocí jednoho DisplayPortu připojit vícero obrazovek, jak již bylo uvedeno dříve. Jak uvádí VESA [56], nejnovější verze 2.0 zlepšuje funkce pro VR displeje, což zahrnuje také podporu 4K rozlišení.

4.3.4 HDMI

Rozhraní HDMI je popsáno v **kapitole 3.7.8**. Dělí se nejen na verze rozhraní, ale také na typy. Jedním z typů je např. konektor pro automobilní průmysl (také uváděn jako typ E), který je upraven proti nepříznivým vlivům, které v automobilu mohou nastat. Zejména je u kabelu typu E zvýšená odolnost vůči přehřívání, rušení a otřesům. Nejnovější verze 2.1 podporuje rozlišení **10K při frekvenci 120Hz a barevné hloubce 24 bitů**. Skrze HDMI rozhraní lze posílat nejen obraz, ale také zvuk a ethernet signál.

4.4 Porovnání VGA, DVI rozhraní

Přestože jsou oba typy rozhraní spíše na ústupu, stále je běžné se alespoň s jedním z nich setkat na grafických kartách, počítačových monitorech a chytrých televizorech. Stále může také nastat situace, kdy uživatel řeší, jaké rozhraní upřednostnit. Roli hraje několik faktů a nelze obecně říct, které rozhraní bude v danou chvíli lepší.

Je třeba dát si pozor na následující faktory, které volbu ovlivní:

- Typ monitoru
- Typ grafické karty
- Přítomnost daného rozhraní
- Velikost displeje

Pokud se jedná o analogový typ monitoru, je třeba volit mezi VGA, DVI-A, DVI-I. Pokud se ale jedná o digitální typ monitoru, lze uvažovat pouze nad VGA nebo DVI-D. VGA samozřejmě lze použít i pro digitální monitor, ale monitor musí převést signál analogový na digitální, čímž obraz ztrácí na kvalitě.

Grafické karty mají určitá omezení, zejména pokud se jedná o grafické karty, které jsou integrované. Je tedy třeba brát ohled na maximální rozlišení grafické karty.

Jestliže je velikost displeje malá (např. 1024x768), tak není nutné rozmýšlet se, které rozhraní využít, protože toto rozlišení obslouží oba typy rozhraní. Dalším rozhodujícím faktorem je, zda se vůbec dané rozhraní na zařízení nachází.

4.5 Porovnání DisplayPort, HDMI rozhraní

Rozhraní HDMI v nejnovější verzi 2.1 podporuje rozlišení 10K při rozlišení 120Hz. HDMI navíc dokáže přenášet zvuk a ethernet. Jak zmiňuje Gordon [55], DisplayPort s verzí 1.4 podporuje rozlišení až 8K při 60Hz a funkci HDR. Podle stránek korporace VESA [56] ani nejnovější DisplayPort 2.0 nepodporuje rozlišení 10K. Sice to oproti možnostem a rozlišení HDMI vypadá jako horší varianta, avšak DisplayPort obsahuje mnoho jiných výhod. Jednou z nich je např. možnost propojit více monitorů pomocí jednoho rozhraní. Navíc lze DisplayPort připojit skrze USB-C na laptotech.

Schopnosti těchto rozhraní jsou poměrně vyrovnané. Jak uvádí Gordon [55], ve finále nejvíce záleží na daném zařízení a jeho vlastnostech, protože i ten nejnovější počítačový monitor nemusí stále obsahovat nejvyšší verzi HDMI 2.1, tudíž je nutné zvážit, se kterým kabelem dosáhne uživatel lepšího rozlišení.

4.6 Přehled aktuálních výrobců zobrazovacích zařízení

Mezi nejpočetnější skupinu zobrazovacích zařízení patří počítačové monitory, notebooky, televize a mobilní telefony. Společnosti dále uvedené často zasahují do více segmentů, zejména Samsung a Apple je vzorovým příkladem toho, že od stejné značky lze použít mnoho zařízení, která disponují nějakou zobrazovací technologií. Koláček [58] zmiňuje nejznámější výrobce širokoúhlých LCD monitorů, jimiž jsou **Acer, Apple, Asus, BenQ, Dell, EIZO, Fujitsu, Siemens, Hewlett-Packard, Hyundai, Lenovo, LG, Electronics, NEC, Neovo, Philips, Prestigio, MSI, Samsung a ViewSonic.**

Jedná se sice o seznam výrobců LCD, ale je stále platný. Většina těchto značek (např. Dell) zlepšují svou viditelnost na trhu a přichází s mnohem kvalitnějšími zařízeními. Výše zmíněných výrobců je mnoho, proto bude zmíněno několik nejvýznamnějších.

4.6.1 Samsung

Korejská společnost Samsung byla založena roku 1938, jak píše Doseděl [59]. Založil jej Byung-Chuli Lee, těsně před propuknutím druhé světové války. Společnost, v minulosti vyráběla nudle, ale v současnosti výrobou technologií dokáže vyprodukovat čistý zisk přes 318 miliard korun českých ročně. Společnost je známá mnoha aplikovanými trendy. Jedním z nich byl telefon ve tvaru „V“, blíže k současnosti technologie Vertical Alignment (**kapitola 3.3.6.3**) nebo Plane To Line Switching (**kapitola 3.3.6.5**). Aktuálně už lze zakoupit OLED monitor značky Samsung.

4.6.2 Apple

Společnost Apple byla založena roku 1976, zakladatelé jsou Steven Paul Jobs, Stephen Wozniak a Ronald Wayne. Počátky této společnosti se datují k prvnímu vyrobenému počítači Apple I. Nyní Apple tvoří celou paletu zařízení. Mezi nejznámější patří řady iPhone, MacBook, iPad apod. V roce 2011 Apple představil poslední Thunderbolt monitor [60] a mnoho let poté nevyšla jeho aktualizace. Apple pouze přislíbil návrat k těmto stolním monitorům, pro profesionální účely [60]. Tento slib byl dodržen a nyní lze zakoupit **Apple Pro Display XDR Nano-texture**

Glass, jehož cena se nyní pohybuje okolo 160 000 korun českých. Společnost Apple zatím neoznámila, zda bude užívat v budoucích zařízeních OLED technologii.

4.6.3 Lenovo

Lenovo Group Unlimited je nadnárodní firma sídlící v Hongkongu [61]. Společnost dříve vystupovala pod názvem Legend, tento název se později změnil na Lenovo Novo, avšak po odkoupení počítačové divize IBM začala vystupovat pod názvem Lenovo, a pod tímto zkráceným názvem od roku 2005 také prodává své produkty. Pravděpodobně nejznámější řadou je řada **ThinkPad**, která si stále drží své vlastnosti výkonného pracovního notebooku s černým hranatým vzhledem. Další známou řadou je masově vyráběná řada **IdeaPad**, která naopak nachází spíše domácí využití. Společnost také vytváří telefony a tablety. Vyrábí také tablet LePad a chytrý telefon LePhone, který je distribuován pouze v Číně. Lenovo samozřejmě vyrábí také výkonné řady herních notebooků, které jsou často osazeny displejem s technologií IPS.

4.6.4 Asus

Celým názvem ASUSTeK Computer Incorporated je mezinárodní výrobce spotřební elektroniky [62]. Asus vytváří zejména základní desky, monitory, tablety, mobilní telefony nebo servery. Také vyrábí mnoho komponent pro firmy jako je Dell, Hewlett-Packard nebo Apple.

Tato společnost má v současné době pevné místo na trhu. K roku 2009 bylo téměř 30 % počítačových sestav osazeno základní deskou značky Asus, Na monitorech značky Asus lze často nalézt technologii IPS. K roku 2012 byl např. tablet Eee Pad Transformer generace Prime vyhodnocen jako nejlepší zařízení tohoto typu s operačním systémem Android.

5 Shrnutí výsledků

Cílem této bakalářské práce bylo především poskytnout čtenáři přehled historického vývoje zobrazovacích zařízení různých typů, dále poskytnout přehled o historii, možnostech a způsobech poskytování obrazu skrze rozhraní. Dalším cílem bylo rozebrání problematiky dotykových obrazovek a provedení porovnání mezi existujícími typy. Součástí práce bylo také poskytnout přehled současných výrobců zobrazovacích zařízení a přehled trendů zobrazovacích zařízení.

Na začátek bylo vysvětleno několik základních charakteristik, podle kterých se posuzují a vybírají zobrazovací zařízení.

V další části jsou popsány historicky nejvýznamnější zobrazovací technologie, jako jsou CRT, LCD a plazmové displeje, stejně tak i nové technologie, jako je OLED. Každá ze zmíněných zobrazovacích technologií je rozebrána z hlediska historie, základního principu a fyzikálního jevu, na kterém se zakládá, a individuální informace o tom, jaké typy dané technologie existují, případně k jakému zlepšení postupně došlo.

Dle historie zobrazovacích technologií téměř vždy platí, že daná technologie existuje mnoho let pouze jako teorie, později se začne vyrábět a zpětně se daná technologie začne zdokonalovat. Příkladem je např. LCD, u kterého došlo za desítky let vývoje k mnoha vylepšením. Jednalo se např. o zlepšení pozorovacích úhlů, úspornější LED podsvícení apod.

Zobrazovací technologie mají často zabudované minimálně jedno rozhraní, skrze které lze poskytovat obraz. Z historického hlediska bylo nutné zmínit i rozhraní, která se primárně využívala především u televizí. V kapitole o porovnání a přehledech už však tato historická rozhraní zahrnutá nejsou. Porovnávat totiž nejstarší rozhraní s těmi nejnovějšími nepřináší žádnou přidanou hodnotu.

Podařilo se také porovnat všechny existující typy dotykových displejů. V současné chvíli je nejužívanějším typem kapacitní dotykový displej. Na druhou stranu je možné, že tento typ bude v budoucnu nahrazen jiným. To záleží především na vývoji ostatních typů dotykových displejů, zejména SAW a Infrared.

6 Závěry a doporučení

Kapitola 3.1 Základní charakteristiky definuje několik pojmů, které jsou napříč touto prací často užívané, a porozumění těmto charakteristikám je důležité pro pochopení smyslu práce.

Kapitola Zobrazovací technologie a rozhraní komplexně rozebírá jednotlivé zobrazovací technologie. Každá technologie je popsána z hlediska historie, základního principu, rozdělení a vývoje. Některé technologie jsou tak složité, že bylo třeba vysvětlit i dané fyzikální jevy, kterých se při jejich provozu využívá. Téměř každá zmíněná zobrazovací technologie v této práci je v podstatě založena na jiném fyzikálním principu. Kapitola o technologii CRT bohužel přináší nic nového. Tato technologie je zkrátka vyčerpaná, princip všech tří typů je však důkladně popsán.

V kapitole o LCD technologii bylo důležité zahrnout všechny trendy a způsoby, kterými se tato technologie udržovala a vylepšovala až do dnešní podoby. Díky trendům, jako je aktivní matice, podsvícení displeje pomocí LED a metodám, které vylepšují pozorovací úhly je dnes technologie LCD velmi kvalitní technologií.

Plazmové displeje tvoří další část této práce. Tato technologie není ani zdaleka na ústupu a stále nachází hojně uplatnění např. jako televizor nebo prezentační obrazovka.

V práci je zmíněno mnoho novějších technologií a trendů, ke kterým bohužel stále není mnoho informací. Např. nejnovější varianta IPS technologie od Samsungu nebo inovace OLED displeje. Do budoucna se jistě vyplatí sledovat technologii OLED, protože vzhledem k tomu, jak krátce je tato technologie na trhu, je její vývoj stále otevřen a zaručeně vznikne mnoho nových inovací, které vyřeší současné nedostatky, jako např. vypalování a výdrž diod. Technologii OLED lze rozdělit do mnoha typů a je jen otázkou času, kdy se např. setkáme s technologií ohebného displeje OLED v praxi, např. u chytrých brýlí nebo jako součást helmy.

Dalším poměrně novým trendem jsou dotykové displeje, které umožňují ovládat dění na displeji velmi intuitivním způsobem. Zmíněno je všech pět způsobů, jakým lze efektivně v současné době vyrobit dotykový displej. Poslední dva zmíněné typy dotykových displejů SAW a Infrared patří v současné době mezi ty méně probádané.

Zařízení typu SAW a Infrared se sice vyrábí, ale zdaleka nepatří mezi rozšířené formy dotykového displeje. Lze však předpokládat, že v dalších letech se tyto typy vylepší a výrobci zmírní negativa, která v současné době tyto displeje mají.

Kabely a rozhraní pro přenos obrazu zmíněné v kapitole 3.7 tvoří taktéž důležitou součást této práce. Kapitola zmiňuje velké množství především současně využívaných rozhraní. Nechybí však ani starší typy rozhraní, které dnes patří mezi historické.

Současné nejužívanější rozhraní jako jsou HDMI a DisplayPort se neustále zdokonalují a zlepšují tak kvalitu zpracování obrazu ve virtuální realitě. K napodobení reality jsou totiž zapotřebí přenosy velkého množství dat, a pokud má někdy virtuální realita dosahovat alespoň zlomku kvality reality skutečné, tak za pomoci HDMI nebo DisplayPort.

V kapitole 4 lze získat přehled o kapitole 3, provádí se zde přehledy a porovnání jednotlivých technologií a rozhraní. Šlo zde především o rekapitulaci výhod a nevýhod zobrazovacích technologií a rozhraní pro přenos obrazu. Dále se tato kapitola zabývá porovnáním VGA a DVI, DisplayPort a HDMI. Tato porovnání jsou zvolena především proto, že se s nimi lze stále setkat v praxi, takže tudíž tato porovnání mají smysl. Na závěr kapitoly 4 je zmíněno několik výrobců, kteří v současné době vyrábí monitory, televize nebo jakákoliv zařízení, která obsahují displej.

7 Seznam použité literatury

- [1] Příspěvatelé Wikipedie, Luminofor [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2017, Datum poslední revize 3. 02. 2017, 15:40 UTC, [citováno 18. 01. 2020]
- [2] REICHL, Jaroslav. Barevná televize, Encyklopedie Fyziky [online]. [cit. 2019-06-18]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/519-barevna-televize>
- [3] REICHL, Jaroslav. Typ delta. Encyklopedie Fyziky [online]. [cit.2019-06-18]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1307-typ-delta>.
- [4] REICHL, Jaroslav. Typ in line. Encyklopedie Fyziky [online]. [cit.2019-06-18]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1308-typ-in-line>
- [5] REICHL, Jaroslav. Typ trinitron. Encyklopedie Fyziky [online]. [cit.2019-06-18]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1309-typ-trinitron>
- [6] IN ONE LESSON, youtube.com[online]. Video – See how LCD pixels work, [cit. 17. 12. 2014]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=0B79dGR19Tg>
- [7] Příspěvatelé Wikipedie, S-Video [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, 2019, Datum poslední revize 8. 05. 2019, 06:12 UTC, [citováno 25. 01. 2020] <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=S-Video&oldid=17220708>
- [8] KONVALINA, Jan. LCD a jejich technologie 1 - jak to funguje [online]. 17. 4. 2013[cit.2019-08-28]. Dostupné z <https://notebook.cz/clanky/technologie/2013/LCD-1>
- [9] REICHL, Jaroslav. Displej z kapalných krystalů (LCD) [online]. [cit. 2019-08-28]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/523-displej-z-kapalnych-krystalu-lcd>
- [10] ŘÍČNÝ, Václav. Jak vlastně vznikly ploché televizory? A co jim předcházelo? [online]. 23. 11. 2019 [cit. 2019-08-29]. ISSN 1213-0702. Dostupné z: <https://www.lupa.cz/clanky/jak-vlastne-vznikly-ploche-televizory/>
- [11] KOIŠ, Juraj. CRT televizory stále dominují českým domácnostem, pomalu z nich ale mizí [online]. [cit. 2019-08-31]. ISSN 1213-0702. Dostupné z: <https://www.lupa.cz/clanky/crt-televizory-dominuji-ceskym-domacnostem/>
- [12] Příspěvatelé Wikipedie, S-Video [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2019, Datum poslední revize 8. 05. 2019, 06:12 UTC, [citováno 25. 01. 2020] <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=S-Video&oldid=17220708>
- [13] AUTOR NEUVEDEN. *Můžete mi vysvětlit, jaký je rozdíl mezi videem komponentním, kompozitním a S- Videem?* [online]. nedatováno [cit. 2020-03-

- 10]. Dostupné z: <http://ppk.chip.cz/cs/poradna/filmy-a-video/kompozitni-video-vs-komponentni-video.html>
- [14] AUTOR NEUVEDEN. *Video Graphics Array (VGA)* [online]. December 28, 2016 [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://www.techopedia.com/definition/1289/video-graphics-array-vga>
- [15] AUTOR NEUVEDEN. *What is the difference between VGA, SVGA and UXGA, and does L-com sell cables for each?* [online]. [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.l-com.com/frequently-asked-questions/what-is-the-difference-between-vga-svga-and-uxga-and-does-l-com-sell-cables-for-each>
- [16] AUTOR NEUVEDEN. *DB Style Connector Guide & Cables* [online]. nedatováno [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.cablestogo.com/learning/connector-guides/db#!hd15>
- [17] AUTOR NEUVEDEN. *VGA connector* [online]. nedatováno [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.immagic.com/eLibrary/ARCHIVES/GENERAL/WIKIPEDI/W120622V.pdf>
- [18] HORTON, Steve. *What's the Difference Between VGA, HDMI and DVI?* [online]. April 23, 2012 [cit. 2020-03-09]. Dostupné z: <https://www.reviversoft.com/blog/2012/04/whats-the-difference-between-vga-hdmi-and-dvi/>
- [19] AUTOR NEUVEDEN. *DVI Connector* [online]. 16 October 2018 [cit. 2020-03-09]. Dostupné z: <https://components101.com/connectors/dvi-connector>
- [20] WILEY, Craig. *DisplayPort Technical Overview* [online]. Las Vegas, January 10, 2011 [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <https://www.vesa.org/wp-content/uploads/2011/01/ICCE-Presentation-on-VESA-DisplayPort.pdf>
- [21] AUTOR NEUVEDEN. *DisplayPort* [online]. nedatováno [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <https://it-slovník.cz/pojem/displayport>
- [22] AUTOR NEUVEDEN. *A Guide to SCART Connections and Cables* [online]. nedatováno [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <https://www.the-home-cinema-guide.com/scart-connections.html>
- [23] ŠKOPEK, Pavel. *Techbox: technologie displejů - je lepší TFT nebo AMOLED?* [online]. 22. 02. 2013 [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <https://mobilenet.cz/clanky/techbox-technologie-displeju---je-lepsi-tft-nebo-amoled-11330>
- [24] CAITO, Angela. *The difference between micro USB and micro, mini and regular HDMI* [online]. 9 March 2015 [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://uk.blastingnews.com/tech/2015/03/the-difference-between-micro-usb-and-micro-mini-and-regular-hdmi-00298659.html>
- [25] AUTOR NEUVEDEN. *HDMI 1.4 Features: Automotive Connection System* [online]. November 17, 2011 [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://www.hdmicable4u.co.uk/articles/hdmi-1-4-features-automotive-connection-system/526>
- [26] AUTOR NEUVEDEN. *HDMI Specifications and Programs* [online]. Wed 03/11/2020 [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://hdmi.org/spec/index>
- [27] AUTOR NEUVEDEN. *HDMI – co to je a jaké jsou rozdíly ve verzích* [online]. nedatováno [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://www.antena.cz/hdmi-co-to-je-a-jake-jsou-rozdily-ve-verzich-c569/>

- [28] AUTOR NEUVEDEN. *Differences between HDMI versions 1.1, 1.2, 1.3a, 1.4 and 2.0?* [online]. [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: https://denon.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/192/~-/differences-between-hdmi-versions-1.1%2C-1.2%2C-1.3a%2C-1.4-and-2.0%3F
- [29] BLOCK, Dave. *What Is Consumer Electronics Control (CEC)?* [online]. 18th July, 2018 [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://www.onlogic.com/company/io-hub/what-is-consumer-electronics-control-cec/>
- [30] *HDMI 2.1 Specification* [online]. [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: https://hdmi.org/spec/hdmi2_1
- [31] PAVELKA, Tomáš, Jan ŠKODA a Petr BEXANT. *Historie světelných diod LED* [online]. 21. 6. 2016 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/clanek/historie-svetelných-diod-led--1696>
- [32] *Advances in Solid State Physics*. Volume 43. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 2003. ISBN 3-540-40150-4.
- [33] HAJEK, Jan. *Princip LED TV* [online]. nedatováno [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://janhajek147.estranky.cz/clanky/princip-led-tv.html>
- [34] LIGMAJER, Tomáš. *Technologie podsvícení LCD televizorů* [online]. 27.6.2011 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.tvfreak.cz/technologie-podsviceni-lcd-televizoru/4352-2>
- [35] BALCÁREK, Jan. *D/A PŘEVODNÍK PRO GENEROVÁNÍ VIDEO SIGNÁLU POMOCÍ OBVODU FPGA*. 1 548 Antonínská Brno-střed Brno Česká republika, 601 90, 2008. Dostupné také z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=18649. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vedoucí práce Marek Bohrn.
- [36] BELLIS, Mary. *History of Plasma Television* [online]. Feb. 11, 2020 [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: <https://www.thoughtco.com/history-of-plasma-television-1992321>
- [37] KABÁT, Zdeněk. *Technologie: Plazma displeje* [online]. 19.11.2003 [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: <https://www.svethardware.cz/technologie-plazma-displeje/8874>
- [38] BELLIS, Mary. *OLED Technology Guidelines and History* [online]. Feb. 11, 2020 [cit. 2020-03-23]. Dostupné z: <https://www.thoughtco.com/who-invented-oled-technology-1992208>
- [39] CHLUP, Vladimír. *OLED displeje, jak fungují? (Vědecké okénko)* [online]. 23. 8. 2015 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://mobilizujeme.cz/clanky/oled-displeje-jak-funguji-vedecke-okenko>
- [40] VOJÁČEK, Antonín. *Přehled typů displejů OLED a jejich nové variaty* [online]. 17. Srpen 2006 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/clanek/2006081701>
- [41] HRUŠKA, Daniel. *Technologie displejů a principy jejich činnosti*. Brno, 2011. Dostupné také z: <https://is.muni.cz/th/lj3xw/thesis.pdf>. Bakalářská práce. Masarykova Universita, Fakulta informatiky. Vedoucí práce Jaroslav Pelikán.
- [42] BELLIS, Mary. *The Inventor of Touch Screen Technology* [online]. Feb. 11, 2020 [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://www.thoughtco.com/who-invented-touch-screen-technology-1992535>
- [43] ŠKOPEK, Pavel. *Techbox: dotykové displeje - čím se liší rezistivní od kapacitního?* [online]. 15. 03. 2013 [cit. 2020-03-25]. Dostupné z:

- <https://mobilenet.cz/clanky/techbox-dotykove-displeje---cim-se-lisi-rezistivni-od-kapacitniho-11566>
- [44] VEJTASA, Petr. *Sony Xperia sola: nový "bezdotykový" displej pod drobnohledem* [online]. 22. 03. 2012 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://mobilenet.cz/clanky/sony-xperia-sola-novy-bezdotykovy-displej-pod-drobnohledem-8816>
- [45] KABÁT, Zdeněk. *Technologie: TFT LCD displeje* [online]. 17.3.2003 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.svethardware.cz/technologie-tft-lcd-displeje/7555>
- [46] SNÁŠEL, Jaroslav. *Displeje mobilů: jak fungují a čím se liší Více na:* <https://www.mobilmania.cz/clanky/displeje-mobilu-jak-funguji-a-cim-se-lisi/sc-3-a-1107606/default.aspx> [online]. 29. června 2004 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.mobilmania.cz/clanky/displeje-mobilu-jak-funguji-a-cim-se-lisi/sc-3-a-1107606/default.aspx>
- [47] KOVÁČ, Pavel. *Technologie LCD panelů* [online]. 8.2.2013 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.svethardware.cz/technologie-lcd-panelu/14465-2>
- [48] KOVÁČ, Pavel. *EIZO EV2436WFS: trefa do černého* [online]. 8.1.2013 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.svethardware.cz/recenze-eizo-ev2436wfs-trefa-do-cerneho/36363-5>
- [49] ENDRLE, Pavel. *Konec zmatů v rozlišení displejů [přehled]* [online]. 18. května 2012 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://www.mobilmania.cz/clanky/konec-zmatku-v-rozliseni-displeju-prehled/sc-3-a-1319962/default.aspx>
- [50] KOVÁČ, Pavel. *Technologie LCD panelů* [online]. 8.2.2013 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.svethardware.cz/technologie-lcd-panelu/14465>
- [51] KABÁT, Zdeněk. *Technologie: Plazma displeje* [online]. 19.11.2003 [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://www.svethardware.cz/technologie-plazma-displeje/8874-3>
- [52] KROMPOLC, Tomáš. *Je lepší LCD nebo OLED? Vše, co potřebujete vědět displejích* [online]. 14. 1. 2019 [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <https://smartmania.cz/je-lepsi-lcd-nebo-oled-vse-co-potrebuji-vedet-displejich/>
- [53] Redakce Games.cz. *HW téma - LCD vs. CRT monitory* [online]. 31. 12. 2003 [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <https://games.tiscali.cz/hardware/hw-tema-lcd-vs-crt-monitoru-52994>
- [54] MAREŠOVÁ, Mária. *Digitální a analogový signál* [online]. nedatováno [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/1971016/>
- [55] GORDON, Whitson. *HDMI vs. DisplayPort: Which Should I Use for My PC Monitor?* [online]. September 28, 2018 [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <https://www.pcmag.com/how-to/hdmi-vs-displayport-which-should-i-use-for-my-pc-monitor>
- [56] AUTOR NEUVEDEN. *Why DisplayPort* [online]. nedatováno [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <https://vesa.org/displayport-developer/why-displayport/>
- [57] AUTOR NEUVEDEN. *The 5 Types Of Touch Screen Technology.! Which One Is Best For You?* [online]. nedatováno [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: <https://www.controldesign.com/assets/14WPpdf/1407TouchScreenBasicsComparisons.pdf>
- [58] KOLÁČEK, Michal. *Přehled výrobců widescreen LCD monitorů* [online]. 13.10.2008 [cit. 2020-04-17]. Dostupné z:

<https://www.svethardware.cz/prehled-vyrobcu-widescreen-lcd-monitoru/24600>

- [59] DOSEDĚL, Tomáš. *Tři hvězdy nad Soulem: Historie firmy Samsung* [online]. [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: <http://www.mobinfo.cz/tri-hvezdy-nad-soulem-historie-firmy-samsung/>
- [60] AUTOR NEUVEDEN. *Jaké monitory můžeme čekat od Applu?* [online]. 2017/04/17 [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: <https://imagazin.cz/jake-monitory-muzeme-od-applu-cekat/>
- [61] AUTOR NEUVEDEN. *Lenovo* [online]. 6. 1. 2012 [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: <https://www.aktualne.cz/wiki/veda-a-technika/lenovo/r~i:wiki:2575/>
- [62] AUTOR NEUVEDEN. *Asus* [online]. 9. 1. 2012 [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: <https://www.aktualne.cz/wiki/veda-a-technika/asus/r~i:wiki:2585/>

8 Přílohy

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
Akademický rok: 2019/2020

Studijní program: Aplikovaná informatika
Forma: Prezenční
Obor/komb.: Aplikovaná informatika (ai3-p)

Podklad pro zadání BAKALÁŘSKÉ práce studenta

PŘEDKLÁDÁ:	ADRESA	OSOBNÍ ČÍSLO
Horák David	Žižkova 457, Trutnov - Horní Předměstí	I1700085

TÉMA ČESKY:

Historie a trendy vývoje zobrazovacích zařízení

TÉMA ANGLICKY:

History and Trends in Visualising Devices Evolution

VEDOUcí PRÁCE:

prof. RNDr. Peter Mikulecký, Ph.D. - KIT

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Popsat historický vývoj zobrazovacích zařízení různých typů, provést jejich porovnání dle účelu využití. Analyzovat možnosti a způsoby poskytování obrazu skrze médium, zmínit historická média, provést jejich porovnání dle vhodně zvolených kritérií. Rozebrat problematiku dotykových obrazovek, analyzovat používané technologie, provést jejich porovnání. Poskytnout přehled aktuálních výrobců zobrazovacích zařízení a provést porovnání parametrů. Poskytnout přehled trendů vývoje současných zobrazovacích zařízení.

SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY:

Bude poskytnuta zadavatelem

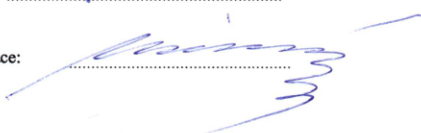
Podpis studenta:



Datum:

19.2.2019

Podpis vedoucího práce:



Datum:

19.2.2019