

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra elektrotechniky a automatizace



Bakalářská práce

Displeje z tekutých krystalů pro speciální použití

Lukáš Fořt

© 2019 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lukáš Fořt

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Displeje z tekutých krystalů pro speciální použití

Název anglicky

Liquid Crystal Displays for special applications

Cíle práce

Na základě studia dostupných materiálů vypracovat přehled různých typů LCD se zaměřením na speciální použití, například znakové, grafické monochromatické a barevné displeje. Popsat jejich vlastnosti a současný stav jejich použití v průmyslu, zdravotnictví.

Metodika

1. Na základě studia dostupných materiálů zpracujte přehledovou studii o kapalných krystalech a různých typech LCD displejů (znakové, grafické monochromatické, barevné) určených pro speciální použití v průmyslu, zdravotnictví.
2. Analyzujte problematiku současného stavu použití technologií LCD se zaměřením na speciální použití v průmyslu, zdravotnictví vzhledem k požadavkům ke stupni odolnosti vůči vibracím, teplotním podmínkám, vůči vnějšímu elektromagnetickému poli nebo osazení dotykovou vrstvou pro zjednodušení ovládání.
3. Popište výhody a nevýhody použití vybraných typu LCD a srovnajte s alternativními technologiemi zobrazování. Zaměřte se na aplikace, ve kterých dané typy LCD využijí.
4. Citujte veškerou použitou literaturu, včetně webových stránek.

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

kapalný krystal, LCD, zobrazovací zařízení, monitory, displeje

Doporučené zdroje informací

<http://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/graficke-lcd-displeje-s-rgb-podsvicenim.html>

<http://www.spsemoh.cz/vyuka/zel/zobrazovaci-jednotky.htm>

Matoušek, D.: Práce s inteligentními displeji LCD, 1. díl – znakové a grafické displeje, přípravy a programy, BEN -Technická literatura, 2006, 222 s., ISBN 8073001217.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – TF

Vedoucí práce

Volodymyr Ryzhenko, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra elektrotechniky a automatizace

Elektronicky schváleno dne 12. 1. 2016

prof. Ing. Jaromír Volf, DrSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2016

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 24. 03. 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Displeje z tekutých krystalů pro speciální použití" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2019

Lukáš Fořt

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval za odbornou pomoc a vedení panu V. Ryženkovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a jeho čas při psaní bakalářské práce.

Displeje z tekutých krystalů pro speciální použití

Abstrakt

Tato bakalářská práce má za cíl vytvořit literární rešerši se zaměřením na princip fungování různých druhů LCD displejů a jejich praktické použití v současné době. V první části práce jsou obecně popsány fyzikální vlastnosti tekutých krystalů, jejich struktura a uspořádání. V dalších kapitolách jsou popsány různé druhy LCD displejů. Na závěr jsou popsány LCD displeje pro speciální použití se zaměřením na kancelářské využití, zdravotnictví a průmysl.

Klíčová slova: kapalný krystal, LCD, zobrazovací zařízení, monitory, displeje

Liquid Crystal Displays for special applications

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to create a literary research focuses on the principle of functioning of various kinds of LCD displays and present their practical use. In the first part of the bachelor thesis there are generally described physical properties of liquid crystals, their structure and arrangement. The following chapters describe various types of LCD displays. Finally, LCD displays for special applications are described with a focus on office use, healthcare and industry.

Keywords: liquid crystal, LCD, imaging devices, monitors, displays

Obsah

1 Úvod	10
2 Cíle práce	11
3 Metodika práce	12
4 Tekutý krystal	13
4.1 Historie tekutého krystalu	13
4.2 Typy tekutých krystalů.....	14
4.3 Uspořádání tekutého krystalu.....	14
4.3.1 Smectické kapalně krystaly	15
4.3.2 Nematické kapalně krystaly.....	15
4.3.3 Cholesterické kapalně krystaly	15
4.4 Fáze termotropních krystalů.....	16
4.5 Fyzikální vlastnosti kapalných krystalů.....	17
4.5.1 Mechanické vlastnosti a flexoelektrický jev.....	18
4.5.2 Elektrické a magnetické vlastnosti	19
4.5.3 Optické vlastnosti	19
4.6 Aplikace tekutých krystalů.....	20
5 Technologie LCD displejů	21
5.1 Parametry LCD displejů.....	21
5.2 Podsvícení LCD displejů.....	22
5.2.1 CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp)	23
5.2.2 EEFL (External Electrode Fluorescent Lamp)	23
5.2.3 HCFL (Hot Cathode Fluorescent Lamp)	23
5.2.4 FFL (Flat Fluorescent Lamp)	24
5.2.5 LED (Light Emitting Diode).....	24
5.3 Reflexivní LCD displeje	25
5.4 Transmisivní LCD displeje	26
5.5 STN technologie.....	27
5.6 TFT technologie	28
5.6.1 TN+Film technologie.....	29
5.6.2 IPS technologie	30
5.6.3 MVA a PVA technologie.....	32
5.7 Technologie vylepšení tekutého krystalu.....	34
6 LCD displeje pro speciální použití	36
6.1 Kancelářské LCD displeje.....	36
6.2 Zdravotnické LCD displeje	38

6.2.1	Norma DICOM	41
6.3	Průmyslové LCD displeje	42
6.3.1	Odporové (rezistivní) dotykové ovládání displejů.....	42
6.3.2	Kapacitní dotykové ovládání displejů.....	43
6.3.3	Displeje s povrchovou akustickou vlnou (SAW)	45
6.3.4	Dotykové displeje s infračerveným zářením	46
6.4	Ekonomické zhodnocení nákladů na pořízení speciálních monitorů.....	47
7	Závěr.....	49
8	Seznam použitých zdrojů	50
9	Přílohy	53

Seznam obrázků

<i>Obrázek 1</i>	<i>Smektický, nematický a cholesterický kapalný krystal</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek 2</i>	<i>Krystal, smektická a nematická fáze, isotropní kapalina</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 3</i>	<i>Stočení molekul do šroubovice s rotací 360°</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek 4</i>	<i>Homeotropní a planární ukotvení</i>	<i>18</i>
<i>Obrázek 5</i>	<i>Nehomogenní deformace - ohyb, rozevření a zkrut.....</i>	<i>18</i>
<i>Obrázek 6</i>	<i>Struktura reflexivního LCD displeje</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 7</i>	<i>STN technologie</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 8</i>	<i>TN+Film technologie – vlevo světlo může procházet, vpravo světlo nemůže procházet.....</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 9</i>	<i>IPS technologie – vlevo světlo nemůže procházet, vpravo světlo prochází</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 10</i>	<i>MVP a PVA technologie.....</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 11</i>	<i>Mikroskopický pohled na subpixely S-PVA technologie</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek 12</i>	<i>Princip odporového dotykového displeje</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 13</i>	<i>Princip kapacitního dotykového displeje</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 14</i>	<i>Princip displeje s povrchovou akustickou vlnou</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 15</i>	<i>Princip dotykového displeje s infračerveným zářením.....</i>	<i>46</i>

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1</i>	<i>Cenové srovnání kancelářských monitorů dle typu panelu</i>	<i>47</i>
<i>Tabulka 2</i>	<i>Cenové srovnání zdravotnických a průmyslových monitorů</i>	<i>48</i>

Seznam příloh

<i>Příloha 1</i>	<i>EIZO ceník zdravotnických monitorů</i>	<i>53</i>
<i>Příloha 2</i>	<i>EIZO ceník průmyslových monitorů</i>	<i>55</i>

1 Úvod

Když se řekne pojem displej z tekutých krystalů, každý si představí pravděpodobně monitor ve své kanceláři na pracovním stole nebo doma, bez kterého si v dnešní době nikdo neumí představit svou každodenní práci. Díky objevu tekutého krystalu, který je základní stavební jednotkou LCD displejů, můžeme v dnešní době na displejích z tekutých krystalů zobrazovat obraz nebo textové informace. Jedná se o jednu z mnoha různých variant zobrazovacích technologií. Zkoumání tekutých krystalů a jeho fyzikálních vlastností probíhá i v dnešní době. Tekuté krystaly našly využití v různých odvětvích, ale největšího se dočkaly v zobrazovacích zařízeních.

Na začátku vývoje LCD displejů se předpokládalo, že jimi budou nahrazeny starší CRT obrazovky. Na vývoji tekutých krystalů, technologií LCD displejů se podíleli zejména přední výrobci, kteří působí na trhu se zobrazovacími zařízeními.

Bakalářskou práci je možné stručně rozdělit na tři části. V první kapitole je čtenář obecně seznámen s tekutým krystalem. Tato kapitola se zabývá jeho historií, typy tekutých krystalů, uspořádáním, fázemi, fyzikálními vlastnostmi tekutých krystalů zejména v zobrazovacích technologiích a aplikací tekutých krystalů.

V následující druhé kapitole jsou popsány technologie LCD displejů – jejich parametry, které slouží ke srovnávání kvality zobrazovacích zařízení. Dále se tato kapitola zabývá různými výhodami a nevýhodami technologií LCD displejů a jejich principem fungování. Jsou doplněné obrázky umožňující jednodušší pochopení problematiky LCD displejů.

Poslední kapitola bakalářské práce je zaměřena na stručnou charakteristiku LCD displejů, které jsou využívány jako kancelářské, zdravotnické a průmyslové. U zdravotnických displejů je popsána norma DICOM, kterou musí splňovat všechny displeje, aby mohly být používány pro zdravotnické účely. U průmyslových displejů jsou popsány a zhodnoceny různé technologie dotykových displejů. A na závěr je popsáno ekonomické srovnání těchto displejů a důvod proč jsou displeje pro speciální použití výrazně dražší oproti běžným displejům, které se používají v kancelářích.

2 Cíle práce

Cílem bakalářské práce na téma „Displeje z tekutých krystalů pro speciální použití“ je vypracování přehledu kapalných krystalů a různých typů LCD displejů se zaměřením na speciální použití, například znakové, grafické monochromatické a barevné displeje.

Dílčím cílem se tak stává popis vlastností LCD displejů s problematikou určitých výhod a nevýhod, které se musí zohlednit pro speciální použití v průmyslu a zdravotnictví.

Z těchto cílů budou zřejmé důvody, proč jsou speciální monitory dražší než monitory pro běžné použití v kancelářích a domácnostech.

3 Metodika práce

Bakalářská práce na téma „Displeje z tekutých krystalů pro speciální použití“ je napsána formou literární rešerše. Použita byla česká odborná literatura a české a zahraniční odborné články, které jsou běžně přístupné na internetu. Veškeré zdroje jsou uvedeny v seznamu literatury.

Za pomoci dostupné literatury s použitím informací z různých odborných článků jsou obecně popsány tekuté krystaly, což je nezbytné pro následné vysvětlení základních principů fungování LCD displejů. Nad získanými informacemi byla provedena analýza vlastností monitorů, ze které jsou zřejmé podmínky pro možnost specializovaného uplatnění některých druhů monitorů v kancelářích, zdravotnictví a průmyslu.

4 Tekutý krystal

Většinu látek, které se na naší planetě vyskytují, je možné nalézt ve třech skupenstvích: plynném, kapalném a pevném. Mezifáze pro většinu organických látek s podlouhlými molekulami tyčovitého tvaru při přechodu z pevného skupenství do kapalného je označována jako kapalné krystaly. Tyto krystaly disponují vlastnostmi kapalin (tekutost), ale i pevných látek (optické vlastnosti nebo anizotropie). Anizotropie kapalných krystalů se vyznačuje tím, že tyto látky vyzařují optickou aktivitu a dvojlom. Vlastností optické aktivity je schopnost látek pootáčet rovinou lineárně polarizovaného světla, kterou zapříčiňuje rozdíl mezi indexem lomu pro levotočivě a pravotočivě kruhově polarizované vlnění. Zásluhou svých optických vlastností reagují kapalné krystaly citlivě na podněty elektrického a magnetického pole, rozlišných druhů záření, teploty a tlaku. V dnešní moderní době se kapalným krystalům věnuje velké množství různých vědních oborů, např.: fyzika, elektroinženýrství, chemie a v současné době i relativně nový obor, který se zabývá tímto tématem, je biologie. (1)

4.1 Historie tekutého krystalu

V roce 1888 byla objevena rakouským botanikem Friedrichem Rheinitzerem podstata fungování tekutých krystalů (biologicko-chemicko-fyzikální). Zajímal se především o experimenty s deriváty cholesterolu, hlavně bod tání a změny v uspořádání tekutého krystalu. Během těchto experimentů si všiml, že v průběhu tání má směs podobná cholesterolu podobu zakalené tekutiny, která se při rostoucí teplotě pročišťuje, naopak při ochlazení tato kapalina získá modrou barvu a zkrystalizuje. Při svých pokusech narazil na kapalné krystaly, ale s pojmenováním mu pomohl fyzik Otto Lehman, za kterým přišel Rheinitzer s žádostí o konzultaci k získaným poznatkům.

Nejčastěji jsou s objevem tekutých krystalů spojováni tři chemici, a to Virchow, Mettenheimer, Valentin a jejich pokus s ponořením nervového vlákna do vody. Výstupem jejich experimentu byl zvláštní roztok, jenž ukázal své vlastnosti po užití polarizovaného světla.

Na počátku 20. století zjistil francouzský krystalograf George Friedel, že molekuly tekutých krystalů jsou orientovány ve směru elektrického pole a určil jejich zařazení do 3 skupin: cholesterické, smektické a nematické.

Ve druhé polovině 20. století Richard Williams s kolegy v laboratořích při výzkumech tekutých krystalů objevil vlastnosti, díky kterým mohl být v 70. letech 20. století Georgem Heilmeinerem vyroben první LCD displej. Avšak vzestup v používání tekutých krystalů byl zaznamenán až v 80. letech se vzrůstajícím obratem spotřební elektroniky. Na přelomu 80. a 90. let byl zaznamenán nejvýznamnější start pro technologii tekutých krystalů, díky výrobě projektorů, plochých monitorů a notebooků. (1)

4.2 Typy tekutých krystalů

Typy tekutých krystalů můžeme rozčlenit do dvou hlavních kategorií: termotropní a lyotropní, v závislosti na tom, jak je docíleno kapalně krystalické fáze při přeměně z pevného skupenství na kapalně. Pevné látky mají shodné znaky s kapalně krystalickou fází. Jedná se o elektromagnetické a optické znaky. Současně si kapalně krystalické skupenství ponechává znaky tekutosti. Tekuté krystaly dosahují pozoruhodných optických jevů, zejména přeměna polarizace světla, které jimi proniká v souvislosti s pozicí molekul a materiálu. Další pozoruhodný znak je způsob chování v elektrickém poli, který je objasněn v samostatné kapitole.

Lyotropní tekuté krystaly

Kapalně krystalická fáze nastává rozpuštěním krystalické látky v polárním rozpouštědle. Lyotropní tekuté krystaly mívají okolo 90% vody a nejčastěji se využívají v biologii.

Termotropní tekuté krystaly

Kapalně krystalické fáze docílíme ohřevem pevné látky, či ochlazením izotropní látky. Jak bude zmíněno v samostatné kapitole, přechody mezi jednotlivými fázemi závisí na změnách teplot. (2)

4.3 Uspořádání tekutého krystalu

Během mikroskopického sledování v polarizovaném světle je možné rozdělit utřídění kapalných krystalů do 3 kategorií podle G. Friedela. Tyto kategorie jsou pojmenovány cholesterické (cholesterika), smektické (smektika) a nematkové (nematika), viz. Obrázek č. 1.

4.3.1 Smektické kapalné krystaly

Smektické kapalné krystaly jsou molekuly, které svou podobou vypadají jako doutník, nebo jsou charakterizovány podlouhlým tyčovitým tvarem. Molekuly krystalů jsou seřazené do jednotlivých vrstev tak, že mají navzájem rovnoběžné osy. Smektické kapalné krystaly je možné rozdělit na osm typů, které jsou označeny písmeny A-H. Samostatné druhy se od sebe navzájem odlišují pootočením molekul vzhledem k osám nebo tvarům molekul.

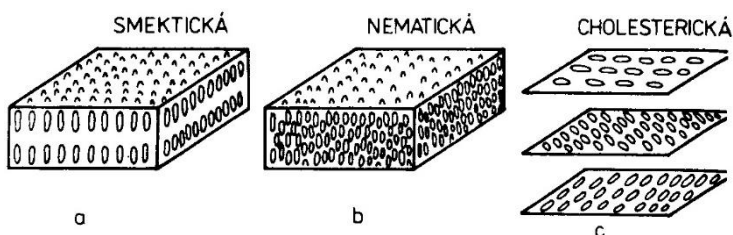
4.3.2 Nematické kapalné krystaly

Na rozdíl od smektických krystalů, kde jsou molekuly uspořádané ve vrstvách a jejich osy jsou navzájem rovnoběžné, mají nematické kapalné krystaly strukturu podobnou krystalu. Ideálního utřídění nematických kapalných krystalů docílíme tím, že je položíme ve slabé vrstvě mezi dva povrchy rovinných planparalelních skel. Rovinné planparalelní sklo je čiré a formované rovnoběžnými rovinnými plochami. Nejvíce zpracovávané z krystalu nebo skla.

4.3.3 Cholesterické kapalné krystaly

Stejně jako u smektických kapalných krystalů jsou molekuly cholesterických kapalných krystalů seřazené ve vrstvách. U obou druhů krystalů jsou osy molekul vzájemně rovnoběžné, ale cholesterické kapalné krystaly jsou od smektických odlišné tím, že v jednotlivých vrstvách jsou směry molekul proti dalším vrstvám pokaždé poobrácené. (3)

Obrázek 1 Smektický, nematický a cholesterický kapalný krystal



Zdroj: (3)

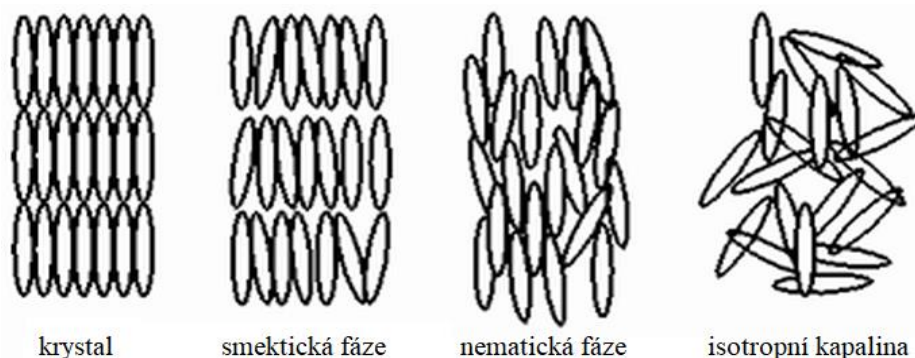
4.4 Fáze termotropních krystalů

Uspořádání základní fáze u kapalného krystalu závisí na vzrůstající teplotě a dochází nejčastěji ke 2 mezifázím a to nematické a smectické fáze. U určitých látek je možnost výskytu obou fází, nebo jen jedné z nich.

Když látku zahříváme, mění se i její utřídění z krystalické fáze, ve které jsou molekuly v neměnném pozičním i orientačním uspořádání, do fáze smectické. Při této fázi se zachovává orientační utřídění, ale dílčí vrstvy nejsou mezi sebou vzájemně vázané a to znamená, že se mohou vůči sobě pohybovat. Ani poziční utřídění molekul v jednotlivých vrstvách není dokonalé, jako u krystalu, a jednotlivé molekuly se mohou otáčet kolem své delší osy.

V případě vzestupu teploty přechází smectická fáze do nematické fáze, kde se udržuje jen orientační utřídění molekul a vrstevnatá struktura se ztrácí. Pokud látku ohřejeme ještě více, přejde z nematické fáze do fáze kapalné, která je známá především svou izotropií. Jednotlivé fáze jsou zobrazeny na obrázku č. 2. (4)

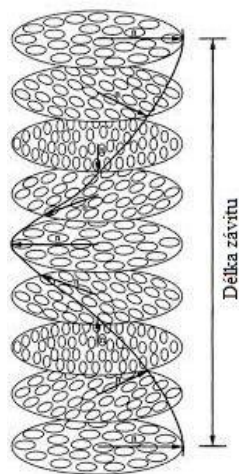
Obrázek 2 Krystal, smectická a nematická fáze, isotropní kapalina



Zdroj: (4)

Za podotknutí ještě stojí molekuly s chirálními znaky, jejímž důsledkem je lehké natáčení jednotlivých vrstev tekutých krystalů do pravotočivých nebo levotočivých šroubovic, viz. Obrázek č. 3. Potom jde o chirální nematickou fázi. Vzdálenost závitů šroubovice závisí na teplotě, jestliže teplota klesne, dojde ke zkrácení délky závitů, a naopak pokud se teplota zvýší, délka závitů se prodlouží. (4)

Obrázek 3 Stočení molekul do šroubovice s rotací 360°

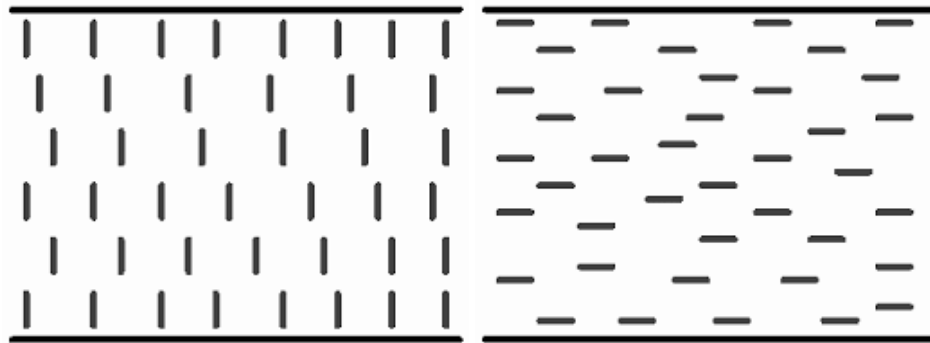


Zdroj: (3)

4.5 Fyzikální vlastnosti kapalných krystalů

K usměrnění uspořádání kapalných krystalů se využívá jejich senzibility na vnější vlivy elektrického pole, či vlastností stěn nádob, ve kterých jsou umístěny. Tyto znaky se uplatňují pro utřídění a nasměrování exemplářů, které se využívají pro zkoumání, ale i pro uplatnění v zobrazovacích technologiích. Nádoby jsou nejčastěji zhotovené ze skleněných planárních cel s konkrétní tloušťkou. Vrchní vrstvy skel zahrnují transparentní elektrody, které jsou určené k dopravení elektrického pole a jsou přizpůsobeny tak, aby se molekuly přichytily dle určeného postupu. Existuje mnoho možností, jak mohou být molekuly uchyceny. Jednou z nich je připevnění dlouhou osou souběžnou s konkrétní orientací směrem na vnější stranu, tento způsob je označován jako planární ukotvení. Následujícím způsobem je připevnění dlouhou osou svírající pravý úhel směrem k povrchu, tato možnost je pojmenována jako homeotropní ukotvení. Homeotropní a planární ukotvení si můžeme prohlédnout na obrázku č. 4. Závěrečným způsobem je ukotvení diagonálně k vrchní vrstvě s určeným úhlem. Oboustranným vlivem mezi molekulami se toto utřídění přesune od vnější strany směrem dovnitř roztoku. Utřídění molekul vevnitř roztoku je možné usměrnit elektrickým nebo magnetickým polem. (5)

Obrázek 4 Homeotropní a planární ukotvení

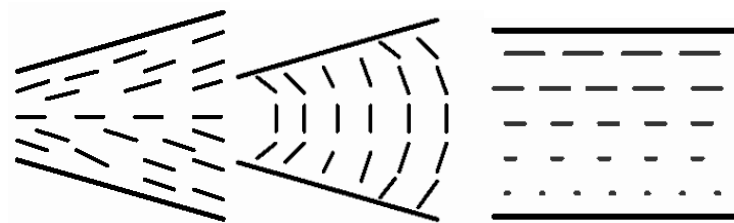


Zdroj: (5)

4.5.1 Mechanické vlastnosti a flexoelektrický jev

V tekutých krystalech, totožně v kapalinách, nenastává prostorová homogenní deformace. Obvyklou deformaci u kapalných krystalů je možné rozčlenit do třech kategorií: zkrut, ohyb a rozevření. Jde o nehomogenní deformace, které jsou zobrazené na obrázku č. 5.

Obrázek 5 Nehomogenní deformace - ohyb, rozevření a zkrut



Zdroj: (5)

Indukce může být následkem ohybové deformace nebo deformace rozevření. K jednoduššímu vysvětlení jevu je nutné zvažovat nesymetrický tvar molekul, jehož důsledkem je jejich zvláštní rozmístění při deformaci. Tento jev je označován jako flexoelektrický jev, který se objevuje u pevných látek a jedná se o nehomogenní aplikaci piezoelektrického jevu. (5)

4.5.2 Elektrické a magnetické vlastnosti

Oboustranné účinky elektrického a magnetického pole v tekutých krystalech můžeme charakterizovat pomocí dielektrické a magnetické vodivosti. Uspořádání kapalných krystalů je anizotropní a to vyjadřuje, že disponují rozdílnými velikostmi v různých směrech.

Úkaz, který je označován jako dielektrická anizotropie, může dosahovat kladných i záporných hodnot a v obou případech nastane pokles elektrické energie. Kapalně krystalové se otáčejí směrem k orientaci elektrického pole v situaci, že dielektrická anizotropie je kladná. V obrácené situaci jsou tekuté krystalové orientovány kolmo ve směru orientace elektrického pole.

U většiny kapalných krystalů je jejich magnetická vodivost záporná, v těchto situacích se jedná o diamagnetickou vodivost. Příčina diamagnetické vodivosti je způsobená v delokalizaci protonů v benzenových jádrech, které se nalézají vevnitř v molekulách kapalných krystalů.

Identicky jako u pevných látek může i u tekutých krystalů nastávat dielektrická anizotropie a stejně tak i magnetické vlastnosti, ale u tekutých krystalů zásluhou jejich tekutosti, nastane reorientace molekul směrem k zevnímu poli. K seřazení molekul kapalných krystalů můžeme použít zevní pole.

Úkaz nazývaný Frederiksův přechod znamená, že exemplář je s podporou vnějšího zajištění směřován do homeotropního nebo planárního utřídění a existuje případná možnost ho s pomocí vlivů jednotlivých polí přetočit do obráceného uspořádání. (5)

4.5.3 Optické vlastnosti

Nematika

V nematice jsou využívány jednoosé materiály. Ve zkoumaném vzorku zakřivené nematiky dochází ke stočení roviny polarizovaného světla o $\pi/2$, zásluhou toho mezi překříženými polarizátory prochází světlo. Frederiksův jev je využíván k reorientaci a poté nedochází k procházení světla. (5)

4.6 Aplikace tekutých krystalů

Kapalné krystaly jsou využívány zejména v displejích, například v hodinkách, přístrojových deskách automobilů, monitorech, mobilních telefonech nebo kalkulátorech. Při zhotovování obrazovek se využívá optických přeměn kapalných krystalů působením elektrického pole.

Výběr kapalného krystalu, jeho znaků elektrooptického jevu a aplikačního zorganizování je voleno dle mnoha následujících rysů: rychlost optické reakce na změnu pole, optický kontrast, zorný úhel, při kterém je kontrast zachován na vysoké úrovni, teplotní rozsah displeje, fotochemická a chemická stabilita, optická homogenita, spotřeba elektrické energie.

Můžeme do nematických materiálů dodat dichroinická barviva. Pokud je přidáme, je možné docílit dvoubarevných displejů. Nejvíce se objevují kombinace červeno-zelené a žluto-modré. (5)

5 Technologie LCD displejů

Zkratka LCD pochází z anglického Liquid Crystal Display a v překladu znamená displej z tekutých krystalů. Objev této zobrazovací technologie poskytl ploché a tenké displeje ve srovnání se staršími CRT monitory. V období technologického vývoje se vyvinulo mnoho potenciálních konstrukčních možností LCD displejů, díky kterým došlo k výraznému zkvalitnění parametrů zobrazovacích zařízení.

Jak bylo výše podotknuto, vývoj technologie LCD obrazovek poskytl značné množství odlišných možností, které můžeme členit na dvě hlavní kategorie: transmisivní a reflexivní. Reflexivní LCD displeje nejvíce používají okolní dopadající světlo. Naopak transmisivní LCD displeje se dále dělí do dalších dvou kategorií, podle toho jakou využívají matici na tvz. pasivní či aktivní. Displeje využívající aktivní matici jsou označovány TFT (Thin-Film Transistors). Tato technologie se vyznačuje tím, že všechny pixely jsou řízeny samostatně. Naopak zkratkou STN (SuperTwisted) jsou označovány displeje s pasivní maticí. Tato technologie se vyznačuje ovládním pixelů s pomocí průsečíků dvou os. Řádek x je rozsvícen jednou jeho hodnotou a sloupcem y je vymezena jeho intenzita světla. (6)

5.1 Parametry LCD displejů

Pro srovnávání LCD displejů se využívají hlavně jejich parametry. Hlavními parametry jsou zejména poměr stran, odezva, pozorovací úhly, rozlišení a úhlopříčka.

Poměr stran

Vztah mezi poměrem výšky a šířky představuje poměr stran. Nejvíce využívané poměry stran jsou: 4:3, 16:9 a 16:10, ale je možné narazit i na poměry jako jsou 5:4, 5:3, 3:2 a mnoho dalších.

Odezva

Doba, která je udávána jako změna barvy pixelu z černé barvy na bílou a zpět na černou se označuje jako odezva.

Pozorovací úhel

Tento parametr uvádí stupně úhlu, pod kterým je možné dívat se na obrazovku, aniž by nastaly změny v kontrastu nebo barevných vlastnostech. Jestliže dojde k překročení pozorovacího úhlu, obraz začne ztrácet kontrast a budou blednout barvy.

Úhlopříčka

Vzdálenost dvou protějších rohů obrazovky je nazývána jako úhlopříčka. Nejvíce se uvádí v centimetrech nebo palcích.

Rozlišení displeje

Rozlišení je uváděno v pixelech, tzv. obrazových bodech. Pixely jsou svítící body na displeji. Jedná se o bezrozměrnou nejmenší jednotku digitální rastrové grafiky. Značí kolik má obrazovka pixelů. Nejpoužívanější variantou zápisu je počet sloupců x počet řádků.

Jas

Svítivost bodů nám určuje jas displeje. Jednotkami, ve kterých se jas udává, jsou kandely na metr čtvereční.

Kontrast

Poměr mezi svítivostí černé a bílé barvy je označován jako kontrast. Čím bude poměr mezi barvami větší, tím bude vyšší kvalita obrazu a sytost barev.

Barevná hloubka

Tímto parametrem je určováno, kolik barev je na displeji možné zobrazovat. (6)

5.2 Podsvícení LCD displejů

Podsvícení LCD displejů patří mezi jeden z nejdůležitějších rysů, bez kterého by transmisivní LCD displeje nemohly svítit. Existuje několik variant, jak mohou být LCD displeje podsvíceny. Do první kategorie můžeme zahrnout technologie CCFL, EEFL, HCFL, FFL a do druhé kategorie patří například LED podsvícení. (7)

5.2.1 CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp)

Jedná se o nejstarší technologii, která se využívala k podsvícení displejů. Princip této technologie je založen na používání výbojek nebo osvětlovacích zářivek, které jsou umístěny vevnitř skleněných trubic, které mají na obou koncích umístěné elektrody. Vnitřní strany trubic zářivek a výbojek jsou pokryté luminoforem, který má schopnost přetvářet energii elektrického výboje na viditelné světlo. Vevnitř trubic se nalézají různé inertní plyny a nepatrné množství rtuti. Ve chvíli, kdy uvnitř trubice vznikne na elektrodách napětí, plyn přejde do fáze ionizace a tím vznikne možnost toku elektrického proudu mezi jednotlivými elektrodami. Dále nastane díky ionizovanému plynu vyzařování ultrafialového světla, které se pomocí luminoforu transformuje na viditelné světlo. V závislosti na skladbě plynů a luminoforu uvnitř trubice jsou vyzařované různé barvy světla. Největší využití našel zeleno-žlutý luminofor, díky nejvyšší svítivosti. (7)

5.2.2 EEFL (External Electrode Fluorescent Lamp)

Rozdíl mezi technologií CCFL a EEFL spočívá v situování elektrod. U této technologie se elektrody nenacházejí vevnitř v trubici, ale jsou umístěny na vnější straně trubice. U této technologie se využívá vysokofrekvenční střídavé napětí přiložené na externí elektrody, které se nachází na opačných stranách trubice. Tím tvoří vysokofrekvenční elektrické pole uvnitř trubice, ve kterém je v plynné směsi zažehnut plasmový výboj. U této technologie je také menší obsah rtuti oproti CCFL technologii podsvícení. Díky těmto vlastnostem je oproti CCFL technologii tento typ podsvícení LCD displeje výhodnější, protože výroba je méně nákladná. Elektrody nemusí vést skrz sklo, tím pádem dochází k lepší těsnosti skleněných trubic. (7)

5.2.3 HCFL (Hot Cathode Fluorescent Lamp)

U této metody se využívá technologie zahřívání skleněné trubice na konkrétní teplotu. Jak dochází k postupnému zahřívání skleněné trubice, začne uvnitř této trubice mezi wolframovými elektrodami nebo vlákny proudit plynná směs. Nejčastěji se tato technologie využívá u velkých LCD displejů, kde je potřeba mít dlouhé zářivky, aby byl celý displej rovnoměrně osvětlený. (7)

5.2.4 FFL (Flat Fluorescent Lamp)

V této technologii byl používán tenký obdélníkový zdroj světla, který nabízel oproti jiným technologiím delší životnost (až 100 000 hodin). Při použití této technologie bylo umožněno rovnoměrné osvětlení LCD displeje a konstrukce tohoto podsvícení byla vyráběna zcela bez použití rtuti.

Navzdory těmto pozitivním vlastnostem se tato technologie neprosadila a v dnešní době se s ní nesetkáme. Vývoj této metody podsvícení začal v roce 2000, ale bohužel v roce 2006 byl postupně ukončen a došlo k jejímu vymizení z trhu. Především z důvodu až dvojnásobné spotřeby energie oproti CCFL technologii. (7)

5.2.5 LED (Light Emitting Diode)

Tato technologie podsvícení vznikla jako alternativa zejména za CCFL podsvícení v LCD panelech. V českém překladu zkratka LED znamená diody vyzařující světlo. LED dioda je elektronická polovodičová součástka, jež obsahuje P-N přechod. Ve chvíli kdy přechodem začne protékat proud, LED dioda se rozsvítí. Mezi hlavní výhody této technologie oproti starším metodám patří zejména: širší spektrum barev, nižší energetický provoz a výroba tenčích panelů.

LED podsvícení dále dělíme na dvě primární kategorie. První z nich je DIRECT (FULL) LED a druhou kategorií je EDGE LED. (8)

DIRECT LED

LED diody zajišťují zdroj světla a jsou rozloženy po celé ploše za LCD panelem, podobným způsobem jako tomu bylo u CCFL trubic. Rozptylovací vrstva je umístěna před LED plochou a díky této vrstvě je zajištěna stejnoměrná intenzita podsvícení. Díky tomuto uspořádání vrstev se nachází ještě prostor pro další možnosti vylepšování této technologie. Můžeme toho docílit technikou nazvanou local dimming, což znamená tzv. lokální stmívání jednotlivých nebo větších skupin LED diod. Tímto je docíleno toho, že černé a tmavě šedé barvy jsou tmavší a více realistické, zatímco u světlejších částí obrazů nedochází ke změně a tím je obraz kontrastnější a ostřejší.

Avšak u lokálního stmívání nalezneme i nevýhody. Mezi jednu z nich patří tzv. blooming efekt, což znamená, že světlé LED diody mohou při stmívání prosvítat do okolních tmavších částí a tím osvětlují okolní tmavé oblasti.

Nejvíce jsou k podsvícení displejů využívány bílé LED diody, které se ve skutečnosti skládají z RGB modelu (red – červená, green – zelená, blue – modrá), který ve složení těchto tří barev vytvoří bílý odstín. (9)

Edge LED

Ve srovnání s DIRECT LED technologií je Edge LED metoda daleko jednodušší a méně náročná na výrobu. Tato technologie využívá rozmístění bílých LED diod po obvodu celého displeje, odkud je světlo směřováno do středu displeje a s pomocí světlovodivé desky se odráží směrem k pozorovateli. Světlovodivá deska (Light guide plate) je tenká vrstva, která je pokrytá výčnělkou z reflexivního materiálu, které umí odrážet světlo. Čím blíže středu se výčnělky nacházejí, tím jsou postupně větší a díky tomu mají lepší schopnost odrážet světlo, kterého se ve středu displeje nachází méně.

I u technologie Edge LED je možné používat lokální stmívání, avšak bohužel jen po skupinách LED, nikoliv po jednotlivých diodách jako u technologie DIRECT LED. Pokud použijeme zobrazení černé barvy po celé obrazovce, mohou se objevit světlejší okraje displeje, protože podsvícení není rovnoměrné. (9)

5.3 Reflexivní LCD displeje

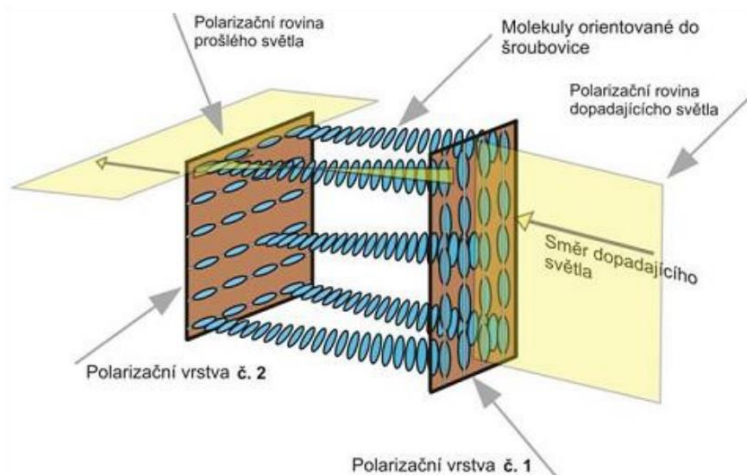
Tento typ displeje nemá žádný vlastní zdroj podsvícení. Z tohoto důvodu se musí využívat dopadající okolní světlo. Reflexivní LCD displeje jsou proto nebarevné a nejčastěji se využívají v kalkulačkách, digitálních hodinkách nebo v různých typech měřicích přístrojů. Velkou výhodou je velice nízká spotřeba a tím pádem prodloužená životnost těchto zařízení.

Podstatnou strukturní složkou je tekutý krystal, který je vložen mezi dvěma skleněnými deskami. Z vnitřní strany na plochách destiček, mezi kterými je tekutý krystal umístěn, je nanášena speciální velice tenká vrstva průhledného metalu oxidu, která poté pracuje jako obvodem spojené elektrody se samostatnými tlačítky. Přes tyto elektrodové

vrstvy je naneseno několik dalších průhledných vrstev, na kterých se nachází velké množství drážek. Jednotlivé drážky jsou vůči sobě na jednotlivých plochách pootočený o 90°.

Na vnějších stranách destiček jsou naneseny speciální polarizační vrstvy. K polarizaci světla dojde tím, že světlo dopadne na první polarizační vrstvu. V případě, že by obě vrstvy byly směřovány stejně, došlo by k průchodu světla. Vzhledem k natočení o 90° světlo za druhou destičku neprojde. Pokud by nebyly přítomné tekuté krystaly, světlo by neprocházelo. Zásadou šroubovice z tekutých krystalů, která způsobí natočení polarizační roviny o 90°, světlo může procházet, dojde k odrazu od reflexivní vrstvy, která je umístěna za druhou polarizační vrstvou a zamíří stejnou cestou zpátky směrem k oku. Pokud si to představíme na příkladu z praxe, znamená to, že když stiskneme tlačítko na kalkulačce, nastane spojení obvodu, k elektrodě je přivedeno napětí a za pomoci elektrického pole konkrétní molekuly pozmění svou orientaci ve šroubovici. Molekuly, u kterých došlo ke změně orientace, způsobí, že nebude stočena jejich polarizační rovina, a tím pádem nemůže světlo projít druhou vrstvou. To znamená, že na místech displeje, kde došlo u molekul ke změně orientace, se objeví černá číslice nebo znak, podle zvoleného tlačítka. Struktura reflexivního LCD displeje je znázorněna na obrázku č. 6. (10)

Obrázek 6 Struktura reflexivního LCD displeje



Zdroj: (10)

5.4 Transmisivní LCD displeje

Rozdíl v principu fungování transmisivních displejů oproti reflexivním spočívá v tom, že za druhou polarizační vrstvou se nenachází reflexivní vrstva a světlo nemá možnost

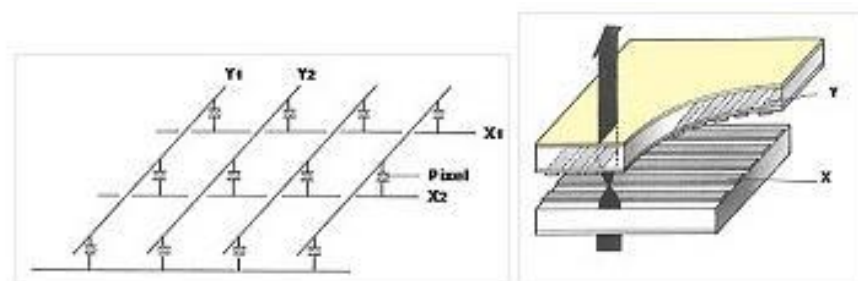
se od něčeho odrazit. Zdrojem světla tedy není samotné dopadající světlo, ale je potřeba zdroj světla dodat. Využívá se podsvícení za druhou polarizační vrstvou, které nahrazuje reflexivní vrstvu. Princip v průchodu světla displejem se nijak neliší od reflexivních displejů. Využívá se stejně jako u reflexivních displejů změna orientace molekul ve šroubovici. Nejvíce se tato technologie využívá u LCD obrazovek notebooků. (11)

5.5 STN technologie

Tato technologie je hlavně pasivní a z větší části jde o nebarevné displeje, tzn. displeje zobrazující dvě barvy. Zkratka STN znamená Super-Twisted Nematic a vychází z TN (Twisted Nematic) technologie, která je vytvořená na principu šroubovice, která se skládá z několika vrstev tekutých krystalů, a jednotlivé vrstvy jsou vůči sobě lehce pootočené. V technologii TN se jednalo o pootočení tekutých krystalů až o 90° , při využití technologie STN jde o více než 180° . Tato technologie je založena na mřížce vodičů s pixely, přičemž na jednotlivých průsečících leží vždy jeden pixel. To znamená, že každý jednotlivý pixel má svou X (řádky) a Y (sloupce) pozici. Elektrody jsou umístěny na obou sklech, pro řádky leží na jednom skle a pro sloupce na druhém. K rozsvícení pixelu dojde tím, že za pomoci elektrod je přivedeno napětí. Pixel je rozsvícen řádkem a sloupcem je určována intenzita svítivosti.

Displej je složen z několika částí (viz. Obrázek č. 7): dvě vzájemně rovnoběžná skla, vodivá vrstva, elektrody, tekuté krystaly a ovladače, složené z integrovaných obvodů na adresování jednotlivých sloupců a řádků. Vodivé vrstvy s elektrodami jsou na vnitřních stranách jednotlivých skel a v prostředku jsou umístěné tekuté krystaly. (2)

Obrázek 7 STN technologie



Zdroj: (12)

V tuto chvíli je nezbytné ještě poznamenat několik technologií, které jsou na STN technologii založené. Jde o technologie DSTN a CSTN. Zkratka DSTN (Double Super Twisted Nematic) pracuje na stejném principu jako STN, ale jak lze již podle slova „double“ odvodit, je možné naznačit, že se vlastně jedná o dva STN displeje. Pomocí prvního je vytvářen obraz a druhým jsou korigovány chyby, které vznikají při zobrazování. S touto technologií byl vylepšen kontrast a hloubka barev, ale stále zůstal dlouhý čas odezvy. Zkratka CSTN (Colour Super Twisted Nematic) označuje displej, do kterého byly dodány barevné filtry ve schématu RGB, díky kterým bylo možné s pasivními maticemi zformovat barevný displej. (2)

5.6 TFT technologie

K aktivním technologiím je možné zařadit právě TFT technologii. Zkratka TFT (Thin Film Transistors) znamená, že displeje jsou sestavené z velmi tenkých vrstev skla. Vzdálenosti mezi skly musí být velice přesné a všechny body mají přiřazené tranzistory. Množství tranzistorů se na LCD displejích pohybuje v řádech milionů. Jejich výroba je velice náročná a nákladná a je možné ji přirovnat k výrobě procesorů. S postupným vývojem této technologie bylo vyvinuto mnoho technologií, které jsou vytvořené na základě TFT technologií, jedná se zejména o TN+Film, IPS, MVA, PVA, které jsou podrobněji charakterizované v následujících podkapitolách.

Jak již bylo zmíněno LCD displeje jsou sestavené z jednotlivých obrazových bodů (pixelů), jednotlivé pixely jsou ovládané vždy jedním tranzistorem. K tomu, aby displej zachycoval obraz, je nutné mít dvě složky a těmi jsou barva a světlo. Světlo je u LCD displejů obstaráváno katodami nebo LED diodami, kterými je displej podsvěcován. Barevnost světla záleží na LCD technologii, ale prvotně je zobrazováno bílé světlo. Za pomoci RGB modelu je umožněno sestavit barvy. Jedná se o tři barvy – červenou, zelenou a modrou. Jednotlivé pixely mají tranzistor, který řídí tekuté krystaly. V podstatě jednotlivé pixely jsou sestavené ze tří subpixelů, přičemž každý subpixel je řízen samostatným tranzistorem, což znamená, že jeden pixel je sestavený ze třech tranzistorů.

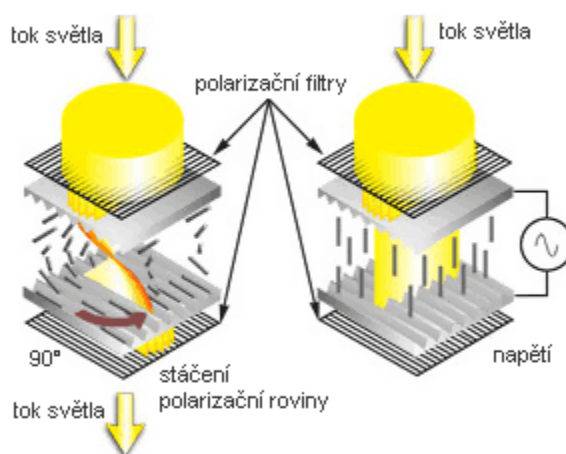
V předchozích kapitolách bylo popsáno, že tekuté krystaly umí působením elektrického napětí změnit molekulární strukturu, čímž je poskytnuta prostupnost světla. Jednotlivé pixely jsou vymezeny dvěma polarizačními filtry, barevným filtrem a dvěma vyrovnávacími vrstvami, a toto celé je umístěné mezi slabě skleněné panely. Tranzistor,

který je umístěný u obrazového bodu sleduje napětí, které prochází skrze vyrovnávací vrstvy a elektrickým polem je zapříčiněna přeměna struktury kapalného krystalu. Tímto způsobem je možné usměrňovat krystaly v desítkách až stovkách různých stavů. (13)

5.6.1 TN+Film technologie

Zkratka TN (celým názvem Twisted Nematic), film slouží ke zkvalitnění obrazu u LCD displejů. Podrobněji je tato technologie charakterizovaná v samostatné kapitole. Tato technologie patří k jedné z nejstarších TFT technologií. Základem je chirální nematická struktura tekutého krystalu, jehož molekuly jsou situované mezi polarizačními filtry, které jsou vůči sobě natočené o 90° . K tomu, aby molekuly tekutého krystalu mohly být natočené shodnou orientací, jako polarizační filtry se využívá vnitřních povrchů, které jsou upravené velice precizním drážkováním. V nečinném stavu jsou molekuly kapalných krystalů vůči sobě natočené tak, že světlo skrz ně může procházet. Ve fázi kdy je přivedeno napětí mezi elektrody, které jsou umístěné na obou dvou skleněných deskách, se molekuly nasměrují podle směru elektrického pole a světlo jimi nemůže procházet. Schéma TN+Film technologie je znázorněno na obrázku č. 8. Zjednodušeně můžeme tedy říci, že vrstva tekutých krystalů má v tomto případě vlastnosti regulátoru propustnosti světla. (14)

Obrázek 8 TN+Film technologie – vlevo světlo může procházet, vpravo světlo nemůže procházet



Zdroj: (14)

Displeje, které se objevily jako první s technologií TN měly odezvu kolem 25-35 ms. Barvy, které zobrazovaly, působily nevěrohodně a pracovaly velice pomalu. Největší

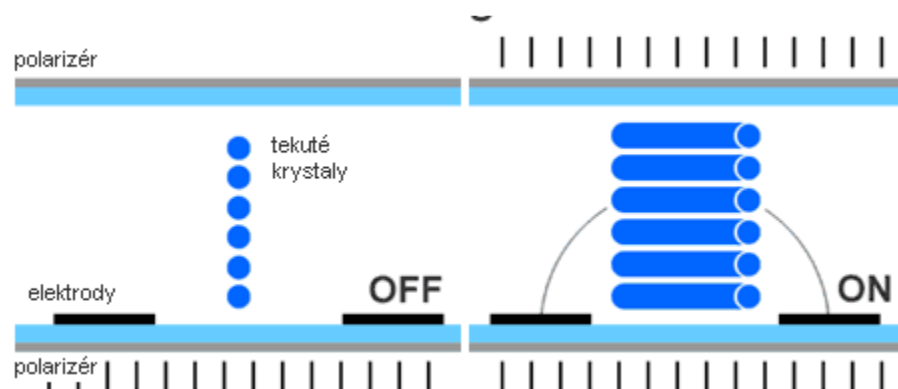
uplatnění našla tato technologie v kancelářích, kde byly pro kancelářskou práci dostačující. Pokud, ale někdo chtěl tento displej využívat pro hraní her či upravování fotek a videí byla jeho odezva nevyhovující. Postupně s vývojem a nástupem dalších novějších generací těchto displejů docházelo ke snižování odezvy, nejprve na 16 ms a nakonec až na 12-8 ms. Také došlo k výraznému vylepšení rychlosti, kvality zobrazování barev a pozorovacích úhlů. Displeje s touto technologií se postupně staly velmi vyhledávané, zejména kvůli nízkým pořizovacím nákladům.

Bohužel i u této technologie nalezneme jednu velice podstatnou nevýhodu, a tou je vadný pixel. V případě, že dojde k poškození zobrazovacího bodu, bude tento bod nepřetržitě svítit svou výchozí barvou v závislosti na subpixelu, u kterého přestal fungovat tranzistor. (14)

5.6.2 IPS technologie

Firma Hitachi v 90. letech vytvořila technologii In-Plane Switching (IPS). Touto technologií měly být odstraněny dvě hlavní vady, které technologie TN+film měla, a těmi byly pozorovací úhly a nevěrohodné zobrazování barev. Fungování této technologie je založeno na principu TN+film technologie, u které dochází k zamezení průchodu polarizovaného světla pomocí kapalných krystalů. Oproti TN+film technologie má IPS umístěné elektrody jen na jedné desce a potřebné napětí nastává mezi těmito elektrodami. Jednotlivé kapalně krystaly jsou zorganizované rovnoběžně se základní rovinou a pokud jsou ve vypnutém stavu tak světlo procházet nemůže. Jakmile přiložíme napětí mezi elektrody, molekuly tekutých krystalů se trochu natočí a polarizované světlo může projít. Může dojít k natočení až o 90°. Princip IPS technologie je znázorněn na obrázku č. 9. V podstatě je u IPS technologie obrácený systém než u technologie TN+film. Technologie IPS už dokáže zobrazovat přesné barvy a má dobré pozorovací úhly. (15)

Obrázek 9 IPS technologie – vlevo světlo nemůže procházet, vpravo světlo prochází



Zdroj: (14)

I přes to, že u IPS technologie došlo ke zkvalitnění zobrazení barev a pozorovacích úhlů, najdeme i u této technologie nějaké nedostatky. První displeje s IPS technologií měly odezvu kolem 50 ms. U prvních displejů s IPS technologií mohlo docházet ke ztrátě jasů a kontrastu z důvodu toho, že elektrody jsou umístěné na spodní rovině, což mohlo vést k nedostatečnému elektrostatickému poli u horní roviny. Při natačení molekul kapalných krystalů se může stát, že se nenatočí o vyžadovaný úhel a tím může při pozorování z velkého úhlu dojít k tomu, že černá barva se bude jevit jako namodralá nebo nafialovělá. Pokud je nějaký pixel vadný, zůstane vždy tmavý. Vzhledem k těmto nedostatkům docházelo k častým inovacím. (15)

První inovací byla technologie označená jako S-IPS, kterou na trh uvedla opět firma Hitachi v roce 1998. Od roku 2001 začalo tuto technologie pro své displeje využívat LG. S touto technologií došlo k výraznému zlepšení odezvy, která byla u IPS velice pomalá. V roce 2002 došlo k dalšímu vylepšení, tentokrát s názvem AS-IPS. S touto inovací došlo k znatelnému zkvalitnění kontrastu a tím konečně došlo ke srovnání vlastností obrazu s konkurenční technologií S-PVA. V tomto okamžiku se vývojem této technologie zabývala pouze firma LG. V roce 2007 se na trh dostala technologie pod zkratkou H-IPS (Horizontal In Plane Switching). Tato technologie si zachovala stejný princip fungování, i když by označení „Horizontal“ mohlo klamat tím, že byl změněn způsob otáčení pixelů. U této technologie byl pouze pozměněn tvar subpixelů, které už nemají tvar rohličků, ale mají nyní více obdélníkový tvar. Touto drobnou změnou došlo ke zvýšení propustnosti světla. V tu samou dobu se na trhu objevila technologie s označením e-IPS, která měla být levnější variantou H-IPS panelu. Počítalo se s tím, že díky nízké ceně nahradí displeje s TN

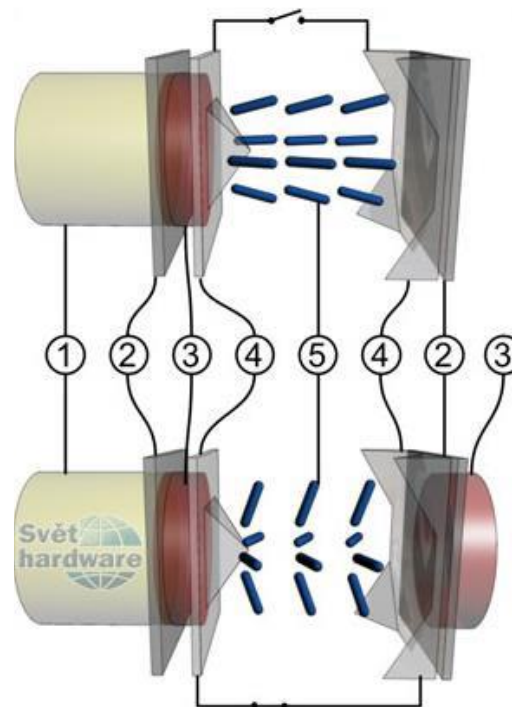
technologií v kancelářích. Dále byla vyvinuta technologie UH-IPS (Ultra Horizontal In Plane Switching) a H2-IPS, která byla vylepšeným nástupcem displejů s technologií H-IPS. Technologie H2-IPS poskytla lepší kontrast, jas a nižší intenzitu podsvícení displeje. Poté vznikla S-IPS-2 technologie, která se navrátila zpět k rohličkovému tvaru subpixelů. Tato technologie přinesla vylepšení jasu, kontrastu a byla snížena energetická náročnost. Za poznamenání ještě stojí technologie P-IPS (Performance In Plane Switching), u které je tvar subpixelů opět obdélníkový jako u H-IPS. V tuto chvíli již šlo o panely, které disponovaly 30-bitovou hloubkou, což znamená, že umí zobrazit až 1,07 miliard barev, zatímco standardní displeje mají pouze 16-bitovou nebo 24-bitovou hloubku.

K technologii IPS je třeba ještě poznamenat PLS (Plane to Line Switching). Princip této technologie vychází z IPS technologie. Tuto novinku na trh uvedla společnost Samsung, ale ze strany společnosti šlo pouze o marketingový tah, aby došlo k zaplnění mezery v jejich nabízeném portfoliu s LCD displeji. Tato technologie byla pro trh označena zkratkou S-PLS. Její parametry byly velice podobné jako u H-IPS, akorát pořizovací cena byla nižší. (16)

5.6.3 MVA a PVA technologie

Technologie MVA, neboli Multi-domain Vertical Aligment patří mezi nejlepší technologii výroby a poprvé se v displejích objevila v roce 1998. Byla vyvinuta jako konkurenceschopná nákladné IPS technologii a ne příliš ideální TN technologii. U obou technologií nejsou použity kapalné krystaly svinuté do šroubovice, ale u MVA jsou utříděné kapalné krystaly do stromečkové struktury. Elektrody jsou umístěné na obou deskách. V případě průchodu světla, dojde po přivedení napětí na elektrody k otevření kapalných krystalů a světlo může procházet, viz. Obrázek č. 10. U těchto technologií jsou subpixely vždy rozčleněné na čtyři části, tzv. domény. (16)

Obrázek 10 MVP a PVA technologie



Zdroj: (17)

1-zdroj světla; 2-polarizační filtry; 3-polarizované světlo; 4-elektrody; 5-tekuté krystaly

Stejně jako IPS technologie, se i MVA dočkala postupem času mnohých inovací. Jako první se objevila varianta P-MVA, u které se zvětšil počet domén subpixelu ze 4 na 8 a dále byla vyvinuta varianta A-MVA (Advance Multi-domain Vertical Alignment), které vyvinula firma Optronics. U obou verzí technologie došlo k vylepšení kontrastu a využití technologie OverDrive, která zdokonaluje vlastnosti kapalných krystalů.

S technologií, která funguje na principu VA (Vertical alignment), vstoupili na trh s displeji i společnosti Samsung a Sony. Jejich technologie nesla název PVA (Patent Vertical Alignment). Tyto panely byly charakterizovány trochu vylepšenými pozorovacími úhly oproti MVA displejům, kvalitnějším kontrastem a lepším zobrazením černé barvy. I u této technologie došlo k inovaci, která měla označení S-PVA. Zásadním rozdílem u této technologie je, že využívá subpixel, který je rozdělený na dvě zóny a složený ze čtyř domén, díky kterým je možné velice lehce nastavovat jas. Mikroskopický pohled na subpixely technologie S-PVA můžeme vidět na obrázku č. 11. Například pokud chceme, aby pixel zobrazil šedou barvu, bude jedna zóna vypnutá a druhá bude svítit na 100%. (16)

Obrázek 11 Mikroskopický pohled na subpixely S-PVA technologie



Zdroj: (16)

Na trhu se ještě od společnosti Samsung objevila ekonomická verze s označením cPVA, která opět používá jednu zónu se čtyřmi doménami. U této technologie došlo ke zmenšení rozestupů mezi subpixely, což přineslo lepší využití plochy. Došlo i k drobnému vylepšení kontrastu a jasů. Nejčastěji umí tyto displeje zobrazovat 6 bitové barvy s FRC. Opět šlo o technologii, která vylepšuje znaky kapalných krystalů a jde o panel, který byl konkurenceschopný technologii e-IPS. (17)

5.7 Technologie vylepšení tekutého krystalu

Jako všechny technologie i LCD displeje trpí mnoha vadami, proto existují různé technologie, které mají za úkol zlepšovat vlastnosti kapalných krystalů. K hlavním technologiím, které vylepšují princip fungování tekutých krystalů, patří FRC, OverDrive, dynamický kontrast, film. (18)

FRC (Frame Rate Control)

Někdy je tato technologie nazývána Temporal Dithering. Princip této technologie je vybudován na rychlosti panelů a nedokonalosti lidského oka. V případě, že displej neumí nějakou barvu zobrazit, bude například na jednom snímku zobrazená světlejší barvou a v dalším tmavší. V konečné situaci se vzhledem k nedokonalosti oka barvy spojí do jedné a vidíme výslednou barvu.

OverDrive

Tato technologie bývá často označována jako RTC (Response Time Compensation). Pokud dojde i jen k velmi malé změně, tekuté krystaly začnou být velmi líné, hůře ovladatelné a nenatočí se ani o malý úhel. Technologie OverDrive funguje tak, že pomocí větší energie přiměje tekutý krystal, aby se otočil a jakmile docílí požadovaného natočení, je pomocí elektroniky zastaven. I přes tuto inovaci velmi často dochází k tomu, že není pixel zastaven včas a dojde k přetočení tekutého krystalu a chvilkově, ale viditelně se změní barva. I tato technologie má své vady a to hlavně u levnějších monitorů, které nemají tak kvalitní elektroniku a mohou se u těchto displejů objevovat kvůli opožděnému zastavení kapalných krystalů nežádoucí bílá nebo černá místa.

Dynamický kontrast

Dynamický kontrast první generace pracoval na principu jednoduché elektroniky, která hodnotila vstupní signál a vyhledávala tmavá nebo světlá místa a poté vyhodnocovala, kde je potřeba přisvětlení nebo ztmavení. K tomuto dochází změnou intenzity podsvícení. To znamená, že ve chvíli kdy se například na obrazovce objeví světlo baterky, dojde k nastavení jasu na maximum. Tato první generace dynamického kontrastu, ale občas neumí správně rozpoznat co se na displeji děje a může docházet k pulzování obrazu.

U dnešních monitorů, které mají podsvícení složené z LED diod, je u dynamického kontrastu možnost zesvětlování konkrétních pixelů, nebo skupiny pixelů a tím je dosaženo vyššího kontrastu. Když je u displejů využívána technologie CCFL podsvícení, nebo jiná obdobná technologie, je počáteční signál posouzen a jsou vyhledány tmavé a světlé plochy. Díky tomuto je zhodnoceno, jestli je nutné displej podsvítit více nebo méně.

Film

Tato technologie měla využití pouze u monitorů, které fungují na principu TN technologie. V podstatě jde o tenkou vrstvu, která je umístěna co nejbliže k pozorovateli. Zmíněná technologie je založena na principu lomu světla a tím vylepšuje pozorovací úhly displeje. Avšak není to možné aplikovat na všechny pohledy. Lom světla je zvolen tak, aby bylo dosaženo co nejlepšího vylepšení. (18)

6 LCD displeje pro speciální použití

V současné době na trhu nalezneme mnoho typů LCD displejů, které slouží pro speciální použití. Displeje je možné rozčlenit do třech velkých skupin: kancelářské LCD displeje, zdravotnické LCD displeje a průmyslové LCD displeje. Rozdíly najdeme hlavně v pořizovací ceně, která začíná u kancelářských monitorů v řádech tisíců korun až po desítky tisíc za speciální lékařské nebo průmyslové displeje, které jsou vyrobené přesně na míru pro konkrétního zákazníka.

6.1 Kancelářské LCD displeje

Označení kancelářské monitory se používá pro široké spektrum LCD displejů, ale zjednodušeně se dá říci, že se jedná o cenově dostupné LCD monitory. Jedná se sice o monitory s průměrnými parametry, jednoduchým designem, ale velkým plus je jejich vybavenost moderními ergonomickými prvky. Mezi tyto prvky patří možnost výškového nastavení, naklopení nebo pootočení displeje tak, aby nedocházelo k nepohodlnému držení těla nebo nevhodné poloze hlavy. V praxi se můžeme nejčastěji setkat u starších kancelářských monitorů s poměrem stran 4:3, ale může být i 5:4, 16:10. V současné době se stále častěji objevují displeje s poměrem 16:9. Firem, které nabízejí kancelářské monitory, je na trhu mnoho.

Společnost BenQ nabízí základní kancelářský displej s CCFL podsvícením v ceně od 4 475 Kč bez DPH, ve střední třídě mají monitory již LED podsvícení, které je možné pořídit za 4 975 Kč bez DPH a novou sérii BL za 5 225 Kč bez DPH. Displeje z řady BL mají možnost výškového nastavení a nové modely jsou vybavené i senzorem pohybu. Displej sám rozpozná díky této funkci, že před ním není pohyb a sám automaticky přejde do úsporného režimu. BenQ na své monitory poskytuje tříletou záruční dobu. Pokud dojde k poruše monitoru, stačí vyplnit online formulář, servis nechá produkt vyzvednout, opraví jej a zašle zpět majiteli.

Jednou z mála společností, která ještě vyrábí monitory s klasickým formátem displeje 5:4 nebo 16:10 je iiyama. Zaměřují se především na ergonomii displejů, kde je možné uživatelsky nastavit náklon nebo výšku, ale i požadované rozlišení a formát obrazu. Dostupný a kvalitní displej, který je vybavený vstupem D-Sub, DVI-D a stereo reproduktory je možné zakoupit za 3 220 Kč bez DPH. Firma nabízí i tento monitor ve verzi s výškově

nastavitelným stojanem a funkcí Pivot, díky které je možné displej otočit do vertikální pozice. Pokud zákazník požaduje monitor o velikosti 22“, který splňuje všechny požadavky na pracovní monitor, je možné takový pořídit za 3 990 Kč bez DPH. Pro ještě náročnější uživatele je připraven 26“ model, který disponuje infračervenými převaděči a přijímači kolem celého obvodu a má podporu mnohodotykových gest, které umožňují používat dva prsty k zoomování webových stránek, tabulek nebo fotografií. Je možné otáčet obrázky, nebo kreslit v různých programech. Tyto obrazovky mají i stylus, který je navržený pro precizní operace. Záruční doba je poskytována na dobu tří let systémem door-to-door. Kurýr přijede k zákazníkovi pro monitor, odveze jej a zase přiveze na náklady společnosti.

Kategorii kancelářských monitorů má ve svém portfoliu zastoupenou i společnost Eizo. Většina uživatelů si společnost Eizo spojuje s poměrně drahými monitory pro profesionální používání v grafice, pro konstruktéry, nebo jiné specializované profese. Před nějakým časem se společnost Eizo začala zabývat vývojem displejů pro kancelářské využití. Nejlevnější displeje jsou osazené nejlevnějšími typy LCD obrazovek (TN – Twisted Nematic), která je dostačující pro základní práci v kancelářích s texty. V nabídce Eizo jsou displeje s úhlopříčkou od 19“ do 22/23“, které jsou vybavené novými, úspornějšími podsvětlovacími systémy (CCFL nebo white LED). Eizo obrazovky mají různá vylepšení, které uživatelům usnadňují práci a výrazně zlepšují uživatelskou hodnotu. Mezi tyto vylepšení patří například funkce Auto EcoView, která automaticky přizpůsobuje intenzitu jasu podle okolního světla. Další funkcí je Paper Mode, který upravuje kontrast a zobrazování bílé barvy pro simulaci tiskového papíru při čtení elektronických knih. Eizo obrazovky disponují také senzorem EcoSense, která displej automaticky zapne či vypne, podle toho jestli je uživatel přítomen. Dalším vylepšením je režim EyeCare Mode, který umí výrazně snížit jas, pokud jsou omezené světelné podmínky (např. svit lampičky při práci v noci). Nejlevnější Eizo kancelářské monitory je možné zakoupit mezi 5 700 až 7 800 Kč bez DPH. Dražší displeje, které jsou určeny například pro kancelářskou grafiku, umožňují uživateli nastavovat i základní fotografické parametry (široký rozsah jasu, barevné teploty a gradace obrazu gama), nejnovější model je vybavený i dotykovou fólií, která umí rozpoznat speciální dotyk tužky i lidské ruky. Tyto displeje umí rozlišit více prstů, mají funkci zoomu nebo pootočení obrazu. Ceny této vyšší řady kancelářských monitorů jsou od 9 500 Kč do 10 800 Kč bez DPH. Eizo na své monitory poskytuje záruku 5 let nebo patnáct tisíc hodin, ale záruka na vady LCD panelu a podsvětlovacího systému je omezená na 3 roky.

Další společností, která nabízí kancelářské monitory je Fujitsu. Všechny jejich displeje mají LED podsvícení a DVI i VGA konektor. Všechny obrazovky mají splněné všechny požadavky a certifikáty, které jsou pro kategorii kancelářských displejů vyžadovány. Kategorie kancelářských monitorů od Fujitsu se cenově pohybují v rozmezí od 2 500 Kč do 4 500 Kč, podle velikosti úhlopříčky, která disponuje 19“ u klasických monitorů a 19“, 22“ a 23“ u širokoúhlých. Fujitsu také má v nabídce vyšší modelovou řadu, která má úhlopříčky 19“ až 24“. Tyto obrazovky mají funkci tzv. pivot, díky které je možné nastavit 90° rotaci. Fujitsu poskytuje standardní dvou letou záruku a reklamaci je možné vyřídit formou Collect and return, což znamená, že si servis vyzvedne reklamované zboží u zákazníka, zákazník jen zavolá na service desk a po nahlášení sériového čísla s operátorem domluví lokální servis.

Dalším výrobcem nabízející kancelářské displeje je společnost Nec. V jejich nabídce je 19“ LCD displej. Druhou alternativou je displej ve velikosti 23“ s plným HD rozlišením, který díky větší pracovní ploše umožňuje větší produktivitu práce. Nejlevnější monitor od Nec je v nabídce od 2 600 Kč bez DPH za 19“ verzi, 23“ displej se nabízí od 3 500 Kč bez DPH. Větší obrazovka umožňuje ergonomické možnosti nastavení, více vstupů a reproduktory. Levné LCD panely využívají pouze technologii TN+Film. Společnost Nec nabízí také standardní tříletou záruční dobu, přičemž je možné dokoupit záruku na celkem pět let. Systém servisu je i zde řešen způsobem door-to-door. (19)

6.2 Zdravotnické LCD displeje

V současné době se ve zdravotnictví využívá několik technologií, s jejichž pomocí je možné zobrazovat obraz na displeji. Používané monitory jsou kancelářské (klasické) LCD, klinické, diagnostické a sálové. Mezi displeji jsou rozdíly v zobrazování a každá technologie je využívána pro jiný účel.

V dnešní moderní době i v nemocnicích dochází k různým procesním změnám. Postupně se rozvíjí invazivní chirurgie a spousta dalších inovací, například intervenční radiologie (IVR). Díky tomuto pokroku ve vývoji informačních technologií se výrazně usnadnila výměna informací mezi ambulantní péčí, lékařským vyšetřením, diagnostikou, příjmem, chirurgií až po propuštění pacienta. Důležitou součástí přenosu zdravotních informací je digitální přenos a možnost zobrazovat různá obrazová data na operačních sálech a v laboratořích. V oboru zdravotnických LCD displejů patří jednoznačně mezi přední

výrobce společnost EIZO, která se na toto odvětví informačních technologií výhradně zaměřuje.

Na vývoji zdravotnických monitorů začala společnost EIZO pracovat v roce 2002, kdy se na trhu objevila řada RadiForce. Jedná se o LCD displeje s vysokým rozlišením, které jsou využívány pro diagnostiku a vyšetřování. Jako první společnost v roce 2005 získali standard, pro vyšetřovací monitory zavedením displejů s předvolbou DICOM. V roce 2011 se na trh dostal první videosystém EIZO, který disponoval 4K rozlišením pro trh IVR. Roku 2014 začal vývoj systému CuratOR, který celkově řeší videosystém a je optimalizovaný pro operační sály.

V medicíně jsou využívány různé zobrazovací postupy, při kterých se používají černobílá a barevná zobrazení v závislosti na používané vyšetřovací metodě. Řada RadiForce dokáže plně zabezpečit pokrytí všech požadavků lékařských zařízení. Samozřejmostí je podpora kalibrace podle normy DICOM a různé výkonné funkce, které jsou nutné ke stanovení přesné lékařské diagnózy. Součástí nabídky jsou speciální grafické karty, které jsou doporučené a schválené značkou EIZO.

V posledních letech je kladen větší důraz na propojení a kombinaci více zobrazovacích technik v závislosti na tom, kde jsou použité. Jiný systém zobrazovacích technologií bude využíván například ve vyšetřovně, na ambulanci nebo v laboratoři – je potřeba využívat zásadně rozdílné displeje. Společnost EIZO má v nabídce různé velikosti vyšetřovacích monitorů. Tím je umožněno a usnadněno přímé porovnání černobílých i barevných snímků, které mají různé rozlišení a umožňují široké možnosti nastavení.

S nástupem zdravotnických postupů, které používají různé digitální zobrazovací metody s vysokým rozlišením je při určování diagnózy používáno zdatelně více snímků. To znamená, že například radiologové mají možnost vyhodnocovat více dat než dříve. Společností EIZO byla za tímto účelem vyvinuta funkce Work-and-Flow, která umožňuje efektivně nakládat s obrazovými daty, a tím mohou být snadněji vyhodnocované snímky. EIZO monitory se nejvíce využívají v diagnostické radiologii, pro prohlížení lékařských dat, při diagnostice v zubním lékařství, patologii, ortopedii.

V současnosti je čím dál vyšší poptávka po moderních technologiích i na operačních sálech, kde se zobrazují velké množství obrazových dat, které zajišťují bezpečný a úspěšný

průběh operace. Pro operační sály se používají různé zobrazovací metody, v závislosti na konkrétním účelu, pro které je monitor použit – například při operacích, intervenční radiologii nebo endoskopii. Společným cílem pro snímky, data i uživatele jsou bezpečné a úspěšné operace. Na výrobce monitorů je kladen výrazný tlak, aby snímky a informace byly zobrazované takovým způsobem, aby byly pro jednotlivé skupiny uživatelů vždy k dispozici na správném místě. S rostoucím objemem příchozích dat se ve společnosti EIZO snaží koordinovat tým, že stále rozšiřují nabídku výrobků. Například ve výrobní řadě CuratOR je nabízeno optimalizované řešení pro operační sály, které zajistí bezpečnou a spolehlivou integraci a splnění různých požadavků.

Ceny zdravotnických LCD monitorů závisí na konkrétním požadavku zákazníků a vybavení monitorů. Základní klinické monitory cenově začínají od 14 500 Kč a mohou se vyšplhat až na 111 000 Kč bez DPH. Další kategorií jsou monochromatické diagnostické monitory, jejichž pořizovací cena je od 79 000 Kč až do 378 000 Kč bez DPH, opět v závislosti na velikosti LCD displeje, vybavení a účelu použití. U barevných diagnostických monitorů jsou ceny velmi podobné jako u monochromatických diagnostických displejů. Barevné diagnostické monitory je možné zakoupit od 78 000 Kč až po 378 000 Kč bez DPH. Další kategorií jsou endoskopické monitory, které se cenově pohybují od 86 000 Kč do 270 000 Kč bez DPH, opět v závislosti na parametrech displejů. Podrobný ceník displejů podle typů, parametrů a kategorií od firmy EIZO je v Příloze č. 1.

Nástěnné panely

Mezi základní monitory, které najdeme na operačních sálech, patří chirurgické panely značky EIZO, které disponují řadou nastavení a připojení. Podle požadavků jednotlivého zákazníka je možné odsud ovládat správu dat, nastavení přenosu obrazu i zvuku, rozvržení prvků v obraze i archivaci. Pro tento účel je společností EIZO vyvinut speciální software Caliop.

Videomanagement

Pro videomanagement byl vyvinut systém Alipe, který je založený na technologii Videomanagement over IP (VMoIP) a tzv. Large Monitor Managery, které představují dvě ze čtyř možností řešení z portfolia EIZO CuratOR k připojení obrazových a dalších signálů na operačním sále a umožňují rozdělení na dostupná zobrazovací zařízení tak, aby byly

potřebné snímky zobrazené co nejlépe. Pomocí Large Monitor Manager je obraz sveden obrazy z různých videovstupů dohromady, poté je spojen a seřazen podle preference, dále je konkrétní složený obraz zobrazen na monitoru. Za pomoci softwaru Alipe je možné snímky i videodata z operačního sálu bez latence nebo ztrát přenášet do jiných sálů nebo poslucháren.

Monitory pro operační sály

EIZO má ve svém nabídkovém portfoliu i monitory pro chirurgické využití, které disponují špičkovou kvalitou obrazu a provedením, které je přizpůsobené pro náročné použití na operačních sálech. S tím samozřejmě souvisí hygienický design a různé možnosti připojení a zobrazení. Pro endoskopii jsou speciální 2D a 3D řady, které věrně zobrazí chirurgické snímky s vyšším rozlišením, jasem a kontrastem.

Velkoformátové diagnostické monitory pro IVR

Tyto monitory jsou využívány hlavně pro zobrazování obrazových informací na velkých diagnostických obrazovkách s velmi vysokým rozlišením, tak aby byl zajištěn efektivní a hladký průběh intervenčních zákroků. Cena velkoformátového monitoru se pohybuje okolo 140 000 Kč bez DPH. (20)

6.2.1 Norma DICOM

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) je mezinárodní standard, který se využívá pro přenos, ukládání, načítání, tisk, zpracování a zobrazování lékařských obrazových informací. Jedná se o mezinárodní normu používanou pro lékařské snímky a s nimi související informace. Určuje formáty lékařských snímků, díky kterým je možné zpracovávat údaje v rámci kvality, která je nezbytná pro klinické použití. (21)

DICOM je zavedený ve skoro každé radiologii, při kardiologickém zobrazování a s radioterapeutickými přístroji (rentgenové záření, CT, MRI, ultrazvuk, atd.) a čím dál častěji se objevuje i v dalších odvětvích lékařství, jako je oftalmologie a stomatologie. Ve zdravotnictví jsou používány stovky tisíc zobrazovacích zařízení a DICOM je jedním z nejrozšířenějších standardů pro zasílání zdravotních zpráv na světě. V klinické péči jsou v dnešní době používány miliardy snímků DICOM.

Poprvé byl standard DICOM použit v roce 1993, kdy přinesl revoluci v praktickém fungování radiologie. Bylo umožněno nahradit rentgenový X-ray film plně digitálním s workflow. S nástupem internetu a různých platform pro nové aplikace v oblasti spotřebitelských informací, DICOM umožnil využívat pokročilé aplikace pro lékařské zobrazování, díky kterým se změnila tvář klinické medicíny. DICOM je standard, který dělá zobrazovací práci pro lékaře a pacienty snazší, od pohotovostního oddělení, přes vyšetření srdečního stresu až po určení rakoviny prsu.

DICOM je uznáván Mezinárodní organizací pro normalizaci a je označen jako norma ISO 12052. (22)

6.3 Průmyslové LCD displeje

Průmyslové monitory musí být vyráběny tak, aby splňovaly všechna kritéria odolnosti. Monitory jsou využívány v náročných podmínkách, kde není možné využívat klasické komerční monitory, kterým chybějí potřebné parametry. Průmyslové monitory jsou využívány v těžkém průmyslu, chemickém průmyslu, potravinářství, farmacii, školství, dopravě (například námořní doprava), zabezpečení a monitorování, velínech, při automatizaci, v geografických informačních systémech a pro virtuální realitu a simulaci. (23)

Hlavním rozdílem oproti komerčním monitorům je kvalitní konstrukce, která má zvýšenou odolnost umožňující dlouhodobý bezúdržbový provoz a případné opravy jsou velmi snadné. Dále disponují vysokou variabilitou montáží a možností dotykového ovládání. Používané technologie pro dotykové ovládání jsou: odporová, kapacitní, SAW a infračervené záření. Monitory jsou většinou vyráběny přesně na míru konkrétnímu zákazníkovi podle jeho požadavků. Mohou být vloženy do výřezů ve stěnách, na speciálních ramenech, nebo přímo ve strojovém vybavení různých výrobních linek. (24)

6.3.1 Odporové (rezistivní) dotykové ovládání displejů

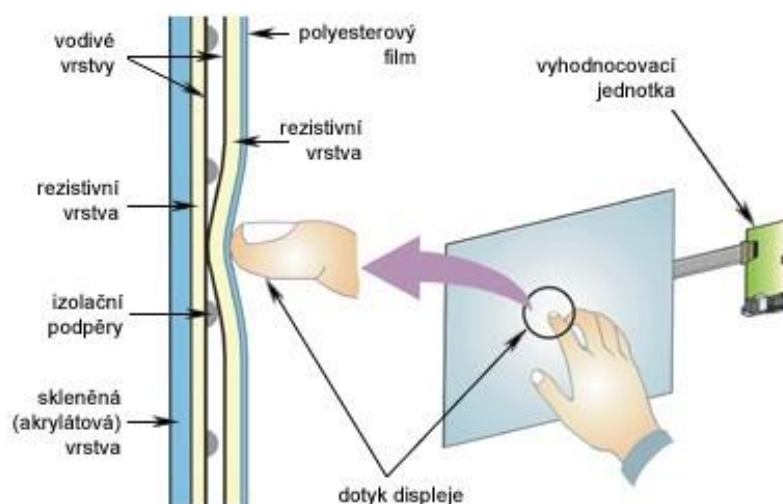
Tato technologie dotykového ovládání displejů byla jednou z prvních konstrukčních řešení, která se objevila na trhu s displeji. Používají ji hlavně telefony a automobilové navigace se starším datem výroby. Výhodou je pokud budeme na displej klepat, naopak není vhodný, pokud chceme na displeji něco posouvat (například jezdec pro posouvání obrazovky). Výhodou oproti kapacitnímu dotykovému ovládání displejů je, že pokud je

obrazovka mokrá můžeme ji stále ovládat. Displeje je možné ovládat pomocí tzv. stylusů, nebo předmětů, které mají ostrou hranu, ovšem nesmí být hrana příliš ostrá, pak by mohlo dojít k poškození displeje. V dnešní době se můžeme setkat se dvěma typy rezistivních displejů – čtyřvodičové a pětivodičové. (25)

Displej je složen z pružné membrány, která se nachází na povrchu displeje a ohraničuje ji skleněný panel. Uvnitř jí pokrývá tenká průhledná vrstva kovu. Další vodivá průhledná vrstva, která je pevná, je uložena pod membránou. Mezi jednotlivými vrstvami je tenká vzduchová mezera s množstvím izolačních podpěr, které jednotlivé vodivé vrstvy izolují od sebe. Dotyková vrstva obsahuje řídicí a vyhodnocovací modul, ke kterému jsou obě vrstvy připojeny.

Jakmile se horní vrstvy dotkneme tak se prohne a v konkrétním místě je vodivě spojena se spodní vrstvou. Tím mezi vrstvami může procházet elektrický proud. Ve vrstvách je uložený kontroler, který na základě velikosti jednotlivých proudů vypočítá polohu místa dotyku, Schéma principu odporového dotykového displeje je vidět na obrázku č. 12. (26)

Obrázek 12 Princip odporového dotykového displeje



Zdroj: (27)

6.3.2 Kapacitní dotykové ovládání displejů

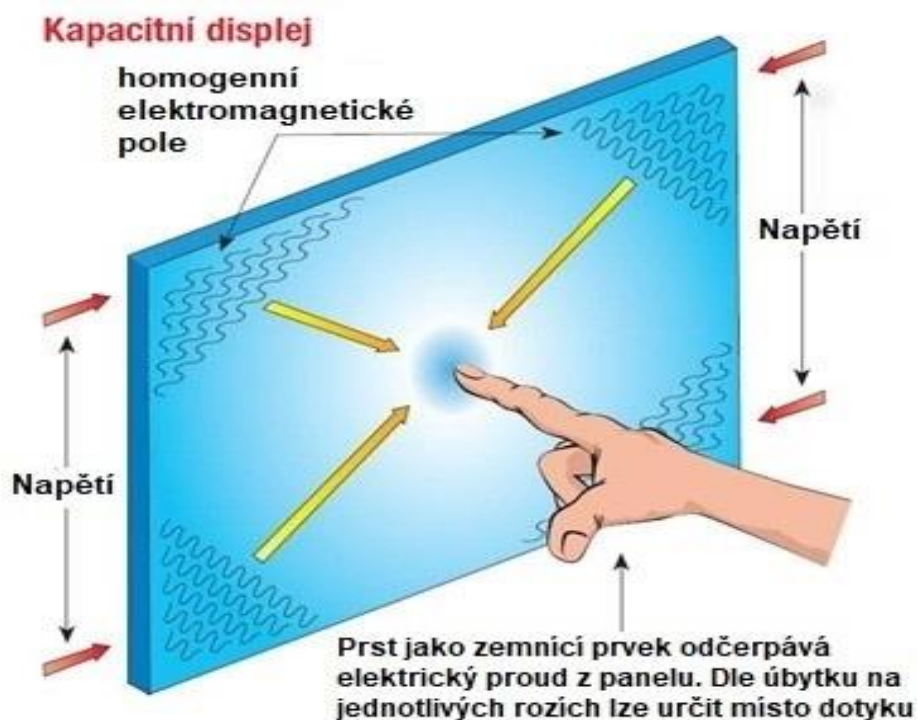
V dnešní době se jedná o nejrozšířenější technologii, která je využívána při výrobě dotykových displejů. Tato technologie je založena na vodivosti lidského těla. Na povrchu

kapacitního displeje je vodivá vrstva, a jakmile se displej dotkneme prstem ruky, nastane mezi okrajem displeje a vodivou rukou kapacita, kterou je uzavřen elektrický obvod. Pomocí kontroleru je pak určeno přesné místo dotyku prstu, jak můžeme vidět na obrázku č. 13.

Rozdílem oproti odporovému dotykovému displeji je, že není nutné na displej tlačit, stačí pouze jemný dotyk. Kapacitní displeje disponují tzv. multitouch funkcí, která umožňuje snadné posouvání a zvětšování nebo zmenšování. Displej reaguje pouze na dotyky bříškem prstu. Displej nebude fungovat, pokud si vezmeme rukavice, musíme mít rukavice se speciální vodivou vrstvou, kterou mají uloženu ve špičkách prstů. Další možností jsou speciální kapacitní stylusy. Ovšem výhodou těchto displejů je vysoká mechanická odolnost a vysoká odolnost na poruchy funkce způsobené ušpiněním (mastnota, prach, atd.). (26)

V současné době se velice často setkáme s tzv. projekčním kapacitním displejem. Tento typ displeje je založen na principu kapacitního displeje, ale rozdílem je, že vyzářuje elektrické pole do blízkého okolí. V případě, že tento displej umístíme např. za nevodivou vrstvu skla nebo plexiskla, tak tento systém bude i nadále fungovat a zvýší se jeho mechanická odolnost. (27)

Obrázek 13 Princip kapacitního dotykového displeje



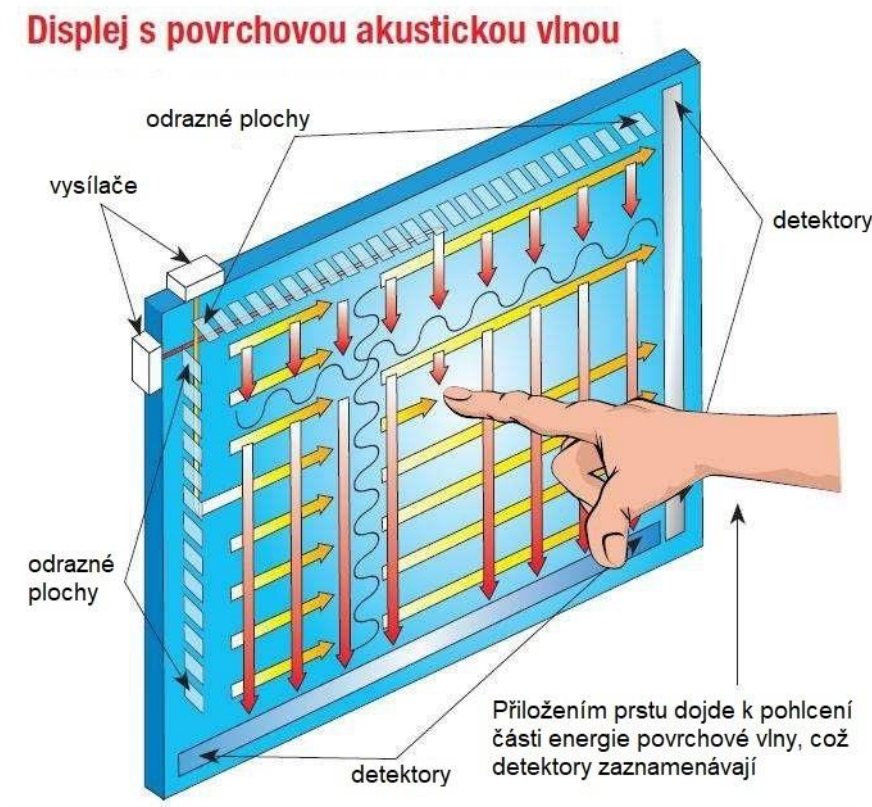
Zdroj: (28)

6.3.3 Displeje s povrchovou akustickou vlnou (SAW)

Jedná se o méně používanou technologii, která je více náchylná na prach. I velice malá nečistota umí pohltit akustické vlnění a mohou na displeji vzniknout hluchá místa. Možnost ovládní této technologie je pouze prstem nebo koženým ukazovátkem. (29)

Tato technologie bývá označována jako nejsostikovanější v řešení dotykových displejů. Využívá povrchové akustické vlny. Jejím principem je, že v rozích pevné průhledné vrstvy nad displejem jsou uloženy vysílače a přijímače signálu. Signál je šířen po celé ploše displeje. Ve chvíli kdy je vložen předmět do vlnového pole dojde ke změně šíření vln a řídicí jednotkou je určena podle vyslaných a přijatých signálů poloha vložené překážky. Princip fungování této dotykové obrazovky můžeme vidět na obrázku č. 14. U této technologie je využíván kmitočet vysílaného vlnění 5 MHz, proto je označení „akustická vlna“ velmi matoucí. (27)

Obrázek 14 Princip displeje s povrchovou akustickou vlnou



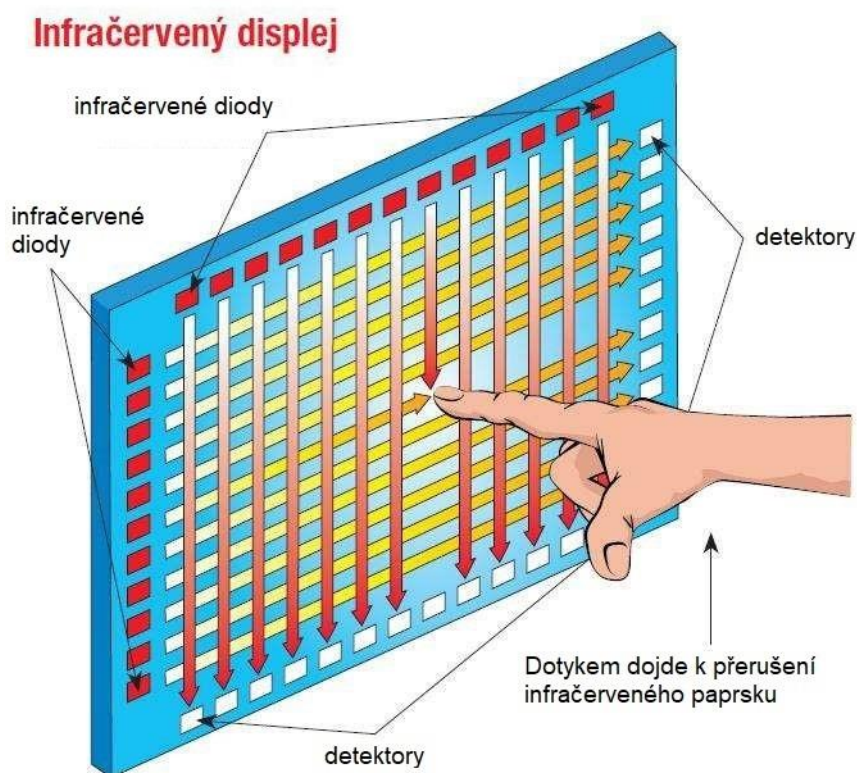
Zdroj: (28)

6.3.4 Dotykové displeje s infračerveným zářením

V dřívějších dobách nejčastěji využívaná technologie ve strojních a medicínských zařízeních. Mohou být ovládané celou řadou měkkých i tvrdých předmětů. (29)

Tato technologie je zajímavým řešením, ale princip je ve skutečnosti velmi jednoduchý a v mnoha různých využitích je ukryta jeho genialita. Princip technologie, který můžeme vidět na obrázku č. 15, je založený na husté síti infračervených paprsků, která ve chvíli kdy je vložen jakýkoliv předmět dojde k jejímu přerušení. Jako velká výhoda je možnost výroby rámu, který je možné použít na jakýkoliv monitor. Je možné takovým systémem vybavit i starý CRT monitor a díky této technologii z něj vznikne moderní dotykový obrazovka. Při využití této technologie nemusí dojít při aktivaci některého bodu k přímému dotyku podkladu. (27)

Obrázek 15 Princip dotykového displeje s infračerveným zářením



Zdroj: (28)

6.4 Ekonomické zhodnocení nákladů na pořízení speciálních monitorů

Zdravotnické monitory nebo průmyslové monitory jsou v porovnání s monitory pro kancelářské využití výrazně dražší z důvodu, že výroba a poptávka po těchto monitorech je značně limitována, protože tyto monitory mají velmi úzké spektrum využití. Dalším důvodem vyšší ceny je, že musí splňovat různé specifické nároky. Například na jednoduchou údržbu, hygienické podmínky při použití ve zdravotnictví, kvalita obrazu musí být výrazně vyšší zejména u monitorů, které jsou používány na sálech, nebo na různých specializovaných pracovištích. Tyto monitory jsou také mnohem častěji osazované dotykovým panelem, který umožňuje snadnější ovládání, což také navyšuje jejich pořizovací cenu. Zatímco kancelářské monitory můžeme pořídit již za 3 200 Kč bez DPH, zdravotnické monitory svou cenou začínají od 14 490 Kč bez DPH a průmyslové monitory je možné zakoupit od 17 460 Kč bez DPH.

Tabulka č. 1 představuje cenové srovnání kancelářských monitorů od výrobce iiyama řady ProLite, protože ve své nabídce má nejširší zastoupení, co se týče typů panelů. Parametry pro srovnání displejů byly:

- Úhlopříčka displeje
- Rozlišení
- Poměr stran
- Typ panelu

Tabulka 1 Cenové srovnání kancelářských monitorů dle typu panelu

Parametry/Model	iiyama ProLite B2483HS-B3	iiyama ProLite XUB2492HSU-B1	iiyama ProLite XB2483HSU-B3	iiyama ProLite XB2481HS-B1
Úhlopříčka displeje (v palcích)	24	24	24	24
Rozlišení	1920 x 1080 px	1920 x 1080 px	1920 x 1080 px	1920 x 1080 px
Poměr stran	16:9	16:9	16:9	16:9
Typ panelu	TN	IPS	MVA	VA
Cena	4 690 Kč	5 590 Kč	4 590 Kč	5 499 Kč

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že monitor s technologií IPS má vyšší pořizovací cenu, protože technologie panelu IPS patří k výrazně lepším než technologie TN.

Tabulka č. 2 představuje cenové srovnání zdravotnických a průmyslových monitorů od výrobce EIZO řady RadiForce, CuratOR (zdravotnické monitory) a DuraVision (průmyslové monitory). Parametry pro srovnání displejů byly:

- Úhlopříčka displeje
- Typ panelu

Tabulka 2 Cenové srovnání zdravotnických a průmyslových monitorů

Parametry/Model	EIZO RadiForce GX340	EIZO CuratOR LX491W	EIZO DuraVison FDF2306W	EIZO DuraVision FDF4627W-IP
Úhlopříčka displeje (v palcích)	21	49	23	46
Rozlišení	1536 x 2048 px	1920 x 1080 px	1920 x 1080 px	1920 x 1080 px
Poměr stran	3:4	16:9	16:9	16:9
Typ panelu	IPS	IPS	TN	VA
Cena bez DPH	115 990 Kč	142 990 Kč	18 150 Kč	78 940 Kč

Z výše uvedené tabulky vidíme, že ceny zdravotnických monitorů s IPS panely jsou výrazně dražší než průmyslové monitory, které mají levnější technologii panelů (TN a VA).

7 Závěr

Účelem této bakalářské práce na téma „Displeje z tekutých krystalů pro speciální použití“ bylo popsání a analýza různých typů LCD displejů, určených pro speciální použití. Toto téma je v dnešní době velmi aktuální, protože s LCD displeji se každý z nás setkává téměř každý den. V rámci konkurenčního boje výrobci LCD monitorů usilují o zlepšování technologií ve snaze nabídnout uživatelům to nejlepší, co je v dnešní době technologicky možné. Velmi častou praktikou výrobců je klamání spotřebitelů označováním technologií názvy, které neúplně odpovídají principu činnosti výrobků (například LED – ve skutečnosti LCD s LED podsvícením). Mým záměrem při zpracování této práce bylo přiblížit toto téma veřejnosti a usnadnit čtenářům orientaci na velmi přeplněném trhu s LCD displeji. Po přečtení této práce by měl čtenář získat obecný přehled, který mu pomůže při orientaci v dané problematice a eventuálně poslouží jako nástroj při výběru LCD displejů, jako např. televizorů, monitorů, mobilních telefonů, specializovaných monitorů a dalších výrobků.

V dnešní době se i u monitorů pro speciální použití nejčastěji setkáme s LCD displeji, které využívají LED podsvícení a tato technologie je výrobcí prezentována jako LED technologie. Podle mého názoru jsou LCD displeje na svém vrcholu kvůli omezeným možnostem tekutých krystalů. Rozvoj této technologie závisí na vývoji vylepšení podsvícení a jednotlivých vlastností tekutých krystalů, což na druhou stranu bohužel ve většině případů způsobuje nárůst cen výrobků.

Při psaní této bakalářské práce jsem vycházel z různých zdrojů. Vzhledem k nedostatku knižní literatury k tomuto tématu, jsem převážně čerpal z webových odborných stránek, materiálů získaných od výrobců monitorů a z vlastních zkušeností z nemocničního prostředí, kde se nachází speciální zdravotnické monitory.

Téma LCD displejů a technologie tekutých krystalů je velmi obsáhlé, ale vzhledem k rozsahovému omezení bakalářské práce myslím, že jsem v dostatečné míře čtenáři představil hlavní rozdělení monitorů a technologií, které jsem zařadil k jednotlivým specializacím a nejčastějšímu využití ve světě, což byl hlavní cíl této bakalářské práce.

8 Seznam použitých zdrojů

1. KOVAČ, Pavel. Jak to všechno začalo. *Svět hardware*. [Online] 21. 7 2005. [Citace: 19. 1 2019.] <https://www.svethardware.cz/tekute-krystaly-jak-to-vsechno-zacalo/12311>.
2. MATOUŠEK, D. *Práce s inteligentními displeji LCD, 1. díl - znakové a grafické displeje, přípravky a programy*. Praha : BEN - Technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-121-7.
3. Kapalné krystaly. *Encyklopedie fyziky*. [Online] [Citace: 20. 1 2019.] <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/646-displej-z-kapalnych-krystalu-lcd>.
4. KRATOCHVÍL, B., ŠVORČÍK, V. a VOJTĚCH, D. *Úvod do studia materiálů*. Praha : Vydavatelství VŠCHT, 2005. ISBN 80-7080-568-4.
5. Doc. Ing. ŠAVEL, Josef, CSc. *Elektrotechnologie: Materiály, technologie a výroba v elektronice a elektrotechnice*. Praha : BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-190-X.
6. KOVAČ, Pavel. Technologie LCD panelů. *Svět hardware*. [Online] 8. 2 2013. [Citace: 21. 1 2019.] <https://www.svethardware.cz/technologie-lcd-panelu/14465>.
7. LIGMAJER, Tomáš. Technologie podsvícení LCD televizorů. *TV FREAK*. [Online] 27. 6 2011. [Citace: 25. 1 2019.] <https://www.tvfreak.cz/technologie-podsviceni-lcd-televizoru/4352>.
8. Typy podsvícení LCD. *Display - LCD*. [Online] [Citace: 25. 1 2019.] <http://www.display-lcd.cz/typy-podsviceni-lcd>.
9. LIGMAJER, Tomáš. Technologie podsvícení LCD televizorů. *TV FREAK*. [Online] 27. 6 2011. [Citace: 25. 1 2019.] <https://www.tvfreak.cz/technologie-podsviceni-lcd-televizoru/4352-2..>
10. KOŘENEK, Jaroslav. Reflexivní LCD displeje a jejich princip. *Projekty SIPVZ*. [Online] 27. 11 2015. [Citace: 26. 1 2019.] <http://projektysipvz.gytool.cz/ProjektySIPVZ/Default.aspx?uid=89>.
11. —. Transmisivní LCD displeje a jejich princip. *Projekty SIPVZ*. [Online] 27. 11 2005. [Citace: 26. 1 2019.] <http://projektysipvz.gytool.cz/ProjektySIPVZ/Default.aspx?uid=145>.
12. SNÁŠEL, Jaroslav. Displeje mobilů: jak fungují a jak se liší. *Mobil mania*. [Online] 29. 6 2004. [Citace: 28. 1 2019.] <https://www.mobilmania.cz/clanky/displeje-mobilu-jak-funguji-a-cim-se-lisi/sc-3-a-1107606/default.aspx>.
13. KABÁT, Zdeněk. Technologie TFT LCD displeje. *Svět Hardware*. [Online] 17. 3 2003. [Citace: 1. 2 2019.] <https://www.svethardware.cz/technologie-tft-lcd-displeje/7555>.
14. KWOLEK, Jiří. Průvodce plochými panely: TN, IPS, MVA. *PC Tuning*. [Online] 16. 5 2005. [Citace: 1. 2 2019.] <https://pctuning.tyden.cz/component/content/4509?task=view>.

15. JIŘÍČEK, Radek. Princip vašeho LCD displeje. *Mobile Effect*. [Online] 14. 5 2013. [Citace: 1. 2 2019.] <http://mobile-effect.cz/clanky/princip-vaseho-lcd-displeje-949904>.
16. KOVAČ, Pavel. Technologie LCD panelů. *Svět hardware*. [Online] 8. 2 2013. [Citace: 3. 2 2019.] <https://www.svethardware.cz/technologie-lcd-panelu/14465-2>.
17. Plasma vs. LCD souboj technologií. *TV FREAK*. [Online] 27. 11 2008. [Citace: 3. 2 2019.] <https://www.tvfreak.cz/plazma-vs-lcd-souboj-technologie/2768>.
18. KOVAČ, Pavel. Technologie LCD panelů. *Svět hardware*. [Online] 8. 2 2013. [Citace: 5. 2 2019.] <https://www.svethardware.cz/technologie-lcd-panelu/14465-3>.
19. Monitory pro kancelářskou práci. *HW Forum*. [Online] [Citace: 20. 2 2019.] <https://www.hwforum.cz/lcd-monitory/monitory-pro-kancelarskou-praci.html>.
20. Inteligentní řešení značky EIZO pro použití monitorů ve zdravotnictví. *EIZO*. [Online] [Citace: 10. 3 2019.] <https://www.eizo.cz/oblasti-pouziti/medizin/vsechny-oblasti/>.
21. Home. *DICOM*. [Online] [Citace: 15. 3 2019.] <https://www.dicomstandard.org/>.
22. SÚKUPOVÁ, Lucie. Co je to PACS a DICOM? *Lucie Sukupová*. [Online] [Citace: 15. 3 2019.] <http://www.sukupova.cz/co-je-to-pacs-a-dicom/>.
23. Průmyslové LCD monitory. *ELVAC*. [Online] [Citace: 15. 3 2019.] <https://www.elvac.eu/Default.aspx?tabid=701&Display=CategoryView&CategoryId=97299&language=cs-CZ>.
24. Průmyslové monitory a LCD kity. *IPC AutoCont*. [Online] [Citace: 15. 3 2019.] <https://www.autocont-ipc.cz/produkty/prumyslove-periferie-a-komponenty/prumyslove-monitory-a-lcd-kity/>.
25. ŠKOPEK, Pavel. Techbox: dotykové displeje - čím se liší rezistivní od kapacitního? *Mobilnet.cz*. [Online] 15. 3 2013. [Citace: 20. 3 2019.] <https://mobilnet.cz/clanky/techbox-dotykovye-displeje---cim-se-lisi-rezistivni-od-kapacitniho-11566>.
26. Rezistivní vs. kapacitní dotykový monitor. *CODEWARE*. [Online] [Citace: 21. 03 2019.] <http://www.codeware.cz/blog/rezistivni-vs-kapacitni-dotykovy-monitor>.
27. SNÁŠEL, Jaroslav. Už vím, jak fungují dotykové displeje. *Mobilmania.cz*. [Online] 4. 11 2004. [Citace: 21. 3 2019.] <https://www.mobilmania.cz/clanky/uz-vim-jak-funguji-dotykovye-displeje/sc-3-a-1108570/default.aspx>.
28. KURUC, Pavel. Ovládání dotykem a gesty: od mobilů a her míří k počítači. *Živě*. [Online] 23. 6 2010. [Citace: 21. 3 2019.] <https://www.zive.cz/clanky/ovladani-dotykem-a-gesty-od-mobilu-a-her-miri-k-pocitaci/kapacitni-displeje-ovladani-pohybem-tela/sc-3-a-152778-ch-71900/default.aspx#articleStart>.
29. FORTES, Tým. Jak fungují dotykové technologie. *FORTES*. [Online] 26. 9 2016. [Citace: 21. 3 2019.] <http://www.fortes.cz/jak-funguji-dotykovye-technologie/>.

30. SVOBODA, Jiří, GLOGAROVÁ, Milada. Kapalné krystaly. *DOCPLAYER*. [Online] [Citace: 20. 1 2019.] <http://docplayer.cz/28538464-5-kapalne-krystaly-jiri-svoboda-a-milada-glogarova-b-praha-6-mail-obsah.html>.


9 Přílohy

Příloha 1 EIZO ceník zdravotnických monitorů


medical imaging		EIZO high-end-monitors	
		Ceník EIZO Medical platný od 1. 1. 2019 Ing. Miroslav Vondráček telefon: +420 222 319 712 mobil: 724 328 036 e-mail: miroslav.vondracek@eizo.com EIZO Europe GmbH, organizační složka www.eizo.cz, www.radiforce.com	
		RadiForce	
Produkt	Popis	Ceny uváděny bez DPH	dop. koncová
MONOCHROMATICKÉ DIAGNOSTICKÉ MONITORY			
EIZO RadiForce 2 Megapixel Medical Monochromatický LCD monitor			
GX240	21,3" LED backlight, 1600x1200, U=176°/176°, 1200cd/m2, K=1400:1, 1024/16369greyscale, DUE Integrovaný Front senzor pro automatickou kalibraci dle DICOM, Ambient light senzor	78 990 Kč	
Doporučená grafická karta MED-XN51LP			
EIZO RadiForce 3 Megapixel Medical Monochromatický LCD monitor			
GX340	21.3", LED BackLight, 1536x2048, U=176°/176°, 1200cd/m, K=1400:1, 1024/16369greyscale, DUE Integrovaný Front senzor pro automatickou kalibraci dle DICOM, Ambient light senzor	115 990 Kč	
Doporučená grafická karta MED-XN71			
EIZO RadiForce 5 Megapixel Medical Monochromatický LCD monitor			
Mammografický LCD			
GX560	21.3", LED, 2048x2560, 2 500 cd/m, K=1700:1, 10/8 bit, LUT 14bit-16369 stupňů šedé, DUE, 2xDVI-I DUE, DVI-D, Display Port, Integrovaný Front senzor pro aut. kalibraci dle DICOM, Ambient light senzor	188 900 Kč	
Doporučená grafická karta MED-XN91			
GX560-MD	(MammoDuo) dva kusy párovaných monitorů GX560 s duálním ergonomickým stojanem pro oba monitory 21.3", LED, 2048x2560, 2 500 cd/m, K=1700:1, 10/8 bit, LUT 14bit-16369 stupňů šedé, DUE, 2xDVI-I DUE, DVI-D, Display Port, Integrovaný Front senzor pro aut. kalibraci dle DICOM, Ambient light senzor	377 800 Kč	
Doporučená grafická karta MED-XN91			
BAREVNÉ DIAGNOSTICKÉ MONITORY			
EIZO RadiForce 2 Megapixel Medical Color LCD monitor			
RX250	21,3" LED backlight, 1600x1200, U=178°/178°, 800cd/m2, K=1400:1, 10/8 bit, DUE	77 990 Kč	
Doporučená grafická karta MED-XN51LP			
EIZO RadiForce 3 Megapixel Medical Color LCD monitor			
RX360	21.3", LED BackLight, 1536x2048, U=178°/178°, 1100cd/m, K=1500:1, DUE, DVI-D (dual link), 2xDI	101 470 Kč	
Doporučená grafická karta MED-XN71			
EIZO RadiForce 5 Megapixel Medical Color LCD monitor			
Mammografický LCD			
RX560	21.3", LED BackLight, 2048x2560, 1100cd/m, K=1500:1, 10/8 bit, DUE, DVI-D, Display Port Integrovaný Front senzor pro automatickou kalibraci dle DICOM, Ambient light senzor	188 900 Kč	
Doporučená grafická karta MED-XN91			
Mammografický LCD			
RX560MD (MammoDuo) dva kusy párovaných monitorů RX560 s duálním ergonomickým stojanem pro oba monitory			
RX560MD	21.3", LED BackLight, 2048x2560, 1100cd/m, K=1500:1, 10/8 bit, DUE, DVI-D, Display Port Integrovaný Front senzor pro automatickou kalibraci dle DICOM, Ambient light senzor	377 800 Kč	
Doporučená grafická karta MED-XN91			
EIZO RadiForce 6 Megapixel Medical Color LCD monitor			
RX660	30", LED BackLight, 3280x2048, U=176°/176°, 1000cd/m, K=1500:1, DUE, 2xDVI-D (duallink), 1xDP RX650: Anti-Glare coating	231 990 Kč	
Doporučená grafická karta MED-XN71			
RX660-A	30", LED BackLight, 3280x2048, U=176°/176°, 1000cd/m, K=1500:1, DUE, 2xDVI-D (duallink), 1xDP RX650: Anti-Reflection coating, Color TFT LCD Panel (IPS)	248 990 Kč	
Doporučená grafická karta MED-XN71			
MAMMOGRAFICKÝ EIZO RadiForce 8 Megapixel Medical Color LCD monitor			
RX850	31,1", 4096 x 2160 (17:9), 850 cd/m2, K=1450:1, 10bit, DUE, 2xDVI-D, 2xDP RX850: Anti-Glare coating, Color TFT LCD Panel (IPS), Mammography and General Radiography	305 990 Kč	
Doporučená grafická karta MED-XN91			
RX850-AP	31,1", 4096 x 2160 (17:9), 850 cd/m2, K=1450:1, 10bit, DUE, 2xDVI-D, 2xDP RX850: Anti-Reflection coating, Color TFT LCD Panel (IPS), Mammography and General Radiography	327 850 Kč	
Doporučená grafická karta MED-XN91			

KLINICKÉ NÁHLEDOVÉ MONITORY

EIZO RadiForce 1,3 Megapixel Medical Color LCD monitor

MX194  19", 1280x1024, DICOM, K=2000:1, 350cd/m², DUE, DVI, DP, D-Sub MDD 93/42/EEC 14 490 Kč


EIZO RadiForce 2 Megapixel Color LCD monitor

MX215  21", LED BackLight, 1200x1600, 3:4, K=1500:1, 420 cd/m², Medical Device Directive: 93/42/EEC 25 990 Kč

EIZO RadiForce 2MP Megapixel WIDE TOUCH Color LCD monitor

MS236WT 23", LED BackLight, 1920x1080, U=178°/178°, K 1000:1, LUT10Bit, 260cd/m², DP, DVI-I, D-sub 31 900 Kč

EIZO RadiForce 2,3 Megapixel WIDE Color LCD monitor

MX242W  24,1" LED BackLight, 1920x1200, 16:10, K1000:1, 350cd/m², 1xDVI-I, 1xDP, MDD: 93/42/EEC 32 700 Kč

EIZO RadiForce 8 Megapixel Wide Color LCD monitor

MX315  31,1", LED, 4K, 4096x2160, DICOM, DUE, 10Bit-DP, K1300:1, 450cd/m², Work-and-Flow, MDD: 93 111 000 Kč

Quality control tools (nástroje řízení kvality zobrazení)

UX2-Sensor Kal.kit Fotosenzor + SW RadiCS, bar. i monochrom. DICOM Part 14, Win XP/2000, 31 500 Kč

ENDOSKOPICKÉ MONITORY

EIZO RadiForce FULL HD Color Endoscopy LCD monitor - bílý rámeček

EX270W-DVI 27" LED BackLight, 1920x1080, 16:9, K1000:1, 600cd/m², 1xDVI-D, IP65 (Front) 93/42/EEC 85 320 Kč

EX270W-TDL 27" LED BackLight, 1920x1080, 16:9, K1000:1, 600cd/m², 1xTDL, IP65 (Front) 93/42/EEC 86 990 Kč

EX270W-3G-S 27" LED BackLight, 1920x1080, 16:9, K1000:1, 600cd/m², 1x3G-SDI, IP65 (Front) 93/42/EEC 103 590 Kč

EX270W-HDL 27" LED BackLight, 1920x1080, 16:9, K1000:1, 600cd/m², 1xHDL, IP65 (Front) 93/42/EEC 89 990 Kč

bílá barva

EX2620 EIZO CuratOR Medical monitor 26" 2D LED FullHD26" (66cm), 16:9, 1920 x 1080 pixels, 8,1kg, 24" 132 990 Kč

bílá barva Dual Display, vstupy: BNC (3G-SDI) x 1, BNC (Composite) x 1, S-Video x 1, DVI-D x 2, D-sub 15pin(mini) x 1

výstupy: BNC (3G-SDI) x 1, BNC (Composite) x 1, S-Video x 1, DVI-D x 1

VESA 100, jas 700cd/m², K 1400:1, IP45 zepředu, IP32 zezadu,

EX2620-3D EIZO CuratOR Medical monitor 26" 3D LED FullHD 26" (66cm), 16:9, 1920 x 1080pixels, 8,5kg, 24" 212 990 Kč

černá barva před Dual Display, vstupy: BNC (3G-SDI) x 2, BNC (Composite) x 1, BNC (RGB C-sync nebo Component) x 1 set

bílá ze zadu S-Video x 1, DVI-D x 2 (HDCP), D-sub 15pin(mini) x 1

Výstupy: BNC (3G-SDI) x 2, BNC (Composite) x 1, BNC (RGB C-sync nebo Component) x 1set,

S-Video x 1, DVI-D x 1

VESA 100, jas 580 cd/m², Contrast 1400:1, IP45 (zepředu) / IP32 (zezadu)

EIZO 3D brýle 3 x, úprava proti zamlžení - Fogless

EX3220 EIZO CuratOR Medical monitor 32" 3D LED FullHD 32" (80cm), 16:9, 1920 x 1080 pixels, 9,9kg, 24" 174 990 Kč

bílá barva Dual Display, vstupy: BNC (3G-SDI) x 2, BNC (Composite) x 1, BNC (RGB C-sync nebo Component) x 1 set,

S-Video x 1, DVI-D x 2 (HDCP), D-sub 15pin(mini) x 1

Výstupy: BNC (3G-SDI) x 2, BNC (Composite) x 1, BNC (RGB C-sync nebo Component) x 1set,

S-Video x 1, DVI-D x 1

VESA 100 & 200, jas 650 cd/m², Contrast 1400:1, IP45 (zepředu) / IP32 (zezadu)

EX3220-3D EIZO CuratOR Medical monitor 32" 3D LED FullHD 32" (80 cm), 16:9, 1920 x 1080 pixels, 10,0 kg, 24" 264 990 Kč

černá barva Dual Display, vstupy: BNC (3G-SDI) x 2, BNC (Composite) x 1, BNC (RGB C-sync nebo Component) x 1 set

S-Video x 1, DVI-D x 2 (HDCP), D-sub 15pin(mini) x 1

Výstupy: BNC (3G-SDI) x 2, BNC (Composite) x 1, BNC (RGB C-sync nebo Component) x 1set,

S-Video x 1, DVI-D x 1

VESA 100 & 200, jas 650 cd/m², Contrast 1400:1, IP45 (zepředu) / IP32 (zezadu)

EIZO 3D brýle 3 x, úprava proti zamlžení - Fogless

EX3140 EIZO CuratOR Medical monitor 31,1" 3D LED UHD 31,1" (78,9 cm), 3840 x 2160 pixels, 11,2 kg, 24" 269 990 Kč

bílá barva vstupy: BNC (3G-SDI) x 4, DisplayPort x 1, DVI-D x 2 (HDCP)

Výstupy: BNC (3G-SDI) x 4, DVI-D x 1,

VESA 100 & 200, jas 650 cd/m², Contrast 1400:1, IP45 (zepředu) / IP32 (zezadu)

MODALITY A DIAGNOSTICKÉ MONITORY (EX SIEMENS GERMANY)

EIZO RadiForce 1,3 Megapixel Color LCD monitor - Vysoký jas

CuratOR EX191 19" 1280 x 1024, 700 cd/m² K=900:1, DVI-I, D-sub, 4pin-MiniDIN, 3xBNC, 1xBNC 66 990 Kč

EIZO RadiForce 1,3 Megapixel Medical Color LCD monitor

SCD19102D 19" 1280 x 1024, 280 cd/m² K=600:1, DVI-I, D-sub, 4 pin-MiniDIN, BNC 56 400 Kč

VELKOPLOŠNÉ MONITORY

EIZO LX491W 49", 2MP, 1920x1080,700cd/m2,1300:1,Vstupy: DVH, DVI-D, 3G-SDI, Composite, VGA, S-Video 142 990 Kč
Výstupy: 3G-SDI, Composite, VGA, S-Video

Grafické karty - nová generace pro nové systémy Windows

Výrobce nVidia

MED-XN51LP	Low Profile, 4GB GDDR5, 4xminiDisplayPort1.2, PCIe3.0(16x), WIN7,8,10 (32/64bit)	12 390 Kč
MED-XN71	5GB GDDR5, 4 x DisplayPort1.2, PCIe3.0(16x), WIN7,8,10 (32/64bit)	16 650 Kč
MED-XN91	8GB GDDR5, 4 x DisplayPort1.2, PCIe3.0(16x), WIN7,8,10 (32/64bit)	30 990 Kč

Příloha 2 EIZO ceník průmyslových monitorů

Průmyslové monitory-DuraVision	STOLNÍ MONITORY SE STOJANEM
Tovární haly, kiosky	FDX1003 - 10,4" , 1024x768 - 15.190,- Kč FDSV1201 - 12,1", 800x600 - 7.350,- Kč - pouze šedý I FDX1203 - 12,1", 1024x768 - 18.190,- Kč - pouze šedý FDX1501-A - 15" , 1024x768 - 8.270,- Kč
Rychlé snímkové zobrazování	
Dohledové/monitorovací - kamerové	FDS1703 - 17", 1280x1024, BNC, VGA - 11.990,- Kč FDS1903 - 19", 1280x1024, BNC, VGA - 13.960,- Kč FDF2305W - 23", 1920x1080, PC + HDMI, 5000:1 - 11.590,- Kč FDF2306W - 23", 5000:1, Visibility optimizer - 18.150,- Kč
IP monitory - přímé dekódování videa - RJ45 až 16kamer - současné zobrazování	FDF2304W-IP - 23", 1920x1080, RJ-45, HDMI, RTSP/ONVIF - 46.790,- Kč FDF4627W-IP - 46", 1920x1080, RJ-45, HDMI, RTSP/ONVIF - 78.940,- Kč
Dotykové panely	FDX1003T - 10,4", 1024x768 - 18.390,- Kč FDX1203T - 12,1", 1024x768 - 18.850,- Kč - pouze šedý FDSV1201T - 12,1", 800x600 - 9.960,- Kč - pouze šedý FDX1501-A-T - 15" , 1024x768 - 11.320,- Kč FDS1721T - 17", 1280x1024 - 12.840,- Kč FDS1921T - 19", 1280x1024 - 18.560,- Kč - pouze šedý FDS1782T - 17", 1280x1024, - 20.290,- Kč FDF2382WT - 24", 1920x1080 - 20.290,- Kč
Záruka na uvedené modely 24měsíců včetně nepřetržitého provozu 24hod!!!!	
Uvedené ceny jsou bez DPH	