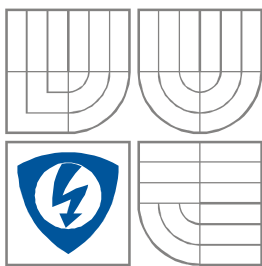


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

3D ZOBRAZOVACÍ JEDNOTKA

3D DISPLAY DEVICE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. TOMÁŠ VARGA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. FRANTIŠEK BURIAN

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Kybernetika, automatizace a měření

Student: Bc. Tomáš Varga
Ročník: 2

ID: 98396
Akademický rok: 2011/2012

NÁZEV TÉMATU:

3D zobrazovací jednotka

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Úkolem studenta je realizovat v předchozí semestrální práci navrženou 3D zobrazovací jednotku. To v sobě zahrnuje návrh plošného spoje rotující části s vlastním displejem, a plošného spoje pevné části se zdrojem. Oživení plošných spojů a naplnění programovatelných částí základním řídicím programem pro plnou funkci stroje. Dále bude nutné navrhnout 3D obrazec, který bude displej zobrazovat.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

POON, Ting-Chung. Digital holography and three-dimensional display: principles and applications. New York: Springer, c2006, 430 s. ISBN 03-873-1340-0.

Termín zadání: 6.2.2012

Termín odevzdání: 21.5.2012

Vedoucí práce: Ing. František Burian

Konzultanti diplomové práce:

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Na základe binokulárneho videnia je ľudské oko schopné vytvoriť priestorový vnem pozorovaného predmetu. V súčasnosti je 3D zobrazovanie na dvojdimenzionálnom povrchu v móde, najmä v kinematografickom priemysle. Avšak 3D zobrazovanie sa postupne dostáva aj do ďalších priemyslov, ale najmä do ďalších častí bežného života (reklamy, prezentácie, zábava...). 3D obraz môže byť vytvorený rôznymi spôsobmi, niektoré z nich sú bližšie popísané v diplomovej práci. Diplomová práca sa venuje popisu a zostaveniu 3D zobrazovacej jednotky, ktorá zabezpečí trojrozmerný obraz bez použitia pomocných predmetov ako sú napr. okuliare. Zobrazovacia jednotka vytvára trojrozmerný obraz na základnej úrovni, ktorý je tvorený zabezpečením vysokej rýchlosti otáčok displeja a zobrazením aktuálneho rezu objektu v presne stanovených úsekoch.

Kľúčové slová

Zobrazovacia jednotka, 3D, návrhový systém Eagle, mikrokontrolér

Abstract

Based on binocular vision the human eye is capable of generating the observed spatial perception of the object. Nowadays 3D imaging of two-dimensional surface is in vogue especially in the cinema industry. However, 3D imaging is gradually getting into other industries especially in other parts of everyday life (advertisements, presentations, entertainment ...). 3D images can be created in various ways, some of which are detailed in this master's thesis. This thesis deals with the description and the drawing up of a 3D display which provides a three-dimensional image without using auxiliary objects such as glasses. The display unit produces a three-dimensional image at a fundamental level, which consists of providing high-speed rotation of the display and creates the current portion of the object in specified sections.

Keywords

Display device, 3D, Eagle layout editor, microcontroller

Bibliografická citácia:

VARGA, T. *3D zobrazovací jednotka*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 63s. Vedoucí diplomové práce byl Ing. František Burian

Prehlásenie

„Prehlasujem, že svoju diplomovú prácu na tému 3D zobrazovacia jednotka som vypracoval sám pod vedením vedúceho diplomovej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej diplomovej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, najmä som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích osobnostných autorských práv a som si plne vedomí následkov porušenia ustanovení § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Sb., vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovení druhej časti, hlavy VI. diel 4 Trestného zákonníka č. 40/2009 Sb.“

V Brne dňa: 18. mája 2012

.....
podpis autora

Pod'akovanie

Touto cestou vyslovujem pod'akovanie vedúcemu diplomovej práce Ing. Františkovi Burianovi za pomoc, odborné vedenie, cenné rady a pripomienky pri vypracovaní mojej diplomovej práce.

V Brne dňa: 18. mája 2012

.....
podpis autora

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Súčasný stav	12
2.1	Základy tvorby 3D obrazu	12
2.1.1	Anaglyf [10].....	13
2.1.2	3D polarizácia [10].....	14
2.1.3	Shutter [10].....	14
2.1.4	Autostereo 3D [10].....	15
2.1.5	3D LED obrazovka (kocka)	17
2.1.6	3D LED glóbus	18
3	Vlastný návrh	20
3.1	Rotujúci maticový LED zobrazovač	20
3.1.1	3D maticový displej	21
3.2	Rýchlosť otáčania.....	22
3.3	Výpočet obrazových dát.....	23
3.4	Synchronizácia vykresľovania obrázkov na základe otáčok.....	24
3.5	LED driver MAX6960 [16]	25
3.6	Použitý mikrokontrolér [21].....	27
3.7	Zmena logických úrovní	28
3.8	Napájanie rotujúcej časti	29
3.9	Snímanie otáčok.....	30
4	Konštrukcia	32
4.1	Rám s motorom	32
4.1.1	Rám	32
4.1.2	Motor.....	33
4.2	Uchytenie a umiestnenie displeja.....	34
4.3	Prenos napájania na rotujúcu časť	36
4.4	Vyváženie.....	37
4.5	Návrh a výroba hardvérovej časti.....	38
4.5.1	Návrh plošných spojov.....	38
4.5.2	Výroba plošných spojov.....	39
4.6	Oživenie hardvérovej časti	39
4.6.1	Plošný spoj displeja.....	39
4.6.2	Plošný spoj riadiacej elektroniky	40

4.6.3	Plošný spoj zdroja	41
5	Programovanie	42
5.1	Použitý programátor AVRISP mkII	42
5.2	Softvér.....	43
5.2.1	Základné oživenie a testovanie zobrazenia	43
5.2.2	Synchronizácia otáčok so sekvenciou obrazu	45
5.2.3	Popis vývojového diagramu programu [3].....	46
6	Záver	48

Zoznam obrázkov

Obr. 1 - Okuliare pre technológiu anaglyf	13
Obr. 2 - Obrázok anaglyf	13
Obr. 3 - Polarizačné okuliare	14
Obr. 4 - 3D obraz s a bez okuliarov	15
Obr. 5 - Parallax barrier filter [11]	16
Obr. 6 - Lentikulárny filter [11]	17
Obr. 7 - LED kocka [22]	17
Obr. 8 - Rôzne realizácie POV efektu [19], [17]	18
Obr. 9 – Bloková schéma zobrazovacieho zariadenia.....	21
Obr. 10 – Principiálne usporiadanie zobrazovacieho zariadenia	22
Obr. 11 – Animácia [6]	22
Obr. 12 – Dráha LED diód.....	24
Obr. 13 – Rozloženie pinov obvodu MAX6960 [16].....	25
Obr. 14 – Zapojenie obvodu MAX6960	26
Obr. 15 – Bloková schéma mikrokontroléru [21]	27
Obr. 16 - Zapojenie mikrokontroléru a pamäte EEPROM.....	28
Obr. 17 – Zapojenie obvodu 74LVC244A.....	29
Obr. 18 – Napájanie mikrokontroléra	29
Obr. 19 – Zapojenie regulátora LM317	30
Obr. 20 – Schéma zapojenia zdrojovej jednotky.....	30
Obr. 21 – Nosné nožičky.....	32
Obr. 22 - Hriadeľ s ložiskom a motorom	33
Obr. 23 – Spojka	34
Obr. 24 – Uchytenie displeja pomocou konzoly	35
Obr. 25 – Pôvodný plán uchytenia displeja	35
Obr. 26 – Finálna verzia uchytenia displeja.....	36
Obr. 27 – Komutátor s jazýčkami	37
Obr. 28 – Proces vyvažovania.....	37
Obr. 29 – Vyváženie displeja.....	38
Obr. 30 – Testovanie funkčnosti displeja.....	40
Obr. 31 – Programátor AVRISP mkII [8]	42
Obr. 32 – Ukážka 8 bitového adresovania [16].....	43
Obr. 33 – Priebeh znázornenia obrazu	44

Obr. 34 – Fototranzistor a LED dióda.....	45
Obr. 35 – Vývojový diagram programu	46

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 – Signály mikrokontroléru a MAX6960.....	27
--	----

1 ÚVOD

Na základe binokulárneho videnia je ľudské oko schopné vytvoriť priestorový vnem pozorovaného predmetu. V súčasnosti je 3D zobrazovanie na dvojdimenzionálnom povrchu v móde, najmä v kinematografickom priemysle. Avšak 3D zobrazovanie sa postupne dostáva aj do ďalších priemyslov, ale najmä do ďalších častí bežného života (reklamy, prezentácie, zábava...). 3D obraz môže byť vytvorený rôznymi spôsobmi. Diplomová práca popíše súčasný stav 3D zobrazovacích jednotiek, princípy používané pri trojrozmernom zobrazovaní a problematiku dostupných technológií na trhu. Bližšie sa popíšu zobrazovače, ktoré si vyžadujú aktívnu súčasť na strane pozorovateľa, ale aj tie ktoré nie.

Diplomová práca sa venuje návrhu a realizácii 3D zobrazovacej jednotky, ktorá zabezpečí trojrozmerný obraz bez použitia pomocných predmetov ako sú napr. okuliare na strane užívateľa. Zobrazovacia jednotka vytvára trojrozmerný obraz na základnej úrovni, ktorý je tvorený zabezpečením vysokej rýchlosti otáčok displeja a zobrazením aktuálneho rezu objektu v presne stanovených úsekoch.

Výsledkom vlastnej práce bude samotný návrh zobrazovacej jednotky, konštrukcie celého zariadenia a elektrického napájania. Práca popíše použité metódy, postupy, problémy a spôsoby ich riešenia.

V závere práce budú zhodnotené dosiahnuté výsledky a sformulované prípadné návrhy na vylepšenie.

2 SÚČASNÝ STAV

K tomu, aby sme pochopili, ako sa stane z dvojdimenzionálneho obrazu trojrozmerný je nutné poznať fungovanie ľudského videnia. Ľudské videnie je tzv. binokulárne videnie. Binokulárne videnie je schopnosť vidieť oboma očami súčasne. Vďaka tejto schopnosti dochádza k dokonalému zlúčeniu obrazov, ktoré vidíme pravým a ľavým okom.

Binokulárne videnie môžeme definovať aj ako koordinovanú senzomotorickú činnosť oboch očí umožňujúcu vytvorenie obrazu na odpovedajúcich si miestach sietnice oboch očí. Vďaka tomu je mozog schopný vytvoriť priestorový vnem pozorovaného predmetu. Na vzniku ostrého, binokulárne vnímaného obrazu musia čo najpresnejšie spolupracovať viaceré zložky:

- **optická** - zaisťuje vytvorenie ostrého obrazu na sietnici,
- **motorická** - zaisťuje také postavenie očného páru, aby svetlo pozorovaného predmetu dopadalo na žltú škvrnu sietnice každého oka,
- **senzorická** - prevedie elektrochemické podnety z dopadajúceho svetla do vysoko špecializovaných korových centier mozgu = vznik zrakového vnemu. [12]

Obrázok, ktorý človek vníma oboma očami nie je identický s tým istým obrázkom pozorovaným len jedným okom. Po odmyslení si rozdielu, že každé oko vidí inú plochu obrázka sa vynárajú rozdiely v hĺbke. Vzdialenosti medzi jednotlivými predmetmi mozog stanovuje na základe rozdielov medzi obrázkami pozorovanými pravým a ľavým okom. Toto tvrdenie je možné ľahko dokázať jednoduchým experimentom. Najskôr si zakryjeme pravé oko a zdvihnutým prstom zakryme ktorékoľvek slovo z tohto textu, tak aby bol prst cca 10 centimetrov od papiera. Následne si zakryme ľavé oko a prst ponecháme na tom istom mieste. Ľavým okom vidíme slovo, ktoré pravým okom nebolo viditeľné. [10]

2.1 Základy tvorby 3D obrazu

Na základe hore uvedeného princípu môžeme jednoducho reprodukovat' priestorový efekt na dvojdimenzionálnom povrchu, keď dokážeme informácie rozdeliť tak, aby jednu časť videlo len ľavé, druhú len pravé oko. V nasledujúcom texte budú popísané práve tie metódy, ktoré využívajú tento princíp k tvorbe trojrozmerného obrazu.

2.1.1 Anaglyf [10]

Technológia používajúca anaglyf funguje na báze filtrácie farieb. Na snímanie anaglyfového obrazu pozorovateľ potrebuje okuliare s dvomi rôznymi farebnými filtermi. Najčastejšie sa používa červeno – ciánová, alebo žltá – modrá kombinácia. Anaglyfový obraz obsahuje informácie pre ľavé a aj pre pravé oko. Filter pre ľavé oko filtruje informácie, ktoré sú len pre ľavé oko a filter určený pre pravé zviditeľňuje informácie preň určené.



Obr. 1 - Okuliare pre technológiu anaglyf

Jedná sa o najlacnejšiu alternatívu tvorby 3D obrazu. Tým sa aj vyčerpali všetky klady tejto technológie, kým záporov existuje viac. Jedným z nich je samotné použitie filtrov čo neumožňuje použitie reálnych farebných obrazov. Ďalším problémom je rozdielnosť filtrov, čo spôsobuje, že oči vidia predmety rôzne svetlé.

Napriek tomu sa jedná o jednu z najrozšírenejších technológií.



Obr. 2 - Obrázok anaglyf

2.1.2 3D polarizácia [10]

Použitím princípu polarizácie, špeciálnych okuliarov a zobrazovacích zariadení dokážeme tiež vytvoriť 3D obraz. V prípade použitia okuliarov máme výhodu, že sú relatívne lacné. Aj v tomto prípade sa jedná o pasívny prostriedok. Okuliare však musia dokázať filtrovať svetlo s rôznou polaritou.



Obr. 3 - Polarizačné okuliare

3D scéna na báze polarizácie je najčastejšie premietaná projektorom. A to jedným kvalitným, a tým pádom aj drahším alebo dvoma lacnejšími menej kvalitnými. Použitie projektorov patrí k najväčším nevýhodám tohto princípu. Ďalej je nutné použiť špeciálne premietacie plátno, ktoré nemodifikuje nastavenú polarizáciu svetla. Polarizácia môže byť lineárna alebo cirkulárna.

Táto technológia sa môže použiť aj v LCD televízoroch. Tu sa použije polarizačný filter, čím sa ale rozlíšenie zníži na polovicu.

3D polarizácia umožňuje sledovanie farebných obrazov v asi najlepšej kvalite a bez nežiadaných vedľajších účinkov.

2.1.3 Shutter [10]

Používa technológiu aktívnych okuliarov. Nejedná sa o zložité riešenie. Zobrazovač striedavo zobrazuje obraz pre ľavé, a potom pre pravé oko, tým užívateľove okuliare zabezpečujú, aby v danom momente videlo len jedno oko. Shutter je v aktívnych okuliarech vlastne monochromatické LCD, ktoré na krátky čas zabráni prechodu svetla.



Obr. 4 - 3D obraz s a bez okuliarov

Základnou časťou shutterových systémov je rýchle zobrazovacie zariadenie. V prípade monitorov sa jedná aspoň o 120 Hz-ovú obnovovaciu frekvenciu. To je presne dva krát toľko čo majú dnešné bežne používané LCD monitory. Pri 3D zobrazovaní týmto spôsobom naše oči majú k dispozícii 60 - 60 obrázkov za sekundu. Táto obnovovacia frekvencia je už dostačujúca na to, aby oči nezaregistrovali „čierne obrazy“. V praxi to, ale u niektorých ľudí môže spôsobiť mierne vibrácie obrazu. Použitím shutterovej technológie dokážeme vytvoriť kvalitný obraz, ktorý ostane zachovaný aj pri plazma alebo LCD televízoroch. Nevýhodou, ale môže byť rýchle unavenie očí kvôli už spomínaným vibráciám.

„Pravé“ 3D okuliare - sú okuliare, ktoré obsahujú malé TFT zobrazovače. Tu je evidentné ako sa vytvorí rôzny obraz pre oči. Ich najväčšou nevýhodou okrem ceny je, že v okuliaroch nič iné nie je vidieť okrem TFT obrazu (oproti predchádzajúcim metódam). Okrem toho je dôležitá aj použitá optika okuliarov, ktorá zabezpečuje, aby sme obrázok na malom TFT videli v normálnej veľkosti.

Nasledujúce technológie nevyžadujú aktívne súčasti na strane pozorovateľa.

2.1.4 Autostereo 3D [10]

Kým všetky 3D stereo systémy potrebujú nejaké okuliare k tomu, aby oči videli rôzny obraz, pri autostereo systémoch nie je potreba použiť podobné pomôcky.

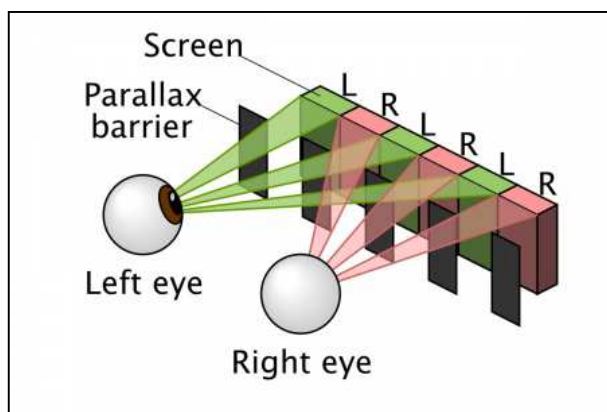
Tieto systémy využívajú precízne smerovanie cesty svetla, ktorým vytvárajú hĺbkový pocit. Povrch zobrazovacieho zariadenia vytvoria tak, aby jednotlivé body obrazu videlo len jedno, kým iné len druhé oko. Tým že máme oči k sebe veľmi blízko, potrebujeme veľmi precízne zhotovenie. Práve táto vlastnosť je ich nevýhodou. Zobrazovacie zariadenie je navrhnuté tak, že len z určitého pozorovacieho bodu dostaneme kvalitný 3D obraz. Ich najväčšou nevýhodou je, keď sa z optimálneho

pozorovacieho bodu len trošku vychýlime, tak hneď dostaneme rozmazaný obraz, čo môže spôsobiť bolesti hlavy.

Autostereoskopické zobrazovacie systémy majú dve základné typy, medzi ktorými dokážeme určiť rozdiely v použítom odkrývajúcom systéme. Jedna obmena sa volá parallax barrier a druhá lenticular. Ako to už býva, obe technológie majú svoje výhody a nevýhody, ale pri obrazovkách s väčšou uhlopriečkou sa výrobcovia prikláňajú k lenticulárnej.

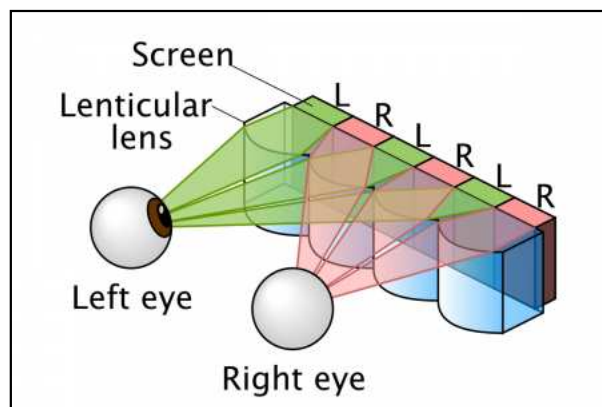
Parallax barrier vs. Lenticular 3D [11]

3D televízory využívajúce technológiu parallax barrier majú integrovaný filter medzi LCD panelom a podsvietením. Filtrom sa v tomto prípade rozumie ďalší LCD panel, ktorý je vypínateľný. Táto metóda funguje pomerne jednoducho. Filter z určitých uhlov blokuje svetlo, čo znamená že každý pixel je vidieť len z určitého miesta. Jednoducho povedané, kým jedným okom vidíme určitý pixel, tak druhým nevidíme, lebo z toho miesta ten určitý obrazový bod nemá podsvietenie. Veľkou výhodou tejto metódy je, že v 2D móde, vypnutím parallax filtra môžeme použiť maximálne rozlíšenie panela.



Obr. 5 - Parallax barrier filter [11]

Oproti tomu lentikulárne filtre sú umiestnené pred LCD panelom a sú zložené zo šošoviek veľkosti pixelov. Každá šošovka má za úlohu, aby svetlo daného obrazového bodu nasmerovala tak, aby ho bolo vidieť len z určitých miest.



Obr. 6 - Lentikulárny filter [11]

Pomocou tejto metódy dokážeme svetlo lepšie nasmerovať. Ďalšou výhodou je že maximálna dosiahnuteľná intenzita svetla je väčšia. Nevýhodou je, že filter je pevný a preto displeje takéhoto typu majú v 2D a aj 3D nižšie rozlíšenie ako ich maximálne fyzické.

2.1.5 3D LED obrazovka (kocka)

Jedná sa o ďalšiu technológiu ktorá dokáže zobrazit' trojrozmerný obraz. Princíp je pomerne jednoduchý. Obraz je tvorený z LED diód, ktoré sú pospájané do trojdimenzionálnej matice. Následne sú namapované tak, aby boli schopné kooperovať pri vytváraní 3D obrazu.

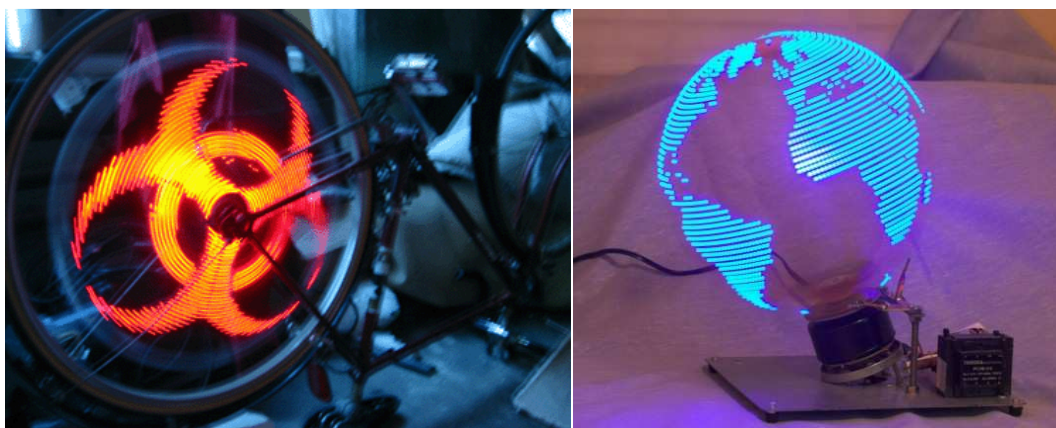


Obr. 7 - LED kocka [22]

Výhodou tejto technológie je že dokážeme vytvoriť trojrozmerný obraz bez použitia aktívnych súčastí na strane používateľa. Na druhej strane má hneď niekoľko nevýhod. Jednou z nich je zložitá konštrukcia, ktorá je spôsobená práve veľkým počtom LED diód. Pri rozlíšení 8x8x8 je celkový počet 512, pri 16x16x16 až 4096 kusov LED diód. Ďalšou veľkou nevýhodou je malé rozlíšenie i pri pomerne veľkých rozmeroch, čo spôsobuje rozmazaný obraz. Navyše bežne sa dané objekty zobrazujú len jednofarebne. Existujú však aj varianty s farebným zobrazením pri použití RGB LED diód, čo ale celé zapojenie ešte skomplikuje a aj zdraží.

2.1.6 3D LED glóbus

Jedná sa o zariadenia, ktoré sa skladajú z rotujúcej časti, na ktorej je väčšinou umiestnený pásik LED diód a riadiacej elektroniky. Pri rotácii sa LED diódy rôzne rozsvietia, a tak vytvárajú vopred definovaný dvojrozmerný obraz. Rotujúcou časťou môžu byť rôzne ramená, vetráky a pod. Pre správne zobrazenie a ustálenie obrázku je potrebný snímač otáčok. Na základe času jednej otáčky sa presne určia intervaly, v ktorých sa majú jednotlivé „pixle“ vykresliť.



Obr. 8 - Rôzne realizácie POV efektu [19], [17]

Zariadenie na podobnom princípe bolo aj výsledkom projektu Svetelný priestorový glóbus, určený pre VUT prezentačného robota. Úlohou bolo vytvoriť zariadenie na hore uvedenom rotačnom princípe. Priestorový efekt sa dosiahol pomocou konštrukcie napodobňujúcej glóbus. Výsledkom projektu bol priestorový glóbus, ktorý dokázal vykresľovať rôzne statické obrázky i obrazec zemegule.

Principiálne naďalej vidíme dvojrozmerný obraz, ale vďaka použitej konštrukcii ho vnímame ako priestorový.

Výhodami tejto metódy sú hlavne možnosť snímať obraz bez ďalších pomôcok na strane užívateľa a možnosť snímať obraz z akéhokoľvek uhlu. Toto je možné vďaka konštrukcii a preto užívateľ nie je nijak obmedzený pozorovacím uhlom.

Nevýhodou je, že sa síce priestorovo dostane trojrozmerný obraz, ale naďalej sa jedná o tvarovo obmedzený priestor (tvar zemegule). Tiež sa jedná o pomerne komplikované zobrazovacie zariadenie vďaka rotujúcej časti, čo prináša radu ďalších nevýhod. Zariadenie je treba vyvážiť proti vibráciám, čo je vzhľadom na množstvo súčiastok náročné a vibrácie sa nedajú úplne odstrániť. Ďalej je to obmedzená veľkosť, rozlíšenie a farebné podanie rotujúcej časti. Nehodí sa na zobrazovanie pohyblivých scén. Ďalej je potreba vyriešiť napájanie pre riadiacu elektroniku na rotujúcej časti.

Existujú aj ďalšie metódy a technológie, ktoré sú schopné vytvoriť trojrozmerný obraz. Ale majú určité nevýhody, ktoré im bránia aby sa dostali do komerčnej sféry, alebo aby sa hromadne rozšírili, alebo sú také komplikované a technologicky veľmi náročné na výrobu, že sa do sériovej podoby nikdy nedostanú. Preto naďalej ostávajú v prevahe už hore uvedené metódy, ktoré sú pomerne lacné a pritom poskytujú pre užívateľa kvalitný zážitok.

3 VLASTNÝ NÁVRH

Cieľom práce bolo navrhnuť zariadenie, ktoré je schopné vytvoriť trojrozmerný obraz. Základnou požiadavkou bolo, aby dané zariadenie nepotrebovalo žiadnu aktívnu alebo pasívnu pomôcku (napr. polarizačné okuliare) na strane pozorovateľa k tvorbe obrazu. Inšpiráciou pri riešení boli zariadenia, ktoré používajú efekty tzv. „P.O.V.“ (persistence of vision), čo môžeme voľne preložiť ako zotrvanie obrazu.

Pri návrhu riešenia sa vychádzalo už z hore uvedeného projektu 3D glóbus, ale s určitými zmenami, ktoré sa týkali hlavne princípu vytvárania trojrozmerného obrazu.

Na začiatku realizácie sa rozhodovalo medzi dvomi principiálne podobnými spôsobmi splnenia zadania. Jedným bolo použitie rotujúceho maticového LED zobrazovača a druhým bolo konštrukčne jednoduchšie zariadenie, ktoré by sa skladalo z premietacieho zariadenia (projektora) a z rotačného premietacieho plátna. V priebehu realizácie sa upustilo od riešenia s použitím premietacieho zariadenia a rotačného plátna. V ďalších častiach práce sa bližšie popíše princíp fungovania rotujúceho maticového LED zobrazovača, výhody a nevýhody jeho použitia.

3.1 Rotujúci maticový LED zobrazovač

Hlavnou časťou celého zariadenia je maticový LED display pripevnený na otáčajúcu sa os, poháňanú priamo hriadeľom motora. Tým, že sa display vysokou rýchlosťou otáča a v presne určených úsekoch otáčky zobrazuje aktuálny rez objektu, vytvára sa trojrozmerný obraz. Princíp je zobrazený na *Obr. 10 – Principiálne usporiadanie zobrazovacieho zariadenia*.

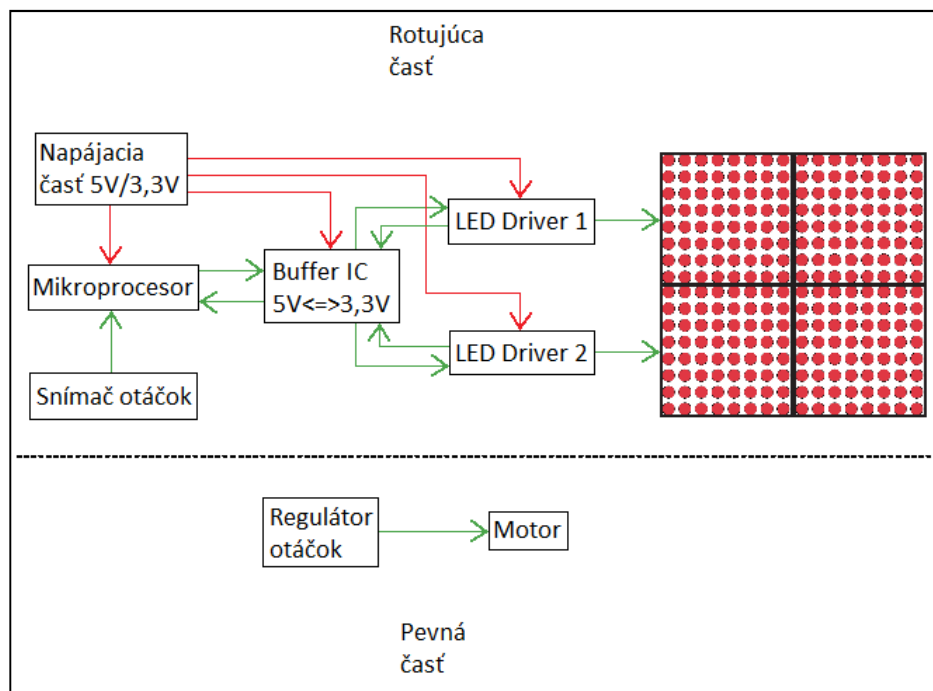
Pri návrhu sa ako prvé muselo určiť rozlíšenie celého displeja. Keďže zariadenie bude slúžiť k zobrazovaniu jednoduchých objektov sa zvolilo rozlíšenie 16 x 16 obrazových bodov, čo je pre solídny výsledok postačujúce. Celkové rozmery obrazu sú 65 x 65 mm.

Jednotlivé segmenty displeja riadi obvod LED driver od firmy Maxim-ic. Obvod je schopný riadiť vykresľovanie jedného dvojfarebného, alebo dvoch monofarebných maticových LED displejov s rozlíšením 8 x 8 obrazových bodov.

O presné zasielanie obrazových dát na zobrazovacie zariadenie sa stará výkonný mikrokontrolér. Komunikácia medzi mikrokontrolérom a riadiacim obvodom LED displejov prebieha cez menič úrovní z 5V na 3,3V (Buffer IC).

Následne sa zvolil vhodný motor, ku ktorému je pripojený LED displej spolu s riadiacou elektronikou.

Prenos napájania obvodov elektroniky displeja je riešený komutárovým spôsobom. *Obr. 9 – Bloková schéma zobrazovacieho zariadenia* zobrazuje blokovú schému navrhovaného 3D zobrazovacieho zariadenia.



Obr. 9 – Bloková schéma zobrazovacieho zariadenia

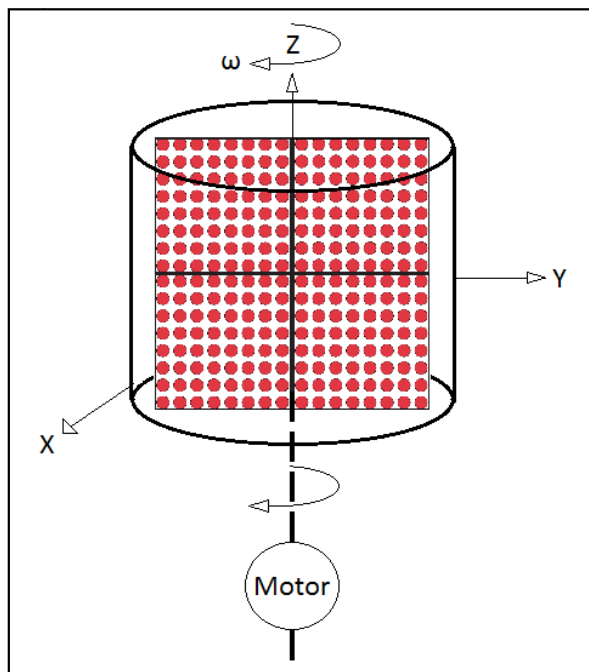
3.1.1 3D maticový displej

Zobrazovacie zariadenie tvorí maticový LED displej s rozlíšením 16 x 16 LED s 92 milimetrovou uhlopriečkou, rozmermi 65 x 65 mm a s hĺbkou 8 mm. Displej je vytvorený zo štyroch samostatných maticových LED displejov, každý displej má rozlíšenie 8 x 8 obrazových bodov. Usporiadanie jednotlivých displejov je znázornené na Obr. 10 – *Principiálne usporiadanie zobrazovacieho zariadenia*.

K zobrazovaniu želaných obrazcov je použitý podobný princíp ako je uvedený v kapitole 3D LED glóbus. Avšak namiesto rotujúceho LED pásika je použitý rotujúci maticový LED displej.

Samotné zobrazovacie zariadenie má pomerne veľký počet LED diód, ktoré je nutné ovládať takým spôsobom, aby sa v presne určených okamihoch rozsvietili a zhasli. Existuje niekoľko spôsobov, ako túto problematiku riešiť. Jednou z nich je použitie posuvných registrov. Ich nevýhodou je použitie väčšieho množstva súčiastok a tým aj komplikovanejšie zapojenie. Ďalej musíme brať do úvahy aj to, že celá elektronika bude umiestnená na rotujúcej časti. Z toho dôvodu sa musia použiť čo najmenšie súčiastky v čo najmenšom počte. Preto sa zvolila elegantnejšia metóda v podobe použitia obvodu od firmy MAXIM-IC. Jedná sa o integrovaný obvod priamo navrhnutý na budenie maticových LED displejov.

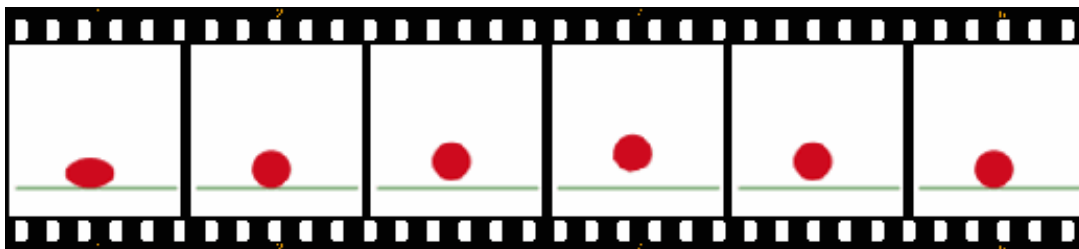
Samotná elektronika je rozdelená do dvoch navzájom prepojených častí. Prvou je riadiaca doska s mikrokontrolérom, budičom a s napájaním. Tou ďalšou je samotný display pripojený k riadiacej doske. Jednotlivé časti budú popísané nižšie.



Obr. 10 – Principiálne usporiadanie zobrazovacieho zariadenia

3.2 Rýchlosť otáčania

Rýchlosť otáčania má vplyv na správne zobrazenie objektov. Ľudské oko má určitú zotrvačnosť, tzn. že obraz ostáva po určitú dobu zaznamenaný na sietnici. Tento efekt sa nazýva po anglicky persistence of vision. [6]



Obr. 11 – Animácia [6]

Vďaka tejto vlastnosti sa dá vytvoriť ilúzia spojitého pohybu pomocou rýchlo sa striedajúcich obrázkov. Film zvyčajne využíva 24 obrázkov za sekundu. Je to

frekvencia, pri ktorej ľudské oko vidí obraz ako spojitý. Práve tento efekt sme sa snažili využiť pri návrhu. To znamená, že sa museli určiť minimálne otáčky zobrazovacieho zariadenia za sekundu. Z teórie je známe, že už pri dvadsiatich obrázkoch za sekundu môžeme vidieť spojitý obraz. Pre lepšiu kvalitu výsledného obrazu, by však bolo vhodné túto hranicu zvýšiť na 30 obrázkov za sekundu, čo predstavuje 30 Hz.

Ďalej bolo potrebné určiť počet obrazcov, ktoré sa majú zobrazíť za jednu otáčku hriadeľa. Pre teoreticky najkvalitnejší spojitý obraz, by bolo vhodné zvoliť 180 obrázkov za jednu otáčku. To znamená, že pre každé natočenie hriadeľa o 2 stupne by sa mal vykresliť nový obrázok, čo je 5400 obrázkov za sekundu. Vzhľadom na časovú náročnosť vykreslenia obrázku sa z hardvérového hľadiska jedná o veľké číslo. Pri takom množstve obrázkov je náročné zabezpečiť presné načasovanie, aby sa dosiahlo správne vykreslenie obrazu. Vysoká rýchlosť otáčania so sebou priniesla aj ďalšie problémy ako napr. zabezpečenie stability zariadenia, eliminácia vibrácií...

Preto sa počet obrázkov zobrazených za jednu otáčku sa stanovil na hodnotu 60. Čo znamená vykreslenie nového obrázku pre každé natočenie osi o 6 stupňov. Vo výsledku nám to udáva 1800 obrázkov za sekundu. Čas, ktorý je k dispozícii na vykreslenie a následné zhasnutie jedného obrázka je cca 0,56 μ s.

V priebehu ďalšej časti prípravy realizácie a aj počas samotnej realizácie projektu sa vyššie popísané predpoklady overovali a prehodnocovali a na základe nových zistení sa hodnoty prispôbobi tak, aby splňali požadovanú kvalitu.

3.3 Výpočet obrazových dát

V tomto bode je cieľom vypočítať veľkosť prenosového toku dát za sekundu, potrebných pre zobrazenie na displeji s rozlíšením 16 x 16 pixlov pri známej rýchlosti otáčok pomocou nasledujúceho vzorca:

$$bps = n \times fpr \times 256 = 30 \times 60 \times 256 = 460800 \quad [b/sek] \quad (1)$$

Kde:

bps je počet bitov za sekundu,

n je počet otáčok za sekundu,

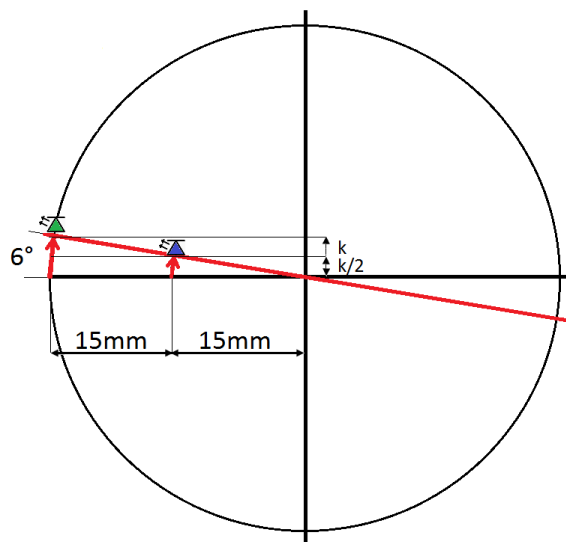
fpr počet obrázkov za jednu otáčku hriadeľa,

hodnota 256 (16 x 16) je počet obrazových bodov.

Ďalej môžeme brať do úvahy aj fakt, že dráha k (Obr. 12 – Dráha LED diód) prejdenná modrou LED diódou umiestnenou v polovici polomeru, je polovičná než dráha zelenej LED diódy v bode s maximálnym polomerom. Toto tvrdenie sa overilo pomocou výpočtov (2) a (3).

$$k / 2 = \sin 6^\circ \times r / 2 = \sin 6^\circ \times 15 = 1,57 \text{ mm} \quad (2)$$

$$k = \sin 6^\circ \times r = \sin 6^\circ \times 30 = 3,14 \text{ mm} \quad (3)$$



Obr. 12 – Dráha LED diód

Z toho vyplýva, že pre určité obrazce, pri ktorých sa obrazec v niekoľkých po sebe nasledujúcich krokoch nemení stačí, keď meníme vykresľovanie obrázku od polovice polomeru až po maximálny polomer.

Týmto spôsobom môžeme v určitých etapách vykresľovania usporiť až polovicu obrazových dát potrebných k zobrazeniu rezu 3D objektu. Vo výsledku tento postup, môže zabezpečiť predpokladanú maximálnu úsporu, podľa zobrazovaného objektu to môže byť až jedna štvrtina obrazových dát.

3.4 Synchronizácia vykresľovania obrázkov na základe otáčok

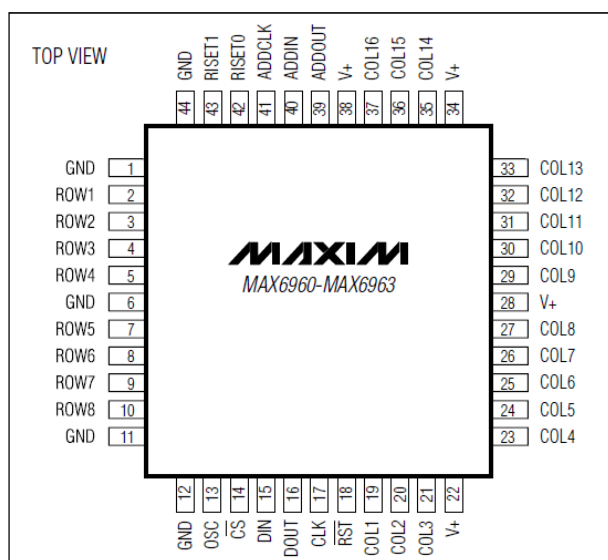
V tejto časti úlohy treba brať do úvahy už spomínané podmienky ako rýchlosť otáčok a vykresľovanie v presne určených okamihoch, aby sa dosiahol stacionárny obraz pri akýchkoľvek otáčkach. Ráta sa použitím jednoduchého optického senzoru zloženého z LED diódy umiestnenej na stacionárnej časti a fototranzistoru umiestnenom na rotačnej časti.

Na základe dvoch po sebe prijatých impulzov zo snímača dokážeme určiť dobu jednej otáčky. Potom pri známom počte obrazcov môžeme rozdeliť otáčku na rovnako dlhé úseky pre zobrazenie rezu objektu v presných okamihoch. Tento princíp je

zobrazený v podkapitole *Príloha 11 Príklad vykresľovania priestorového písma T, sekvencie obrázkov podľa natočenia displeja.*

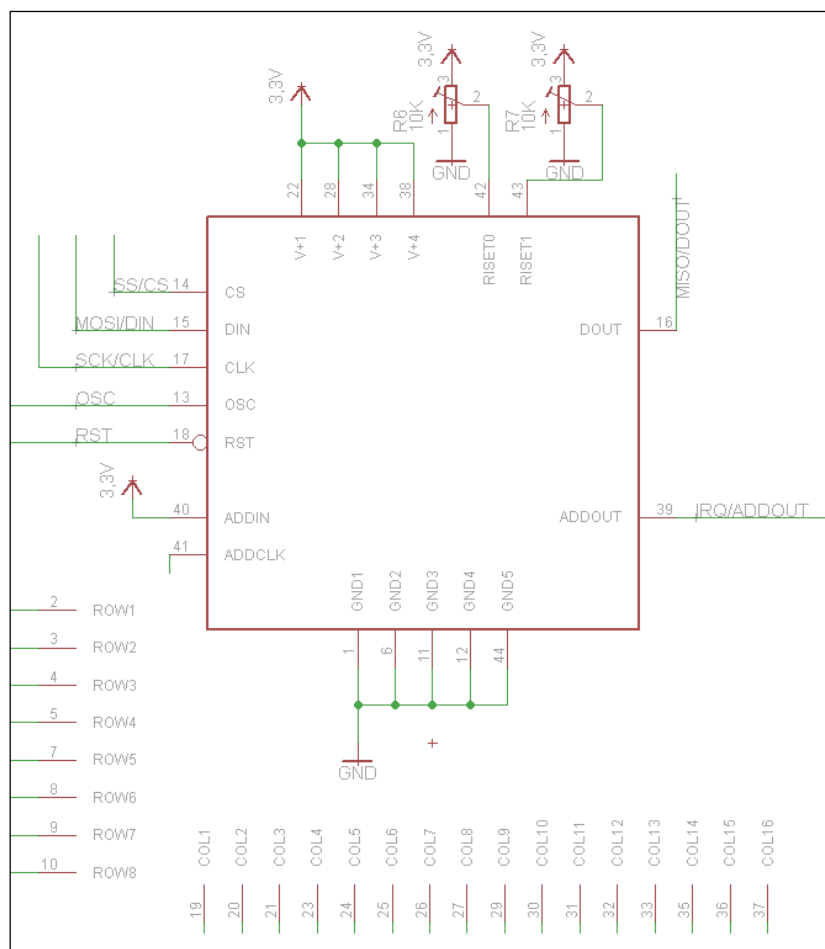
3.5 LED driver MAX6960 [16]

Pre riadenie vykresľovania obrazcov bol vybraný obvod MAX6960 vyrobený firmou MAXIM-IC. Jedná sa o obvod, ktorý v spojení s mikrokontrolérom riadi vykresľovanie na maticovom LED displeji. Obvod dokáže riadiť súčasne jeden bicolor (RGB), alebo dva monicolor displeje v rozlíšení 8 x 8 alebo 8 x 16. Obvod tiež dokáže nastavovať intenzitu obrazových bodov vo viacerých úrovniach. Tiež umožňuje nastavenie rýchlosti zobrazenia jednotlivých za sebou prichádzajúcich obrazových sekvencií, od 63 obrazov za sekundu až po jeden obraz za 63 sekúnd. Čím je vhodné na zobrazenie reklám alebo tiež pre animácie.



Obr. 13 – Rozloženie pinov obvodu MAX6960 [16]

Z dôvodu jednoduchšieho zapojenia boli vybrané dva obvody MAX6960, ktoré riadia vykresľovanie na štyroch displejoch, v usporiadaní 16 stĺpcov a 8 riadkov pre jeden obvod. Obvody boli zapojené podľa odporúčaného zapojenia výrobcu nasledovne *Obr. 14 – Zapojenie obvodu MAX6960.*



Obr. 14 – Zapojenie obvodu MAX6960

Obvod MAX6960 komunikuje s mikrokontrolérom pomocou štvorvodičovej synchronnej sériovej zbernice. Jednotlivé signály sú označené ako DIN (Serial-Data Input) vstup dát, DOUT (Serial-Data Output) výstup dát, CLK (Serial-Clock Input) taktovacie hodiny, CS (Chip-Select Input) voľba SLAVE zariadenia. Ďalšie použité signály sú RST a IRQ. Signál RST slúži na inicializáciu (resetovanie, ktoré je aktívne v logickej 0) budiča. Signál IRQ je generovaný ako prerušenie z výstupu ADDOUT posledného obvodu MAX6960 (v našom prípade je to druhý obvod). Signálom IRQ, posledný obvod oznamuje mikrokontroléru, že pamäťový priestor obvodu je prázdny a môžu sa posielat' dáta ďalšieho obrazca.

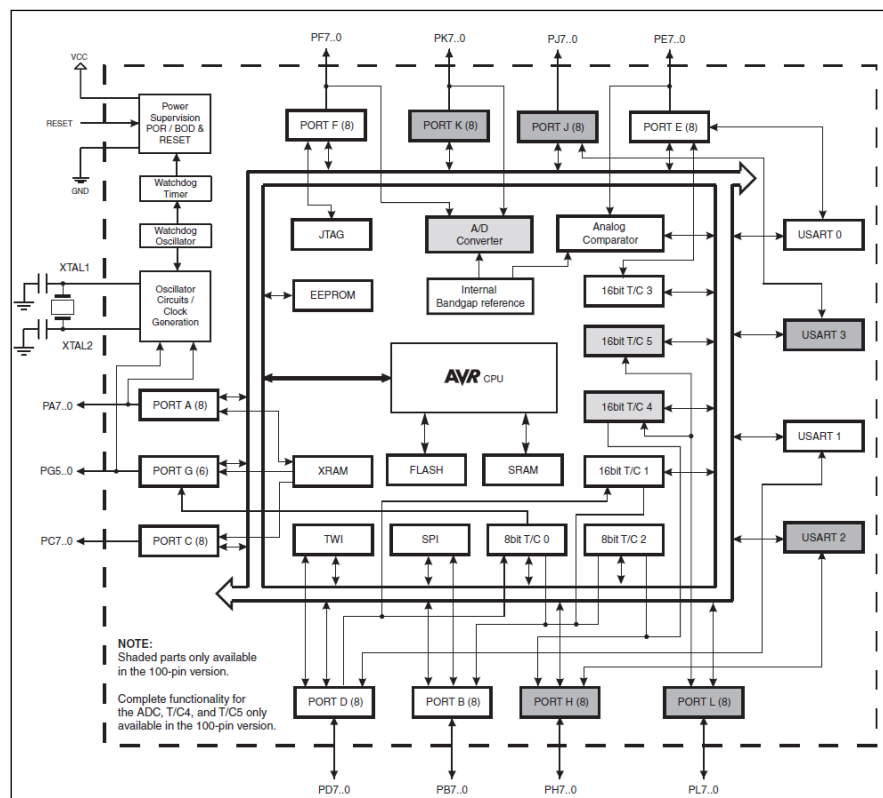
Na strane mikrokontroléra sa využívajú signály SPI zbernice. Označenie jednotlivých signálov mikrokontroléra a obvodu MAX6960 je znázornené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 1 – Signály mikrokontroléru a MAX6960

Mikrokontrolér	MAX6960
MISO/DOUT	
MOSI/DIN	
SCK/CLK	
SS/CS	

3.6 Použitý mikrokontrolér [21]

Pre riadenie celého zariadenia bol vybraný mikrokontrolér s typovým označením ATMEGA2561-16AU od firmy Atmel. Jedná sa o výkonný osem bitový mikrokontrolér s podporou štvorvodičovej SPI zbernice, ktorý obsahuje flash pamäť s veľkosťou až 256 kB. Mikrokontrolér funguje na 16 MHz frekvencii. K programovaniu sa využije komunikačná zbernica ISP.

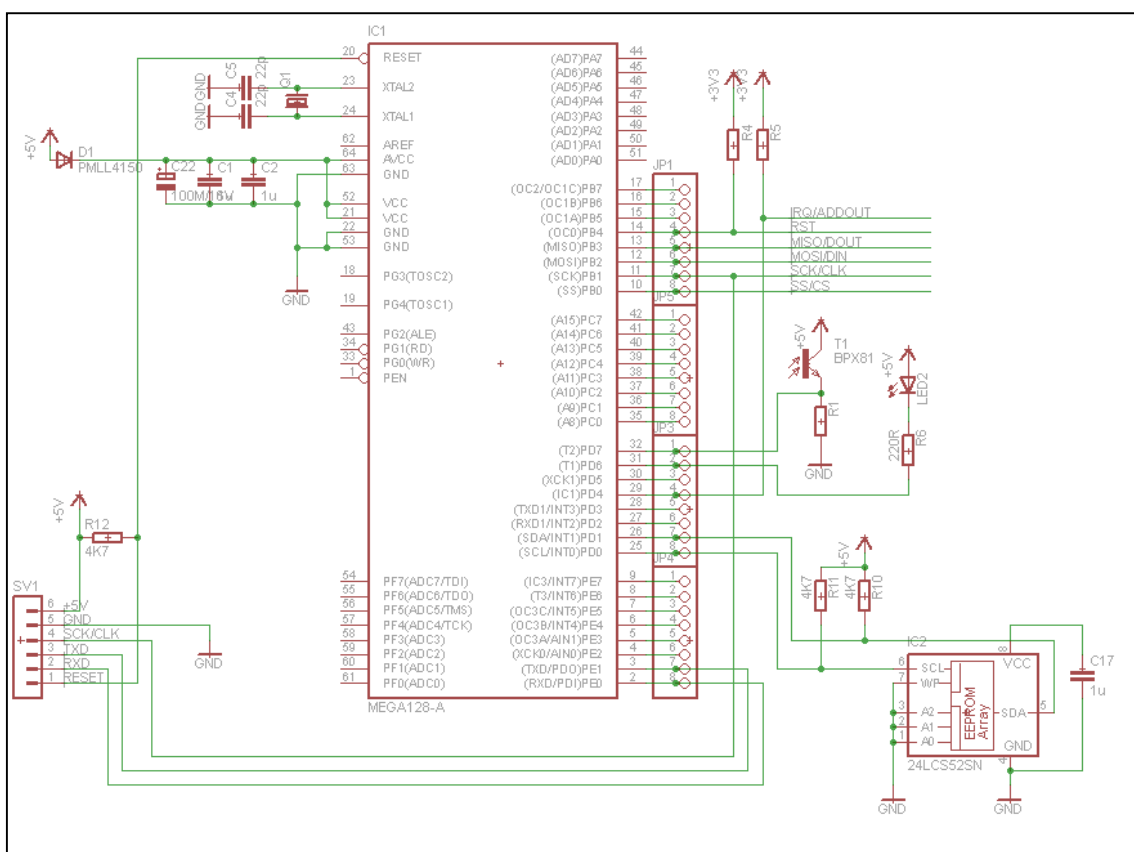


Obr. 15 – Bloková schéma mikrokontroléru [21]

Z dôvodu umiestnenia riadiacej elektroniky na rotujúcej časti sa nepočíta s prenosom dát medzi mikrokontrolérom a jeho okolím. Preto sa zvolil už spomínaný mikrokontrolér s tak veľkou pamäťou. Dostatočne veľká pamäť umožňuje pred

spustením nahratie žiadaného obrazového materiálu, ktorý môže mať statickú formu (napr. obrázkov) alebo pohyblivú (napr. krátke videosekvencie).

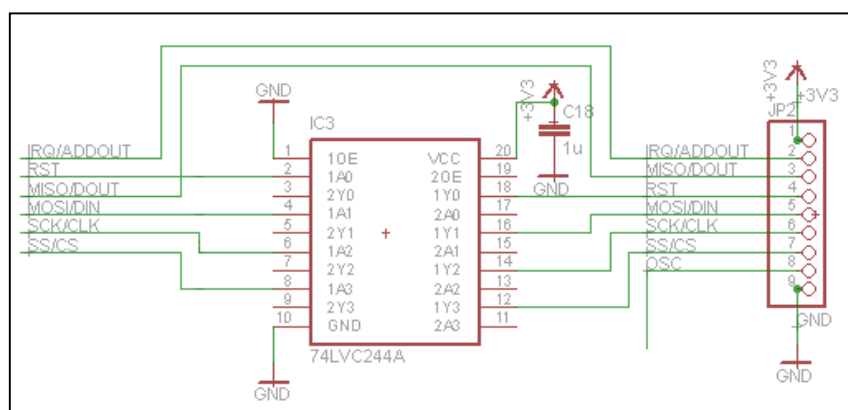
Pre uloženie ďalších dát (obrazcov) sa k mikrokontroléru môže pripojiť externá sériová pamäť EEPROM. K tomu sa využila sériová zbernica I2C. Navrhlo sa jednoduché zapojenie s použitím SMD súčiastky 24LC256, ktorá sa na plošnom spoji osadí podľa potreby.



Obr. 16 - Zapojenie mikrokontroléru a pamäte EEPROM

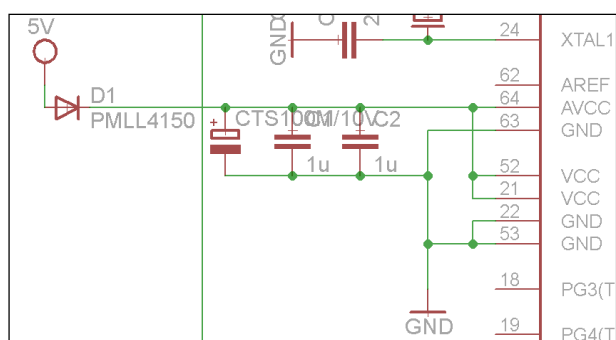
3.7 Zmena logických úrovní

Obvod MAX6960 pracuje s napájacím napätím a logikou 3,3V. Vyššie napätie by mohlo viesť k zničeniu obvodu. Preto okrem zníženia napájacieho napätia z 5V na 3,3V sa medzi mikrokontrolérom a obvodom MAX6960 museli znížiť aj logické úrovne z pôvodnej 5V logiky na 3,3V. Na prevod logických úrovní SPI zbernice mikrokontroléru sa použil obvod s typovým označením 74LVC244A. Obvod pracuje s napájacím napätím 3,3V. K povoleniu prechodu medzi vstupom a výstupom je potreba pin s označením OE (Output enable input) uzemniť. Zapojenie obvodu a jednotlivých signálov je zobrazené na Obr. 17 – Zapojenie obvodu 74LVC244A.



3.8 Napájanie rotujúcej časti

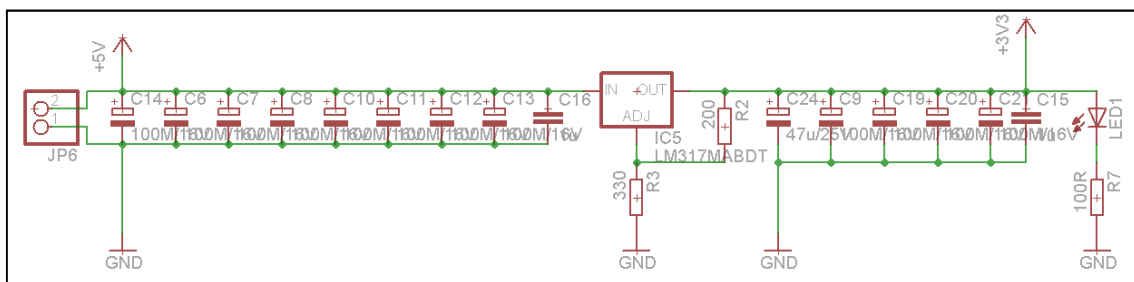
Proti šumu [15] a zvlneniam, ktoré môžu spôsobiť uhlíkové kefy sa do zapojenia ráta s použitím väčšej kapacity kondenzátorov zapojených proti zemi. Použitý mikrokontrolér bude napájaný 5V–ami privedenými zo zberných kief. Aby sa predišlo náhodnému reštartovaniu mikrokontroléru vplyvom zvlnenia napájacieho napätia, je pre napájanie mikrokontroléru použitá schottkyho dióda zaradená medzi mikrokontrolérom a napájaním. Za schottkyho diódou je proti zemi zapojený jeden tantalový kondenzátor. Pri prípadnom poklese napätia na anóde diódy bude nižšie napätie než na katóde a dióda bude v závernom smere. Mikrokontrolér bude na krátku chvíľu, než sa napájanie znovu zvýši, napájaný z tantalového kondenzátoru. Vzhľadom na nízku spotrebu mikrokontroléru, kondenzátor ju dokáže napájať počas doby zníženého napájacieho napätia.



Obr. 18 – Napájanie mikrokontroléra

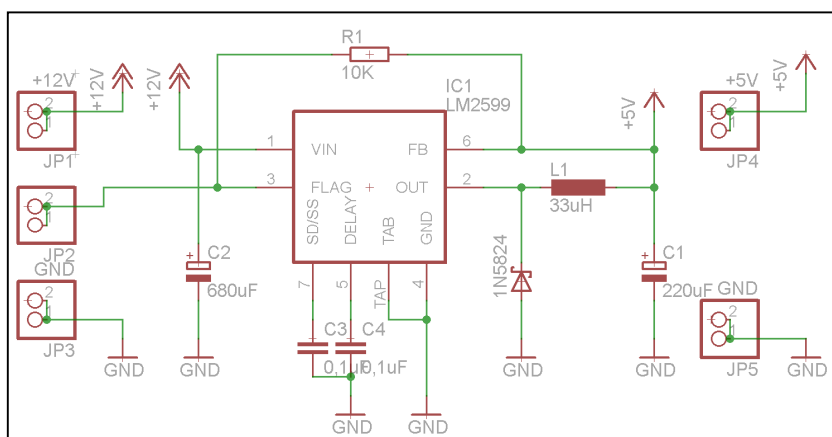
Pre napájanie budičov MAX6960 bolo potrebné znížiť napájacie napätia na 3,3V. K tomuto účelu bol vybraný nastaviteľný spínaný regulátor typu LM317D2T, ktorý je k dispozícii aj v SMD puzdre. Výrobca udáva 1,5A maximálneho výstupného prúdu pri napätí 3,3V.

Výsledné zapojenie bolo realizované podľa odporúčaného zapojenia od výrobcu. Ďalej boli doplnené kondenzátory pre udržanie napätia na vstupe aj výstupe regulátoru, ktorých počet sa môže zmeniť podľa potreby v experimentálnej fáze.



Obr. 19 – Zapojenie regulátora LM317

Pre napájanie rotujúcej časti na statickej časti bola navrhnutá zdrojová jednotka. Táto jednotka slúži ku generovaniu + 5V pre napájanie rotujúcej časti. Jeho výstupy sú vyvedené na jazýčkové kontakty. Pre tento účel bol vybraný regulátor typu LM2599S-5.0., ktorý je zapojený podľa odporúčaní výrobcu pre maximálny odber (3A).



Obr. 20 – Schéma zapojenia zdrojovej jednotky

3.9 Snímanie otáčok

Pre dosiahnutie stacionárneho obrazu pri rôznych otáčkach, sa navrhol jednoduchý optický senzor pozostávajúci z LED diódy, upevnenej na pevnom ráme, a fototranzistoru, upevnenom na rotačnej časti. Impulz generovaný fototranzistorom

vyvolá prerušenie v mikrokontroléri, čím sa nastavuje synchronizácia otáčok. Bližší popis bol riešený v podkapitole 3.4 *Synchronizácia vykresľovania obrázkov na základe otáčok*. Zapojenie je zobrazené na *Obr. 18 – Napájanie mikrokontroléra*.

4 KONŠTRUKCIA

V tejto časti práce je venovaná pozornosť návrhu konštrukcie 3D zobrazovacej jednotky. K realizácii sa použili rôzne znalosti z projektov, ktoré sa zaoberajú podobnou problematikou. Najväčšími problémami použitého princípu, ktoré sa riešili v priebehu testovania, boli prenos napájania a vyváženie zariadenia. Navrhnutá konštrukcia musí byť dostatočne pevná s vhodne umiestnenými súčasťami. Kvôli vysokej rýchlosti rotujúcej časti zobrazovacej jednotky je dôležité dodržanie týchto dvoch základných podmienok. Počas návrhu a testovania bolo nutné dbať na bezpečnosť, pretože rotujúce časti by mohli byť nebezpečné. Na bezpečnosť je treba dbať aj pri budúcom využití zariadenia. Pri nedodržaní bezpečnostných pravidiel môže byť zariadenie nebezpečné ako pre obsluhu prístroja, tak aj pre divákov, pretože prístroj pri zapnutí obsahuje rýchlo sa točiacu časť, ktoré môžu ublížiť.

4.1 Rám s motorom

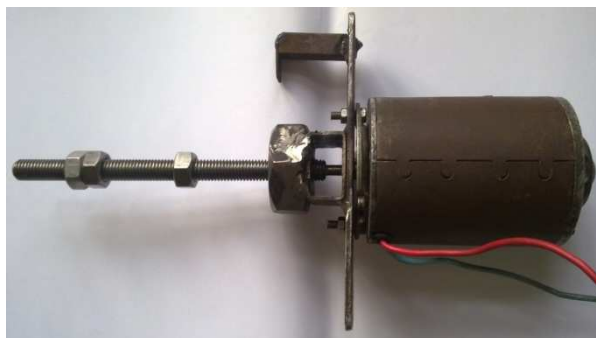
Tak ako bolo v predchádzajúcej kapitole spomenuté celá zobrazovacia jednotka musí byť umiestnená na robustnom ráme, ktorý bude dostatočne stabilný aj pri vyšších otáčkach a zároveň dosť silný, aby udržal záťaž motora, ktorý je na ňom upevnený.

4.1.1 Rám

Rám sa skladá z dvoch častí - z nosných nožičiek a z hriadeľa (závitová tyč) s ložiskom, ktoré sú spojené dvomi skrutkami. Časť s nosnými nožičkami (*Obr. 21 – Nosné nožičky*) je usporiadaná tak, že je možné v budúcnosti nosné nožičky bez problémov nahradiť inými alebo iným stojanom, držiakom. Vrchná kruhová časť nosných nožičiek je vložená medzi motor a hriadeľ s ložiskom (*Obr. 22 - Hriadeľ s ložiskom a motorom*).



Obr. 21 – Nosné nožičky



Obr. 22 - Hriadel' s ložiskom a motorom

Pri návrhu rámu ako inšpirácia poslužil projekt 3D LED glóbus. Navrhla sa klasická konštrukcia s usporiadaním podľa *Obr. 10 – Principiálne usporiadanie zobrazovacieho zariadenia*, ku ktorej je displej uchytený k hriadel'u. Hriadel' sa točí v ložiskách, ktoré sú pripevnené k rámu pomocou horného a dolného úchytného bodu. V spodnej časti je k hriadel'u pripojený motor ako je viditeľné na *Príloha 6 - Pôvodný návrh konštrukcie 3D zobrazovača*. Stabilita konštrukcie sa mala dosiahnuť vhodným rozmiestnením komponentov zariadenia.

Toto riešenie síce v sebe spája stabilitu a odolnosť voči vibráciám, ale má niekoľko nevýhod. Jednou z nich je tyč spájajúca horný a dolný bod uchytenia displeja, čo obmedzuje sledovanie celej „scény“. S touto nevýhodou sú spojené problémy pri výrobe. Displej musí byť zapustený do roviny osi hriadel'a. Tak ako je to na *Obr. 25 – Pôvodný plán uchytenia displeja*. Precízna výroba takto navrhnutého uchytenia by bola v dostupných podmienkach veľmi náročná. Z týchto dôvodov bol navrhnutý nový rám s pripojeným motorom a samotnou zobrazovacou jednotkou.

Podstatnou zmenou na **novom ráme** je nahradenie dvoch úchytných bodov (ložísk) za jeden silnejší. Touto zmenou sa vyriešil problém s obmedzeným pohľadom na „scénu“, keďže spájajúca tyč už nie je potrebná. Náčrt nového rámu je zobrazený na *Príloha 7 - Nový návrh konštrukcie 3D zobrazovača*.

4.1.2 Motor

Zároveň uchytenie motora je riešené v rovnakom duchu, čiže prichytenie je uspokojené k jednoduchšej výmene motorov podľa aktuálnych potrieb. Motor je k rámu prichytený dvomi skrutkami.

Na pohon v experimentálnej fáze posluží motor na jednosmerný prúd s permanentným magnetom s napájaním od 12 do 24V. Tento motor spĺňa požiadavky na potrebný výkon a vysoké otáčky. Kvôli robustnosti umožňuje aj uchytenie rotujúcej

časti priamo k rotoru motora. Z dôvodu ľahšej výmeny motora je spojenie hriadeľa s elektronikou k rotoru motora pomocou spojky.



Obr. 23 – Spojka

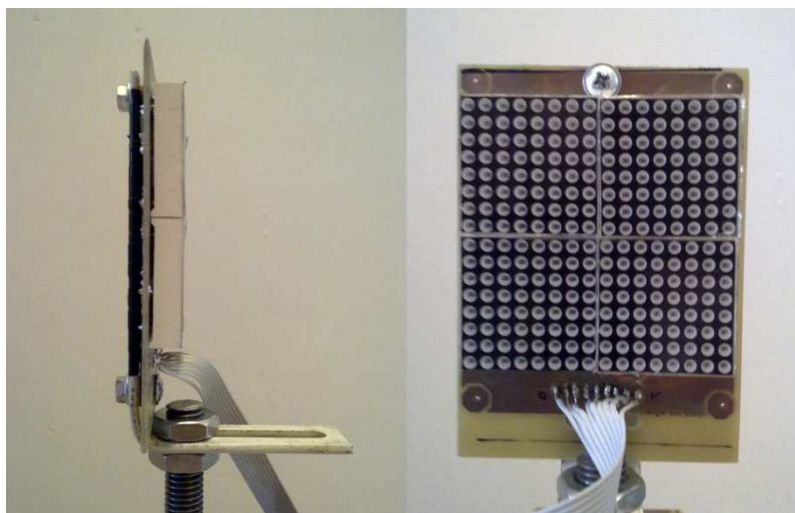
K zabezpečeniu bezpečnosti sa zariadenie obloží ochranným rámom z plexiskla. Toto riešenie poslúži ako zábrana proti vniknutiu cudzích telies do priestoru rotujúcich častí a zároveň slúži aj ako ochrana pri prípadnom ulomení nejakej časti zariadenia. Ochranný rám bude nainštalovaný na zariadenie v konečnej fáze. Celý rám vychádza z koncepčného rozloženia jednotlivých častí zobrazených na *Príloha 7 - Nový návrh konštrukcie 3D zobrazovača*.

4.2 Uchytenie a umiestnenie displeja

Displej s rozlíšením 16 x 16 obrazových bodov s rozmermi 65x65mm a s hĺbkou 8mm sa skladá so štyroch samostatných segmentov. Jednotlivé segmenty displeja sú osadené v plošnom spoji, z ktorého sú vyvedené signály spolu s napájaním na konektor. Pomocou plochého kábla je displej pripojený k plošnému spoju na riadiacej doske. Celý displej je uchytený dvoma bodmi na hornej a spondej strane displeja.

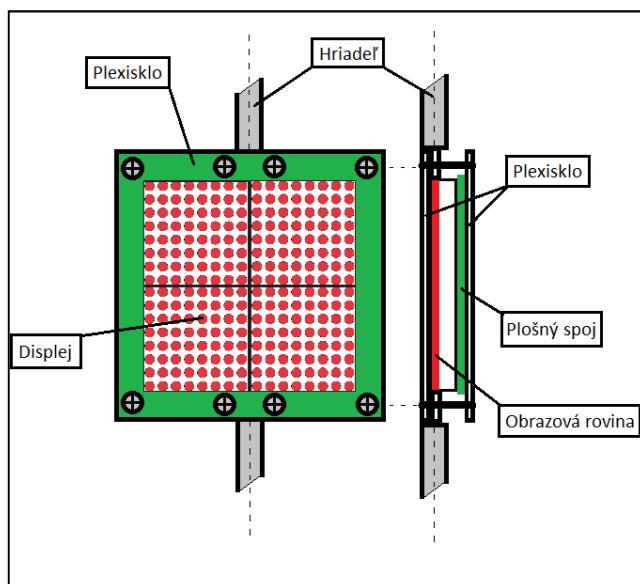
Spôsob uchytenia displeja je dôležitý k zabezpečeniu správneho vykresľovania a bezpečnosti. K správne vykresľovaniu potrebujeme, aby zobrazovacia rovina displeja bola v jednej rovine s osou hriadeľa. Stredová os displeja musí byť umiestnená v strede osi hriadeľa. Použitý displej má zobrazovaciu rovinu hlbšie (LED diódy sú zapustené v hĺbke cca 2mm), než je rovina displeja, s čím je treba rátať pri jeho uchytení. Nedodržanie týchto podmienok môže viesť k skresleniu obrazu a tiež môže spôsobiť nežiadúce vibrácie.

V pôvodnom návrhu bolo uchytenie displeja k hriadeľu pomocou dvoch úchytných bodov. Namiesto tohto spôsobu sa použila konzola v tvare písmena „L“. Konkrétne riešenie zobrazuje *Obr. 24 – Uchytenie displeja pomocou konzoly*. Toto riešenie v sebe spája možnosť stabilného uchytenia displeja ku konzole a následnú manipuláciu s displejom tak, aby ho bolo možné nastaviť ideálne voči stredovej osi hriadeľa. Konzola tiež umožnila vyváženie displeja pomocou uchytenia protiváhy.

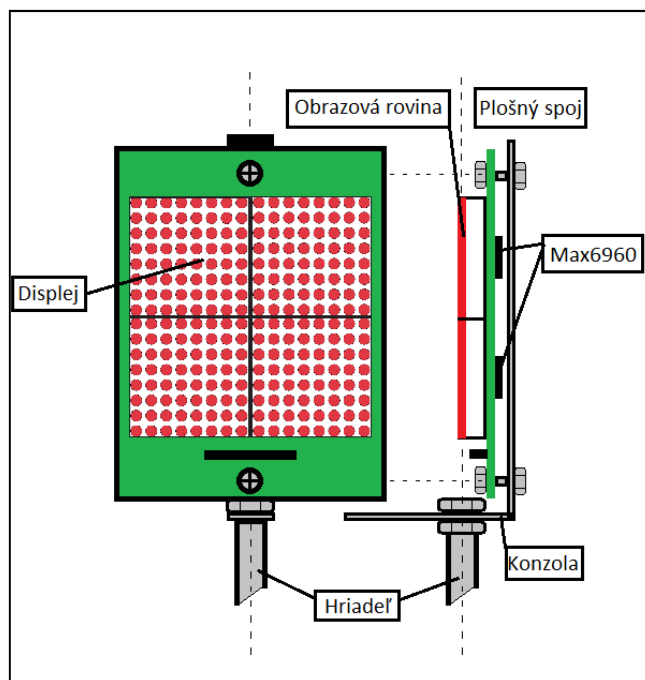


Obr. 24 – Uchytenie displeja pomocou konzoly

Z hľadiska bezpečnosti, osadenie displeja v plošnom spoji pri vysokých rýchlostiach môže viesť k vytrhnutiu pinov z displeja. Z toho dôvodu sa nad plochou displeja plánovalo uchytenie plexiskla s hrúbkou 3mm a rozmermi presahujúci displej. Plexisklo malo spĺňať aj funkciu protiváhy pri vyvažovaní displeja. Od osadenia plexiskla sa v priebehu realizácie upustilo, keďže vyriešenie protiváhy je zabezpečené novým spôsobom uchytenia displeja a bezpečnosť je dodržaná osadením plexiskla okolo celej rotujúcej časti a nielen na samotný displej. Keďže rotujúca časť zariadenia je uchytená na závitovú tyč, je nutné skontrolovať všetky časti rotujúcej časti, či sa neuvoľnili.



Obr. 25 – Pôvodný plán uchytenia displeja



Obr. 26 – Finálna verzia uchytenia displeja

4.3 Prenos napájania na rotujúcu časť

Oproti pôvodnému a realizačnému plánu nastala zmena aj v riešení prenosu napájania na rotujúcu časť. Plánované riešenie bolo pomocou uhlíkových kief a komutátorov. Komutátory mali byť vyrobené z medeného plechu, na ktorý by sa pritláčali uhlíkové kefy pomocou pružiny. Jeden komutátor mal slúžiť na prenos +5V a druhý na prenos elektrickej zeme. Toto riešenie je znázornené na *Príloha 6 - Pôvodný návrh konštrukcie 3D zobrazovača*.

Prenos napájania sa však zmenil z pôvodne plánovaných uhlíkových kief na jazýčkové kontakty, ktoré zabezpečujú dostatočnú príľnavosť na komutátor. Manipulácia s nimi je jednoduchšia, ľahšie sa umiestňujú, nastavujú a zároveň zaberajú menej miesta. Dva komutátory boli nahradené jedným, ktorý bol vyrobený z medeného cuprextitu, čo je laminátová doska z oboch strán pokrytá medenou vrstvou. Jeden jazýčkový kontakt je spojený s hornou stranou komutátora a druhý so spodnou časťou. Tým sa vytvorili dva komutátory v jednom (2 in 1). Plocha komutátora je spojená s riadiacou jednotkou pomocou dvoch odizolovaných medených drôtikov.

Týmto riešením sa mohla dĺžka hriadeľa skrátiť a displej umiestniť nižšie, čím sa zároveň znížilo aj ťažisko. Zníženie ťažiska prispieva k zníženiu vibrácií.



Obr. 27 – Komutátor s jazýčkami

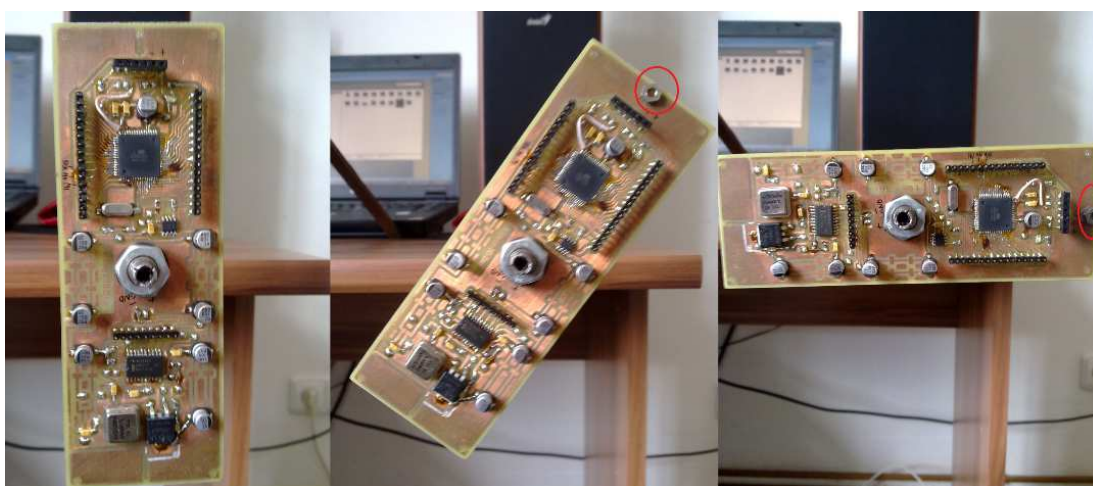
4.4 Vyváženie

Vzhľadom na to, že rotujúca časť sa bude otáčať s vysokou rýchlosťou, treba dbať na optimálne vyváženie plošných spojov a displeja. Vibrácie by mohli poškodiť elektroniku alebo dokonca spôsobiť odtrhnutie niektorých častí.

Z dôvodu minimalizácie výskytu nežiaducich stavov sa berie do úvahy hmotnosť každej súčiastky. Na základe hmotnosti sa zabezpečí rovnomerné rozmiestnenie súčiastok na plošnom spoji voči hriadeľu. Na plošnom spoji sú umiestnené plochy na vyvažovanie napr. pripevnením skrutky s maticou, alebo pridávaním cínu pre jemnejšie vyvažovanie.

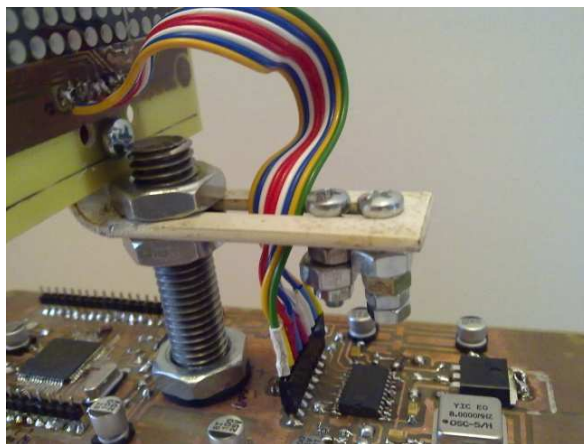
K dokonalejšiemu zamedzeniu vibrácií, by bolo vhodné použiť snímače vibrácií, pomocou ktorých by sa dala presnejšie určovať veľkosť a umiestnenie závažia.

K vyváženiu jednotlivých častí zariadenia bola použitá empirická metóda. Na hriadeľ sa postupne jedna po druhej pripevnili jednotlivé časti zariadenia a tie sa vyvažovali. Pridávala sa protiváha v tvare matiek.



Obr. 28 – Proces vyvažovania

Displej bolo treba tiež vyvážiť, vyvažovanie prebiehalo empirickou metódou popísanou vyššie. Vyvážený displej znázorňuje Obr. 28 – *Proces vyvažovania*.



Obr. 29 – Vyváženie displeja

4.5 Návrh a výroba hardvérovej časti

4.5.1 Návrh plošných spojov

Schémy zapojenia a aj schémy plošných spojov boli navrhnuté v programe Eagle 5.11. Návrh schém sa niesol v myšlienke použitia čo najmenších súčiastok a z toho dôvodu boli vybrané súčiastky s puzdrom SMD. Súčiastky sa rozmiestňovali rovnomerne na plošnom spoji tak, aby voči hriadeľu boli umiestnené symetricky. Súčiastky boli rozmiestnené s určitým odstupom, čo umožnilo ich jednoduchšie osadenie a v prípade potreby aj jednoduchšiu výmenu.

Na plošnom spoji displeja sú na zadnej strane vertikálne umiestnené dva obvody MAX6960. *Horný obvod* sa stará o vykreslenie horných osem riadkov a *dolný obvod* o zvyšných osem. Schéma plošného spoja displeja je uvedená v kapitole *Príloha 3 - Plošný spoj displeja*.

Plošný spoj riadiacej elektroniky je systematicky rozdelený osou hriadeľa na dve časti, na *riadiacu časť* a *napájaciu časť*. Na riadiacej časti boli osadené súčiastky s mikrokontrolérom s vyvedenými pinmi. Na napájacej časti boli umiestnené súčiastky s napájaním pre displej a prevodník úrovní. Schéma je uvedená v kapitole *Príloha 5 - Plošný spoj riadiacej elektroniky*.

Schéma plošného spoja zdroja statickej časti je znázornená v kapitole *Príloha 4 - Schéma plošného spoja zdroja na statickej časti*.

4.5.2 Výroba plošných spojov

Po navrhnutí a kontrole schém plošných spojov nasledovala ich výroba. K výrobe sme sa rozhodli použiť tzv. nažehlovaciu metódu, ktorá pozostáva z nasledovných krokov:

- vytlačenie schémy laserovou tlačiarňou na kriedový papier, pri obojstrannom plošnom spoji je treba v programe Eagle v dialógovom okne *print* nastaviť voľbu *mirror*,
- upravenie obojstranného medeného plošného spoja na požadovanú veľkosť,
- prostredníctvom čistiaceho prostriedku sa z povrchu odstráni všetky nečistoty a mastnota,
- na očistený plošný spoj sa priložia a pripevnia už vytlačené schémy, v ideálnom prípade na obe strany, veľmi dôležitá je presnosť,
- na takto pripravený plošný spoj sa za použitia primeranej sily nažehlí schéma,
- vychladnutý plošný spoj opatrne očistíme pod tečúcou vodou od nažehleného papiera, prípadne k očisteniu použijeme jemnú kefku,
- fixkou dokreslíme prípadné časti, ktoré sme pri kontrole posúdili ako nedostatočne chránené tonerom,
- takto pripravený plošný spoj sa namočí do leptacieho roztoku,
- plošný spoj sa počas leptania priebežne kontroluje,
- po vyleptaní všetkej nepotrebnnej medi sa plošný spoj opláchne vodou a zbrúsime jemným šmirgľovým papierom,
- plošný spoj sa pomocou liehu odmastí a potrie roztokom kolofónie a liehu, pre zabránenie neskoršej oxidácie medi.

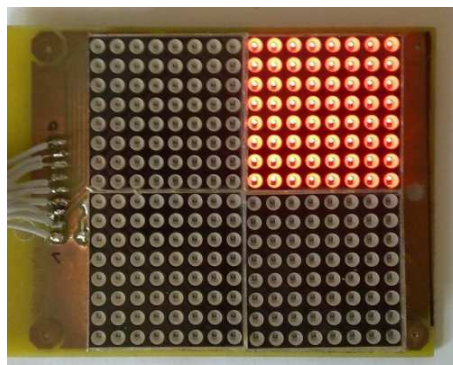
4.6 Oživenie hardvérovej časti

Po výrobe plošných spojov nasledovalo postupné osadenie súčiastok a odskúšanie ich funkčnosti. Táto časť je dôležitá z toho dôvodu, aby nám uľahčila hľadanie prípadných porúch.

4.6.1 Plošný spoj displeja

Na plošnom spoji displeja boli ako prvé osadené obvody MAX6960, s ktorými sa súčasne pájkovali aj prepoje. Po skontrolovaní všetkých spojov boli osadené štyri LED maticové displeje tvoriace zobrazovaciu jednotku. Pred pripojením napájacieho napätia sa skontrolovalo, či pri osadení súčiastok nevznikol skrat alebo studený spoj. Následne sa displej zapojil do nespájkovacieho kontaktného pola a otestoval sa pomocou

vývojovej dosky Arduino. Funkčnosť bola overená postupným zapnutím každej časti displeja, čím sa overila neprítomnosť chybných spojov.



Obr. 30 – Testovanie funkčnosti displeja

4.6.2 Plošný spoj riadiacej elektroniky

Riadiaca elektronika sa stará o vykresľovanie a napájanie displeja. Pri oživovaní plošného spoja riadiacej elektroniky boli postupne osadené a odskúšané všetky súčiastky. Ako prvé sa osadili súčiastky s napájaním. Po overení, či pri osadení nevznikli skraty sa pripojilo na svorky prívodov z komutátorov napájacie napätie 5V. Na výstupe regulátora sa rozsvietila LED1, ako indikácia prítomnosti napätia 3,3V. Na výstupné svorky regulátora sa pripojil displej. Funkčnosť regulátora sa overila opäť pomocou postupného rozsvietenia všetkých častí displeja.

V ďalšom kroku bola osadená súčiastka zabezpečujúca zmenu napäťových úrovní, komunikačných kanálov SPI zbernice, medzi mikrokontrolérom a obvodom MAX6960.

Poslednou osadenou súčiastkou na plošnom spoji riadiacej elektroniky bol mikrokontrolér. Po osadení prebehla opätovná kontrola spojov. Následne sa pripojili všetky piny programátora a priviedlo sa napájacie napätie 5 V. Keď bolo všetko v poriadku, tak sa otestovala komunikácia programátora s mikrokontrolérom pomocou programu AVR studio 4.18. Spojenie ale bolo neúspešné, preto sa znovu skontrolovala správnosť zapojenia nožičiek mikrokontroléra, programovacích pinov a okolitých obvodov. Tiež bola prevedená kontrola napájacieho napätia a znovu sa otestoval výskyt studených spojov. V programe AVR studio sa znova skontrolovali nastavenia, skontrolovala sa správnosť vybraného typu mikrokontroléra, programovací mód a aj frekvenciu ISP, ktorá by mala byť nižšia ako $\frac{1}{4}$ frekvencie kryštálu. Po všetkých kontrolách sa zistilo, že problém spôsoboval kryštál, ktorý sme vymenili. Typ a druh kryštálu ostal nezmenený, pôvodný kryštál bol pravdepodobne poškodený. Po výmene kryštálu bola komunikácia bezproblémová.

4.6.3 Plošný spoj zdroja

Následne sa osadili súčiastky na plošnom spoji zdroja na statickej časti. Po kontrole spojov bolo privedené napájacie napätie na vstupné svorky. Na výstupných svorkách regulátora bolo odmerané výstupné napätie ktoré sa pohybovalo v rozmedzí hodnôt +5,01V až +5,03V, čo bola nami požadovaná hodnota.

5 PROGRAMOVANIE

Po zhotovení každého plošného spoja a následnom zmontovaní zariadenia nasledovalo programovanie. Programovanie prebiehalo v programovacom jazyku C. Celý proces programovania bol rozdelený na dve časti, na naprogramovanie zobrazovania jednoduchých obrazcov a na nastavenie ich správneho časovania.

5.1 Použitý programátor AVRISP mkII

Na riadenie nášho zariadenia slúži mikrokontrolér od firmy Atmel. Pri výbere typu mikrokontroléra sa prihliadalo na skutočnosť, že mikrokontrolér bude naprogramovaný pomocou ISP rozhrania. Na jeho naprogramovanie je potrebný programátor.

Po preštudovaní možností programovania zvoleného mikrokontroléra bol vybratý programátor AVRISP mkII. Tento typ v kombinácii s AVR Studiom umožňuje programovanie každého AVR 8-bitového mikrokontroléra s ISP rozhraním. Medzi jeho hlavné výhody patrí:

- kompatibilita s AVR Studiom,
- USB 2.0 kompatibilné,
- podpora AVR zariadení s rozhraním ISP,
- ochrana proti skratom,
- napájanie z USB,
- nastaviteľná rýchlosť programovania,
- možnosť upgradovať. [8]



Obr. 31 – Programátor AVRISP mkII [8]

K samotnému programovaniu bol potrebný vyššie popísaný programátor a program AVR studio 4.18. Program AVR studio je voľne dostupný k stiahnutiu na webovej

stránke www.atmel.com [7]. Po jeho inštalácii sa nainštaloval aj kompilátor WinGCC, ktorý slúži k tomu, aby sa dalo programovať v AVR studiu 4.18 v programovacom jazyku C. Jeho inštalácia je tiež voľne dostupná z webovej stránky www.winavr.sourceforge.net [20]. Po úspešnej inštalácii programu a kompilátora treba pripojiť programátor k počítaču a k mikrokontroléru, aby sa naviazalo spojenie.

5.2 Softvér

K tomu, aby sme mohli vôbec niečo zobraziť na displeji, bolo potrebné preštudovať fungovanie SPI zbernice a následne z datasheetu obvodu MAX6960 zistiť jej adresovanie.

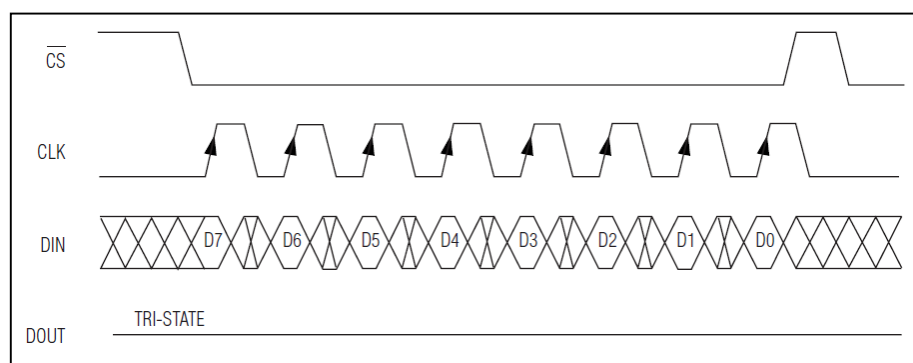
Celý proces programovania bol rozdelený do dvoch hlavných častí:

- základné oživenie a testovanie zobrazenia,
- synchronizácia otáčok so sekvenciou obrazu.

5.2.1 Základné oživenie a testovanie zobrazenia

Ako už bolo spomenuté, obvody MAX6960 na komunikáciu využívajú štvorvodičovú sériovú zbernicu SPI. Ku komunikácii slúžia signály s označením CLK (taktovacie hodiny), DIN (vstup dát), DOUT (výstup dát) a CS (voľba SLAVE zariadenia). K zbernici je možné paralelne pripojiť až 256 rovnakých zariadení MAX6960 takým spôsobom, že každé zariadenie musí byť spojené so všetkými hore uvedenými signálmi, t.j. majú spoločný aj CS.

Adresovanie zariadenia prebieha pomocou 8, 16 alebo 24 bitových príkazov, čo znamená, že obvod ignoruje každý prenos, ktorý nie je 8, 16 alebo 24 bitový.



Obr. 32 – Ukážka 8 bitového adresovania [16]

Táto časť bola venovaná zobrazovaniu obrazcov na displeji, čo predstavuje základnú časť komunikácie mikrokontroléra s displejom. Priebeh časti programu zabezpečujúcej zobrazovanie obrazcov je nasledovný:

- inicializácia displeja, reštartovaním obvodov, tým sa obvody nastaví do počiatočného stavu,
- nastavenie parametrov displeja pomocou zápisu do registrov,
- posielanie obrazových dát osem bitovým adresovaním.

Nastavenie parametrov displeja [4], [16]

V závislosti od veľkosti displeja a počtu obvodov MAX6960 sa podľa datasheetu nasledovne nastavili jednotlivé parametre:

- počet zapojených obvodov MAX6960

`write8(0x0e)` – register počtu zapojených obvodov,

`write8(0x01)` – dva obvody,

- počet riadkov displeja (jeden riadok = 8 x 8 obrazových bodov)

`write8(0x0f)` – register počtu riadkov displeja,

`write8(0x01)` – dva riadky,

- intenzita svietivosti displeja

`write8(0x02)` – register intenzity svietivosti displeja,

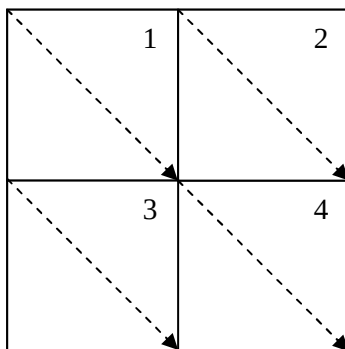
`write8(0x0f)` – polovičná intenzita z maximálneho rozsahu,

- register nastavenia displeja

`write8(0x0d)` – register nastavenia displeja,

`write8(0x01)` – monicolor, 1 bit pre intenzitu svietivosti každého obrazového bodu, bez invertácie obrazových bodov (1 = svieti).

Posielanie obrazových dát, začína po nastavení parametrov displeja a riadi sa podobným princípom ako nastavenie parametrov displeja. V každom príkaze je poslaných osem bitov obrazových dát, čo predstavuje jeden riadok, pričom logická jednotka znamená svieti a logická nula nesvieti. Vykreslenie obrazca pri našom usporiadaní displeja, začína v každom jednom displeji (hlavný displej tvoria štyri samostatné displeje) v hornom ľavom rohu a končí v dolnom pravom rohu. Priebeh znázorňovania obrazu vidíme na Obr. 33 – Priebeh znázornenia obrazu.



Obr. 33 – Priebeh znázornenia obrazu

Pri posielaní obrazových dát spôsobom `write8(0x0f)` sa adresa pamäťového priestoru displeja automaticky inkrementuje, t.j. pri každom príkaze sa posunieme na displeji o jeden riadok nižšie. Príkaz `write8(0x0f)` znamená, že štyri LED diódy nesvietia a štyri svietia.

5.2.2 Synchronizácia otáčok so sekvenciou obrazu

Synchronizácia otáčok so sekvenciou obrazu predstavuje druhú časť programovania. Jedná sa o zosúladenie otáčok rotujúceho displeja s aktuálne zobrazeným obrazom. Bez synchronizácie by nebolo možné určiť moment otáčky, kedy sa má zobrazit' aktuálny obraz rezu objektu, čo by viedlo k nekontrolovanej rotácii obrazu. Jednotlivé rezy objektu sú chronologicky zoradené.

K synchronizácii sa využil fototranzistor, ktorý je umiestnený na spondej strane plošného spoja, ako je aj znázornené na *Obr. 34 – Fototranzistor a LED dióda*. Fototranzistor má za úlohu pri každom prechode svetelného lúču LED diódy generovať prerušenie. Na základe uplynutého času medzi jednotlivými prerušeniami sme schopný určiť dobu jednej otáčky resp. dobu medzi dvoma prerušeniami.



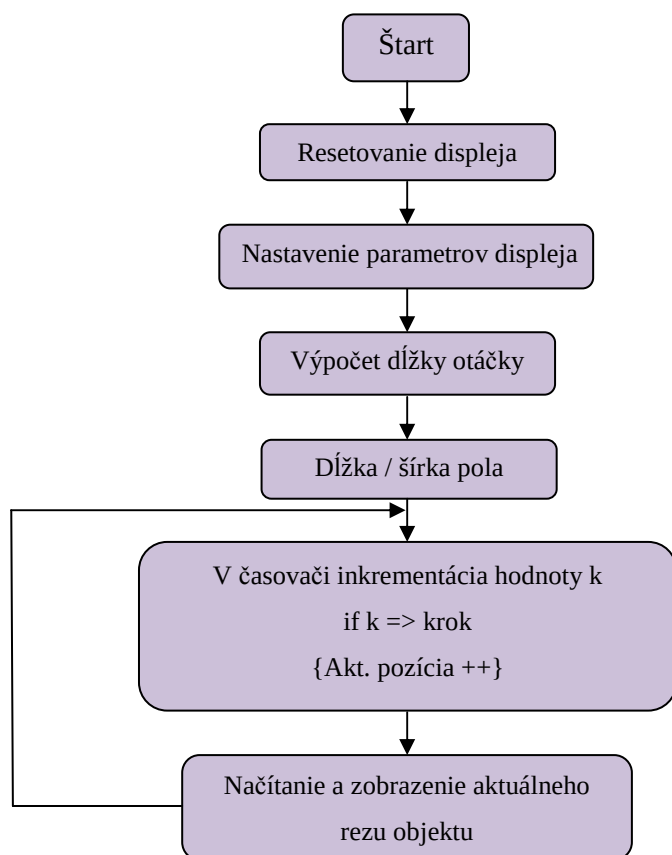
Obr. 34 – Fototranzistor a LED dióda

K správne mu zobrazeniu obrazca už zostáva len dobu otáčky rovnomerne rozdeliť počtom obrazcov, ktoré chceme zobrazit'. V rámci každej otáčky sa znovu počíta dĺžka aktuálnej otáčky. Tento údaj slúži ako podklad k rovnomernému zobrazeniu sekvencií obrazu počas nasledujúcej otáčky. Tento proces sa opakuje počas celého programu, pretože frekvencia otáčok motora ani pri ustálených otáčkach nie je presne rovnaká. Navyše týmto spôsobom môžeme znižovať, či zvyšovať otáčky bez skreslenia obrazu až do hranice viditeľnosti alebo do hranice určenej možnosťami hardvéru.

Na nasledujúcom obrázku *Obr. 35 – Vývojový diagram programu* je znázornená ukážka vývojového diagramu štruktúry programu.

5.2.3 Popis vývojového diagramu programu [3]

Po zapnutí sa vykoná inicializácia displeja. Proces inicializácie pozostáva z resetovania displeja, čím sa zabezpečí synchronizácia a nastavenie obvodov MAX6960 do počiatočného stavu. Po reštarte nasleduje nastavenie parametrov displeja zapísaním nami zvolených parametrov displeja do registrov obvodu MAX6960.



Obr. 35 – Vývojový diagram programu

Nasledujúci krok je realizovaný externým prerušením na vstupe, ktorý reaguje na hranu vstupného signálu. Pri vyvolaní prerušenia sa uloží hodnota doby jednej otáčky, ktorá sa inkrementuje v časovači a nastaví sa na nulu. Pri každej ďalšej otáčke sa parameter aktuálnej pozície pre vykreslenie obrazca nastaví na log 0. Prepočítavaním premenných sa kompenzuje kolísanie otáčok.

Po získaní časových hodnôt o jednej otáčke sa zavolá funkcia, ktorá vypočíta počet potrebných prerušení časovača pre jeden obrazec. Pri pretečení tejto hodnoty sa posunie vykreslenie na ďalší stĺpec a znovu sa opakovane prepočíta doba pre daný obrazec.

Časovač v pravidelných intervaloch podľa nastavenia vyvoláva prerušenie, v ktorom sa inkrementuje doba medzi dvoma snímaniami otáčky a tiež počet prerušení, ktoré slúžia k určeniu doby svitu pre jeden obrazec.

V každom cykle je volaná funkcia, ktorá je umiestnená v hlavnej smyčke programu. Vstupným parametrom tejto funkcie je aktuálna pozícia resp. obrazec, ktorý sa má zobrazíť.

Obrazové dáta

3D obraz je generovaný na základe obrazcov v binárnej forme. Sekvencia obrazcov je uložená ako pole hodnôt. Vzhľadom na nami použitú technológiu 3D obraz môže byť maximálne 16 x 16 obrazových bodov. Vytvoríme si pole typu *char* s veľkosťou 60 x 32. Hodnota 60 predstavuje počet obrazcov a hodnota 32 počet riadkov samotného obrazca. Pole hodnôt sa už len skopíruje do zdrojového kódu, do ktorého potom pristupuje funkcia pre vykreslenie obrazu.

Principiálne sa jedná o rovnaký program ako bol použitý v projekte 3D LED glóbus.

6 ZÁVER

Úlohou tejto práce bolo zoznámiť sa s na trhu dostupnými metódami tvorby 3D zobrazení obrazov, preskúmanie týchto metód, zistenie ich výhod a nevýhod. Na základe zistených informácií vytvoriť návrh možného dosiahnutia cieľa diplomovej práce. Na základe návrhu zrealizovať konštrukciu a plošné spoje s elektronikou a následne po skompletizovaní všetkých častí naprogramovať zobrazovaciu jednotku.

Najväčší posun v priebehu navrhovania schémy bol dosiahnutý použitím súčiastky MAX6960. Jedná sa o budič maticových LED displejov, ktorý značne zjednodušil schému zapojenia.

Prvé zapojenie bolo najskôr realizované na doske nespájkovacieho poľa (*Príloha 2 - Zostavený elektrický obvod jedného segmentu displeja na doske nespájkovacieho poľa*) pre jeden segment displeja. Pre jednotlivé v schéme použité súčiastky s SMD puzdrom sa vyrobili redukcie, pre použitie na doske nespájkovacieho poľa. Realizácia prebehla na nespájkovacom poli z dôvodu otestovania funkčnosti zapojenia.

Prvý návrh realizácie bol riešený v Semestrálnej práci I. Schéma zapojenia, výber súčiastok a vytvorenie základnej mechanickej konštrukcie sa uskutočnilo v Semestrálnej práci II. Na týchto základoch je riešená diplomová práca, ktorá prehodnotila dosiahnuté riešenia a upravila ich do súčasného stavu.

K testovaniu sa plánovala využiť prispôbená konštrukcia rámu, ktorý bol vytvorený pre projekt 3D LED glóbus, avšak konštrukcia bola v priebehu realizácie upravená, takže aj testovanie prebiehalo už na novej konštrukcii. K zmene konštrukcie sme dospeli na základe nevyhovujúceho upevnenia displeja. Plánované uchytenie zabráňovalo videniu zobrazovaného obrázku zo všetkých strán. Nové uchytenie drží displej tak, že pohľad na zobrazovaný obrázok nie je ničím obmedzený.

Úprava konštrukcie rámu mala za dôsledok aj ďalšie zmeny oproti plánu. Museli sa prispôbiť aj plošné spoje, aby ich bolo možné na novú konštrukciu uchytiť. V zobrazovacej jednotke sa nachádzajú tri plošné spoje: displej a riadiaca doska umiestnené na rotujúcej časti a zdrojová jednotka umiestnená na statickej časti.

Veľkosť displeja je 16 x 16 obrazových bodov a tvoria ho štyri samostatné LED displeje, každý o veľkosti 8 x 8 obrazových bodov. Na plošnom spoji displeja je veľké množstvo prepojení, keďže na jednej strane sú umiestnené displeje, t.j. celá zobrazovacia časť a na druhej sú budiče MAX6960. Počet prepojení nebolo možné viac zredukovať.

Jednotlivé súčiastky riadiacej dosky sú voči hriadeľu symetricky rozmiestnené. Displej je k riadiacej doske pripojený pomocou plochého kábla, ktorý je zakončený konektorom.

Výroba plošných spojov prebiehala bez väčších problémov prostredníctvom tzv. nážehlovacej metódy.

Vyrobené plošné spoje boli jednotlivo otestované po osadení všetkými súčiastkami. Po overení ich funkčnosti boli upevnené na rám zariadenia a ešte raz otestovaná ich funkčnosť po pripevnení a vzájomnom prepojení. Jednou z častí testovania bolo

vyváženie celého zariadenia. To sme dosiahli vyvážením jednotlivých častí. Vyvažovanie prebiehalo empirickou metódou, ktorou sa podarilo dosiahnuť želaný efekt. Odstránili sa drobné nedostatky a všetko sa doladilo na požadovanú úroveň.

Motor bol napájaný priamo z laboratórneho zdroja. Regulácia otáčok motora nebola predmetom diplomovej práce, z toho dôvodu sa k nej ani nepristúpilo.

V poslednej časti realizácie sa pristúpilo k naprogramovaniu zariadenia, aby bolo schopné splniť cieľ určený v zadaní diplomovej práce. Proces programovania bol rozdelený do dvoch častí, zobrazenie obrázkov na displeji a ich zobrazenie pomocou synchronizovanej sekvencie.

Cieľ diplomovej práce bol splnený čiastočne. Plošné spoje rotujúcej časti s vlastným displejom, plošný spoj so zdrojovou jednotkou umiestnený na pevnej časti a ich oživenie bolo úspešne splnené. Zároveň bol zostavený rám konštrukcie, na ktorý boli plošné spoje upevnené. Naplnenie programovateľných častí základným riadiacim programom bolo splnené len čiastočne. Bol navrhnutý vývojový diagram programu a teoretický popis fungovania programu pre zobrazenie 3D obrazu. Naprogramovalo sa zobrazenie jednoduchého obrazca, ale nepristúpili sme k fáze vykreslenia 3D obrazu. Dôvodom boli problémy s adresovaním obvodov MAX6960, a preto nebolo možné program dokončiť a navrhnuť sekvenciu obrázkov 3D obrazca.

Obvody MAX6960 s mikrokontrolérom komunikujú na štvorvodičovej sériovej zbernici SPI. Obvody sú pripojené k signálu CS (chip select), ktorý je pre oba obvody spoločný, práve preto k tomu, aby boli obrazové dáta na displeji zobrazené v správnom poradí, musia byť správne nakonfigurované registre obvodov. Práve nakonfigurovanie displeja sa nepodarilo, respektíve nepodarilo správne. Pri zobrazovaní obrazca na spodnej polovici displeja sa obraz niekedy zobrazil, niekedy nezobrazil a niekedy len blikal. Funkčnosť, resp. nefunkčnosť nezávisela na tom či je displej v pohybe alebo nie.

Keďže naprogramovanie nebolo dokončené ochranná časť z plexiskla nebola na zariadenie nainštalovaná.

V rámci návrhov na zlepšenie by som navrhoval umiestniť zdrojovú jednotku na rotujúcu časť alebo doplniť stabilizátor za komutátor, ktorý napája mikrokontrolér a ostatné obvody. K zabezpečeniu lepšieho prenosu napájacieho napätia by bolo vhodné zvýšiť počet jazýčkov, ktoré sú pritlačené na komutátor.

Literatúra

- [1] VARGA, Tomáš. *3D zobrazovací jednotka*. Brno, 2011. Semestrální práce I. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky.
- [2] VARGA, Tomáš. *3D zobrazovací jednotka*. Brno, 2012. Semestrální práce II. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky.
- [3] CSERI, P., R. DVOŘÁK a T. VARGA. *3D LED glóbus*. Brno, 2011. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky.
- [4] Arduino Forum. *help interfacing with max6960 led matrix*. 21.11.2008, 18:37 [cit. 2011-12-14]. Dostupné z: <http://www.arduino.cc/cgi-bin/yabb2/YaBB.pl?action=print;num=1227289029>
- [5] ARMITAGE, Tom. *MAX6960 LED Display*. In: *expat.dyndns.org babblings from my sad little world* [online]. Nov. 12, 2009, 12:25 pm [cit. 2011-12-14]. Dostupné z: <http://expat.dyndns.org/arduino/max6960-led-display/>
- [6] Animace. In: *WIKIPEDIE Otevřená encyklopedie* [online]. 04. 04. 2012, 09:21 am [cit. 2011-05-15]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Animace>
- [7] ATMEL. *AVR studio 4.18*. [software]. [přístup 2012-02-11]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/>
- [8] ATMEL. *AVRISP mkl User Guide*. In: *GM ELECTRONIC* [online datasheet]. © 2005 [cit. 2012-02-21]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/dokumentace/752/752-663/dsh.752-663.1.pdf>
- [9] HALLIDAY, D., R. RESNICK a J. WALKER. *FYZIKA: Vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. Praha: Nakladatelství VUTIUM a PROMETHEUS, 2000. ISBN. 80-214-1868-0.
- [10] *Hogyan működik a 3D?* In: *Geeks.hu.*, [online] 15. 06. 2009 [cit. 2011-05-15]. Dostupné z: http://www.geeks.hu/technologiak/090615_hogyan_mukodik_a_3d
- [11] *Hogyan működik a szemüveg nélküli 3D?* In: *Geeks.hu.*, [online] 05. 05. 2011 [cit. 2011-05-15]. Dostupné z: http://www.geeks.hu/technologiak/110505_hogyan_mukodik_a_szemuveg_nelkuli_3d
- [12] HRAŠKO, Michal. *Praktické informácie / Binokulárne videnie*. IN: *ABSOLUTOPTIK COM* [online]. © 2009 [cit. 2010-05-15]. Dostupné z: http://www.absolutoptik.com/index2.php?id=3binokularne_videnie
- [13] *LM117/LM217/LM317, 1.2 V to 37 V adjustable voltage regulators*. In: *STMicroelectronics* [online datasheet]. 2008 [cit. 2011-12-14]. Dostupné z: http://www.tme.eu/dok/04_uklady_scalone/lm317.pdf

- [14] *LM2599 SIMPLE SWITCHER Power Converter 150 kHz 3A Step-Down Voltage Regulator, with Features*. In: Texas Instruments [online datasheet]. © 2011 [cit. 2011-12-14]. Literature Number: SNVS123B. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2599.pdf>
- [15] MALÍK, D., J. MATĚJŮ a M. ZBRANEK. *Rotační LED zobrazovač*. Brno, 2011. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Dostupné také z: <http://www.uamt.feec.vutbr.cz/fektbot/>
- [16] Maxim Integrated Products. *MAXIM 4-Wire Serially Interfaced 8 x 8 Matrix Graphic LED Drivers*. In: www.maxim-ic.com [online datasheet]. © 2007 [cit. 2011-12-14]. Dostupné z: <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX6960-MAX6963.pdf>
- [17] PAREKH, Alan. *Rotating LED Globe*. In: *HACKED GADGETS* [online]. May, 3, 2010 [cit. 2011-05-15]. Dostupné z: <http://hackedgadgets.com/2010/05/03/rotating-led-globe/>
- [18] POON, Ting-Chung. *Digital holography and three-dimensional display: principles and applications*. New York: Springer, 2006, 430 s. ISBN 03-873-1340-0.
- [19] *Triple SpokePOV Kit + Dongle + 2 Magnets – v1.1* In: *adafruit INDUSTRIES* [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z: <http://www.adafruit.com/products/19&zenid=d1fc4eddfc27073608ebfd26e8e3279a>
- [20] WINAVR™. *WinGCC* [software]. [přístup 2012-02-11]. Dostupné z: <http://winavr.sourceforge.net/>
- [21] *8-bit Microcontroller with 64K/128K/256K Bytes In-System Programmable Flash* In: www.atmel.com. ATMEL® [online datasheet]. © 2011 [cit. 2011-05-15]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc2549.pdf>
- [22] *4.8mm Straw Hat Full-Colour 3 in 1 LED Cube Light (B08)*. In: *Made-in-China.com*. [online]. [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://rashalite.en.made-in-china.com/product/kMixfNacnshv/China-4-8mm-Straw-Hat-Full-Colour-3-in-1-LED-Cube-Light-B08-.html>
- [23] *128-Bit I2C™ Bus Serial EEPROM*. In: www.tme.eu. MICROCHIP [online datasheet]. [cit. 2011-12-14]. Dostupné z: http://www.tme.eu/dok/04_uklady_scalone/21178G.pdf

Zoznam príloh

Príloha 1.	CD	53
Príloha 2.	Zostavený elektrický obvod jedného segmentu displeja na doske nespájkovacieho poľa.....	54
Príloha 3.	Plošný spoj displeja.....	55
Príloha 4.	Schéma plošného spoja zdroja na statickej časti	55
Príloha 5.	Plošný spoj riadiacej elektroniky	56
Príloha 6.	Pôvodný návrh konštrukcie 3D zobrazovača	57
Príloha 7.	Nový návrh konštrukcie 3D zobrazovača	58
Príloha 8.	3D zobrazovacia jednotka	59
Príloha 9.	Schéma zapojenia riadiacej dosky.....	60
Príloha 10.	Schéma zapojenia Zdrojovej jednotky	61
Príloha 11.	Príklad vykresľovania priestorového písmena T, sekvencie obrázkov podľa natočenia displeja	62
Príloha 12.	Schéma zapojenia displeja	63

Príloha 1. CD

Elektronická verzia diplomovej práce:

varga_tomas_DP_2012.pdf

Schéma a DPS:

Displej.sch

Displej.brd

Elektronika.sch

Elektronika.brd

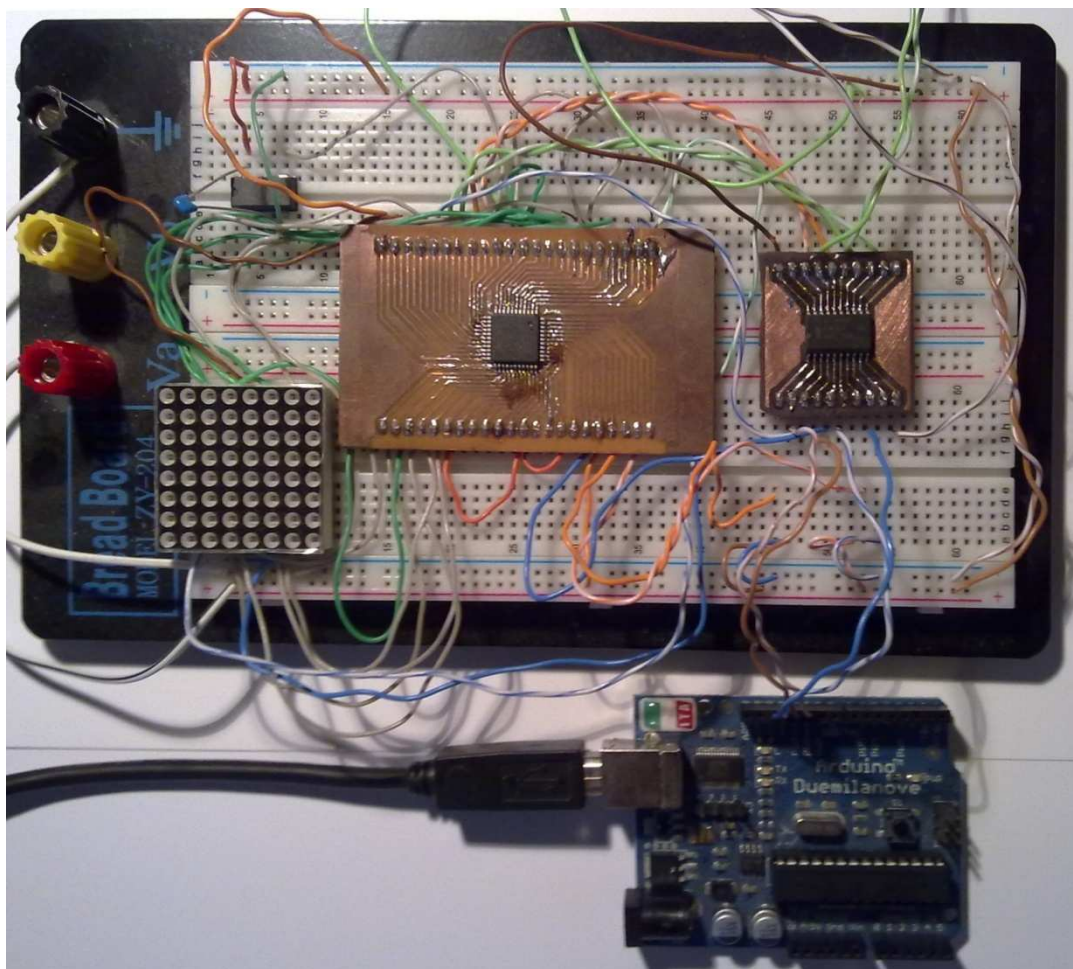
Zdroj.sch

Zdroj.brd

Softvér pre displej

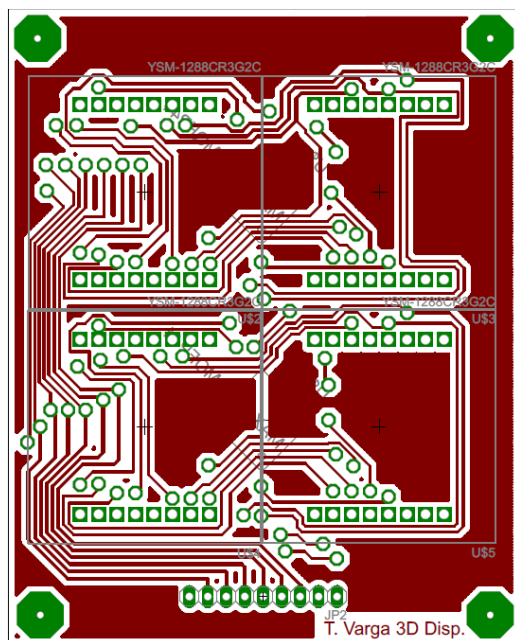
main.c

Príloha 2. Zostavený elektrický obvod jedného segmentu displeja na doske nespájkovacieho poľa

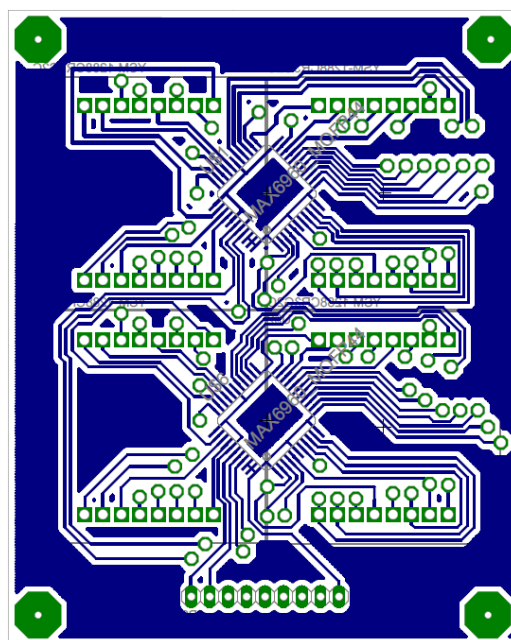


Príloha 3. Plošný spoj displeja

Lícna strana - strana displeja

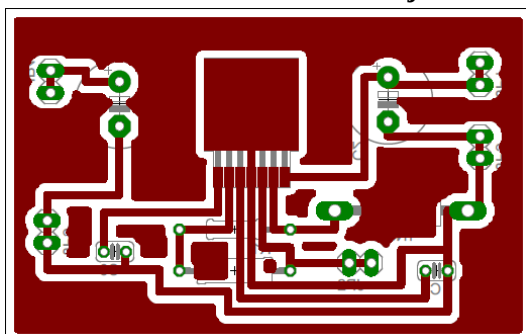


Rubová strana - strana s obvodmi
MAX6960

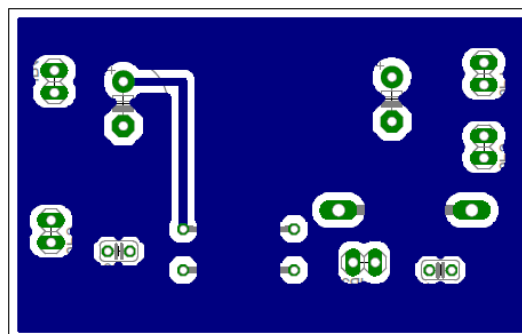


Príloha 4. Schéma plošného spoja zdroja na statickej časti

Lícna strana - Schéma statickej časti

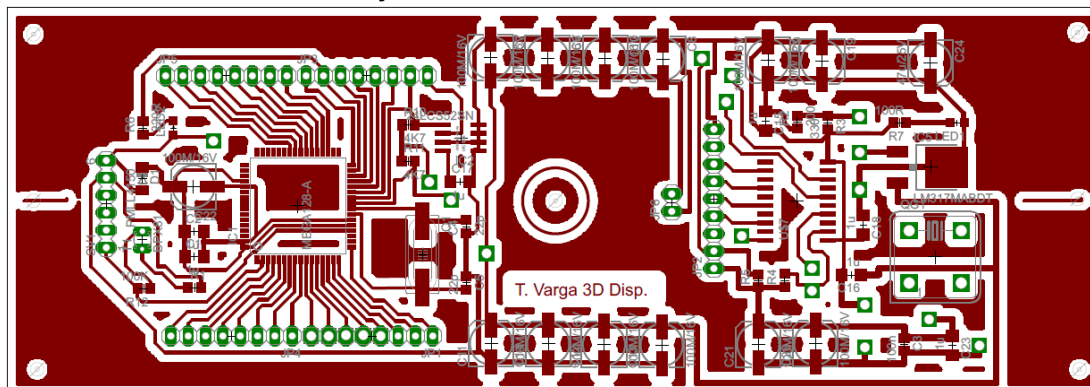


Rubová strana

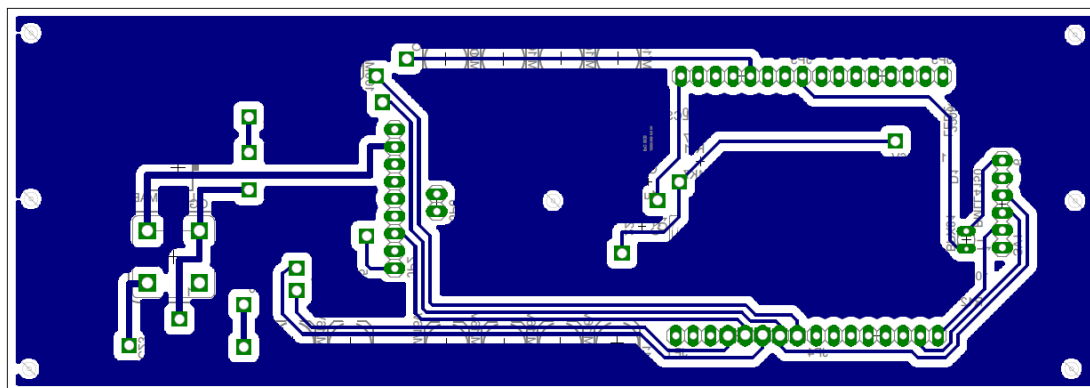


Príloha 5. Plošný spoj riadiacej elektroniky

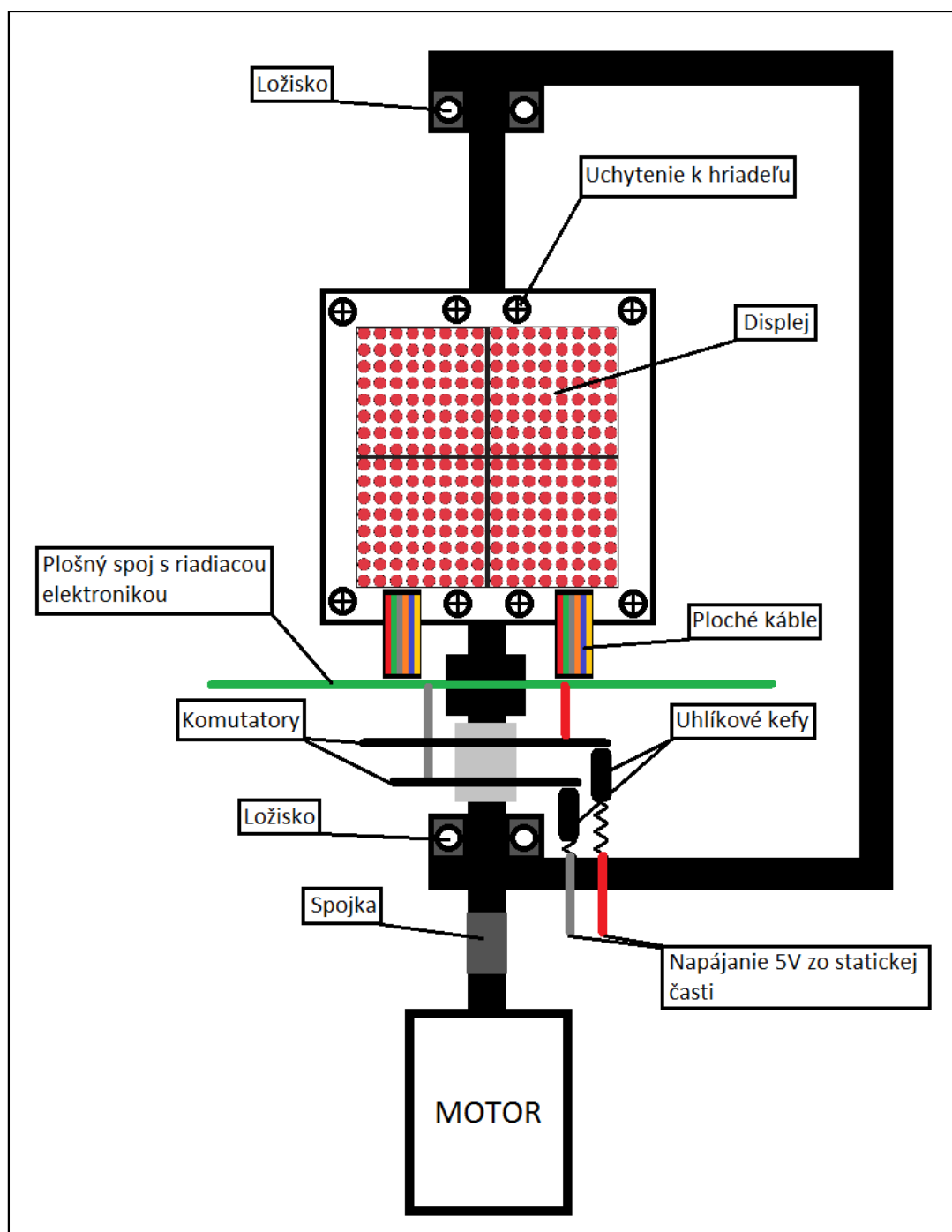
Lícna strana - strana s osadenými súčiastkami



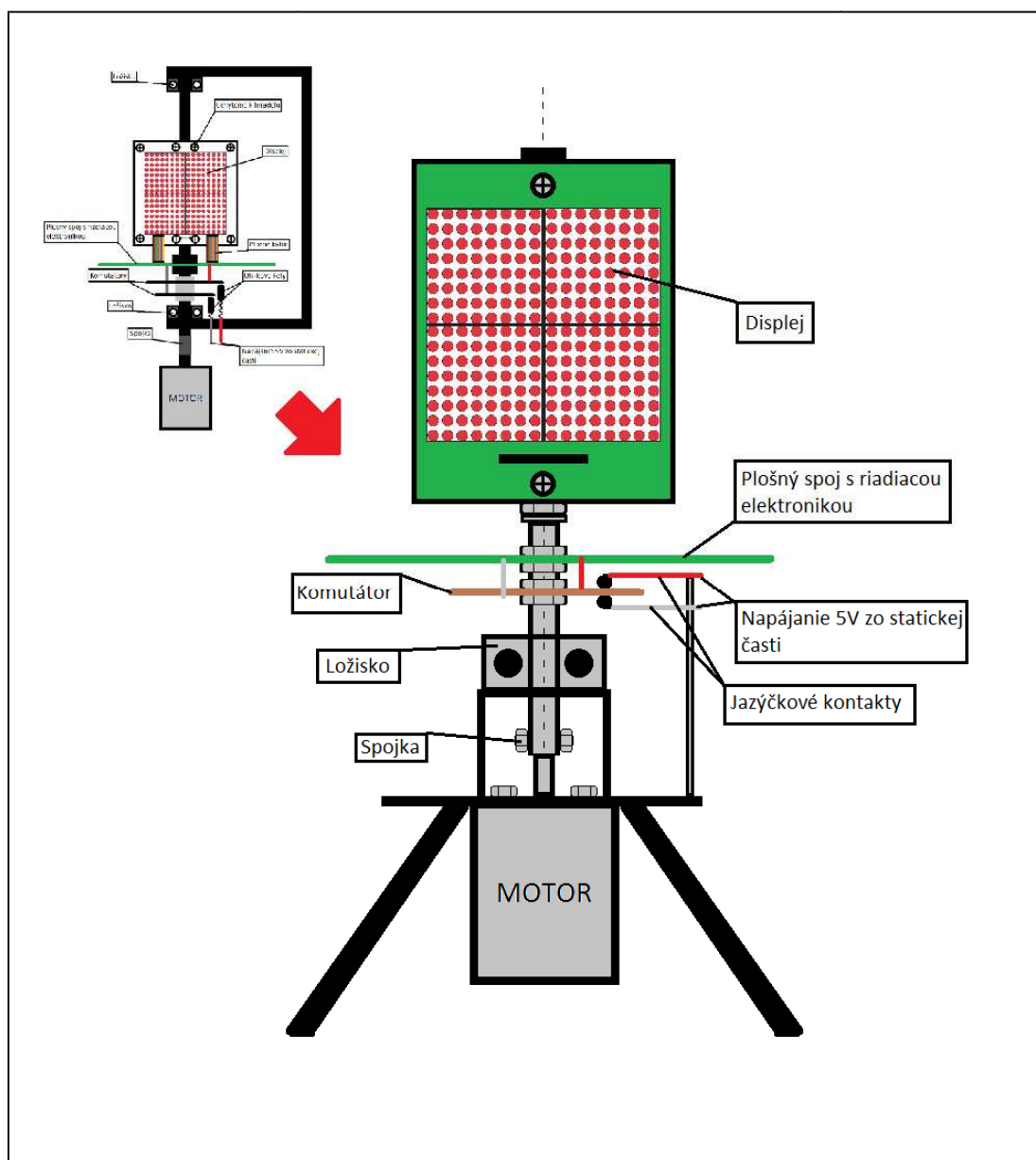
Rubová strana



Príloha 6. Pôvodný návrh konštrukcie 3D zobrazovača



Príloha 7. Nový návrh konštrukcie 3D zobrazovača



Príloha 8. 3D zobrazovacia jednotka

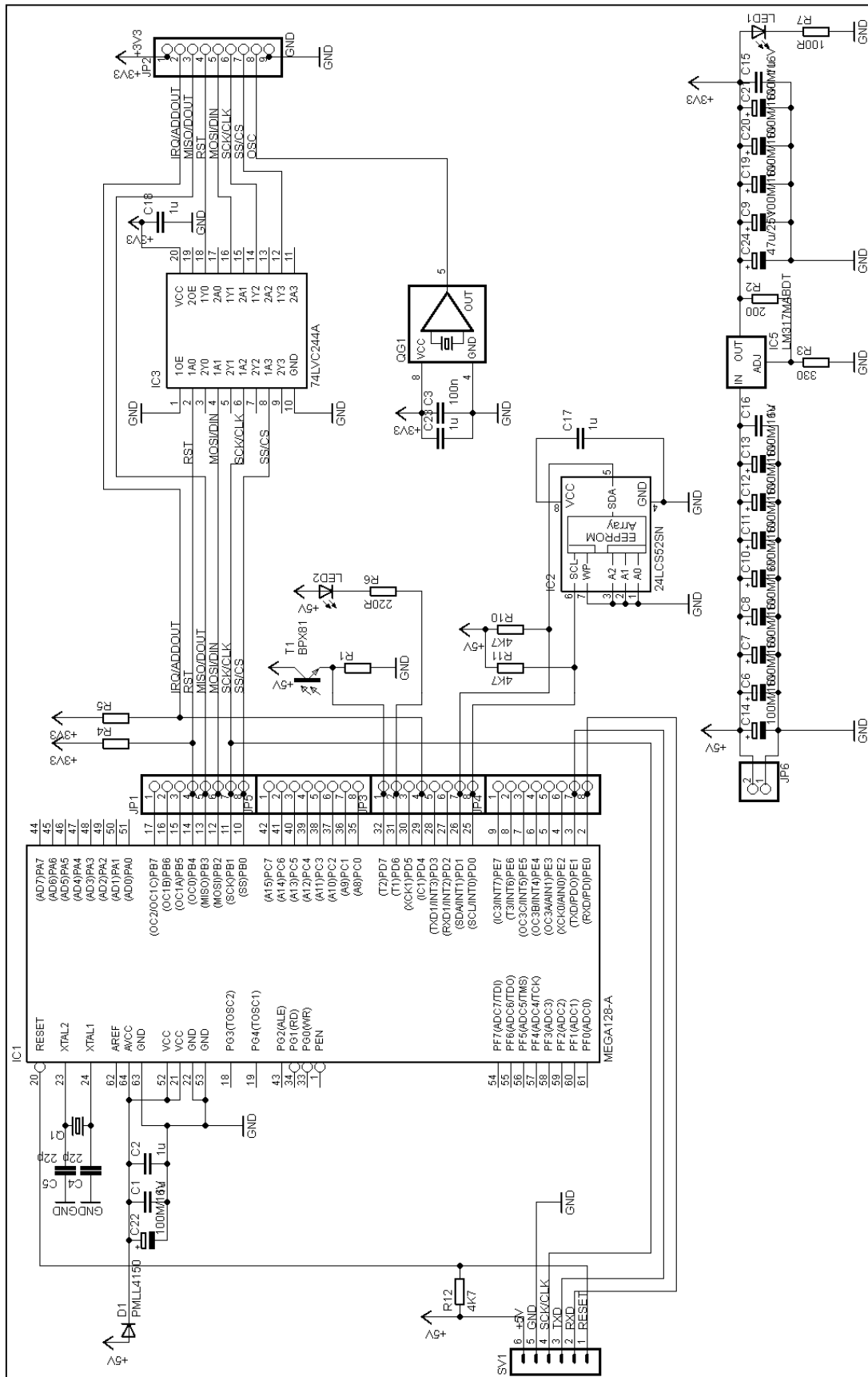
3D zobrazovacia jednotka



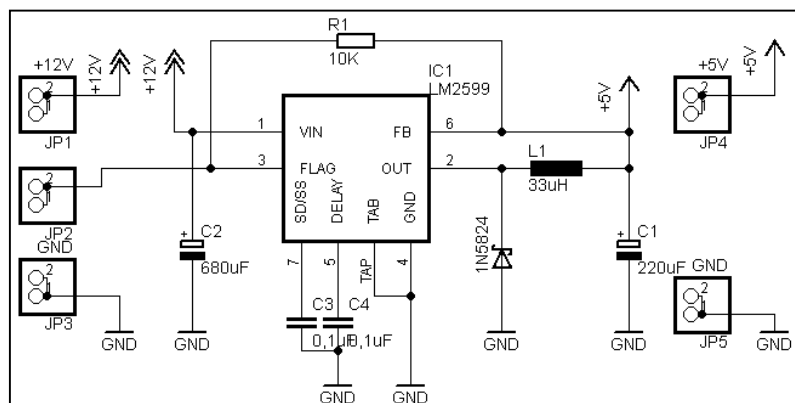
3D Zobrazovacia jednotka v pohybe s rozsvieteným displejom



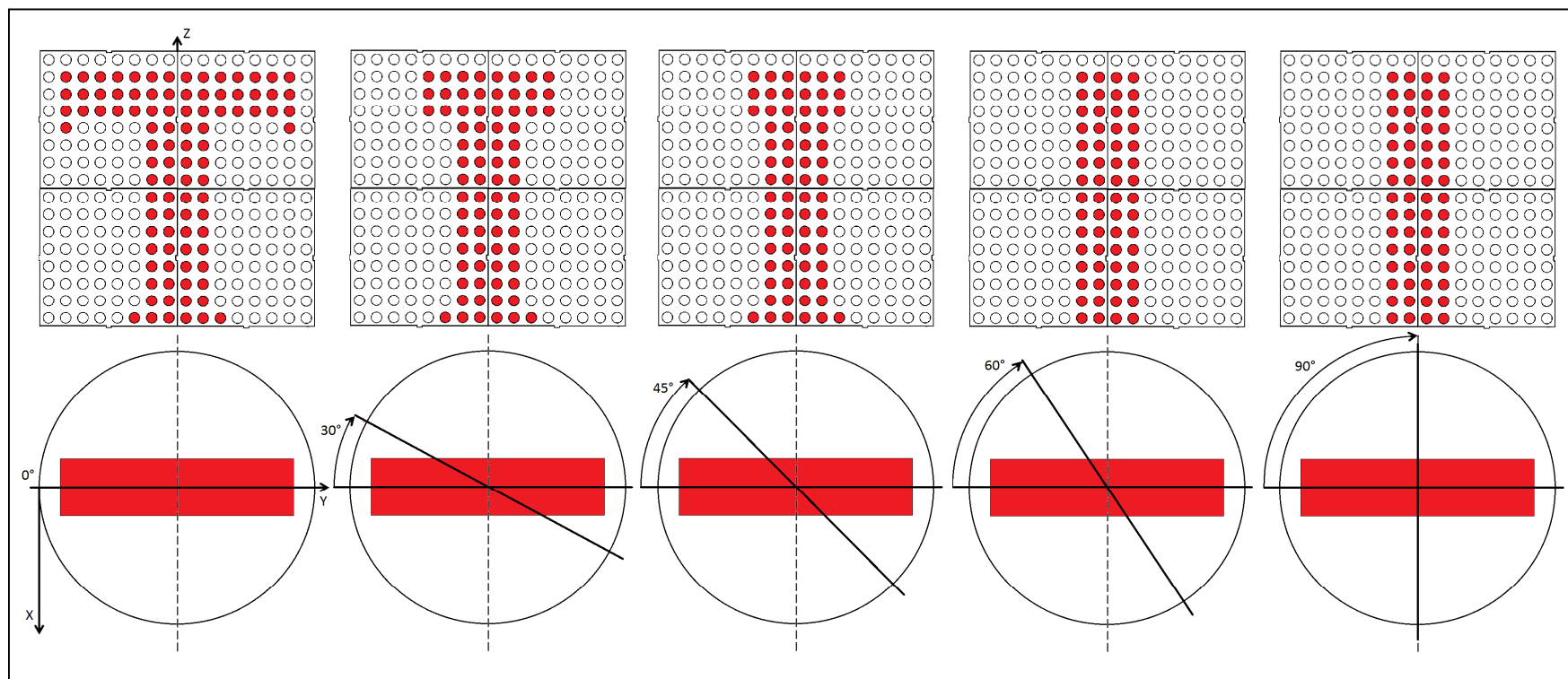
Príloha 9. Schéma zapojenia riadiacej dosky



Príloha 10. Schéma zapojenia Zdrojovej jednotky



Príloha 11. Príklad vykresľovania priestorového písma T, sekvencie obrázkov podľa natočenia displeja



Príloha 12.Schéma zapojenia displeja

