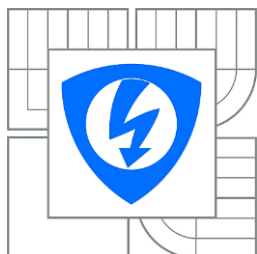


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘÍCÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

3D LED KOSTKA

3D LED CUBE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

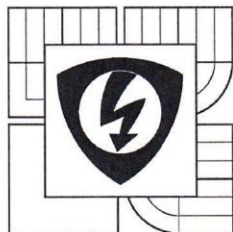
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN RAK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ FLORIÁN

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Jan Rak

Ročník: 3

ID: 147645

Akademický rok: 2013/14

NÁZEV TÉMATU:

3D LED kostka

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte mechanickou a elektronickou konstrukci 3D LED kostky, která bude vykreslovat různé obrazce a texty. Projekt bude umístěn na horní části robotu FEKTBOT a úkolem bude přitáhnout pozornost kolemjdoucích. Kostka bude po zapnutí v demonstračním režimu a bude možné ji přepnout do uživatelského režimu, ve kterém bude řízena z počítače. Konstrukci navrhněte tak, aby ji bylo možné jednoduše osadit na FEKTBOT.

Zadání lze shrnout do následujících bodů:

1. Zpracujte rešerši ohledně konstrukcí 3D LED kostek.
2. Vyberte vhodnou konstrukci a dle potřeby ji modifikujte.
3. Vyberte vhodné LED diody a ovladače pro ně.
4. Vyberte vhodný řídicí mikrokontrolér.
5. Navrhněte zapojení a desku plošných spojů.
6. Naprogramujte obslužný software pro ovládání kostky z počítače.
7. Vše vyrobte, oživte a naistalujte na FEKTBOT.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Váňa, Vladimír. ARM pro začátečníky. BEN - technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-246-6.

Termín zadání: 10.2.2014

Termín odevzdání: 26.5.2014

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Florián

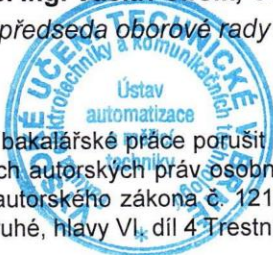
Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské 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

Cílem této práce bylo navrhnout a zkonstruovat LED kostku pro zobrazování vizualizací a upoutání pozornosti. S ohledem na zadání bylo stanoveno rozlišení 8x8x8. Pro celkové řízení a komunikaci s PC byla zvolena vývojová deska STM32F4 Discovery, která díky svým parametrům plně postačuje pro tuto aplikaci. Kostka tvořená z diod a napájecích vodičů bude usazena na řídicí desce, která bude obsahovat veškeré řídicí a komunikační členy, včetně regulátoru napájení. Deska bude tvořit podstavec potáhnutý tkaninou pro lepší vzhled.

Klíčová slova

LED kostka, STM32F4

Abstract

The goal of this project is to design and construct a LED cube for visualization and imaging attract attention. With respect to the assignment was determined resolution 8x8x8. For the overall management and communication with the PC was chosen development board STM32F4 Discovery, which, thanks to its parameters, is sufficient for this application. Cube consisting of diodes and power wires will sit on the governing board, which will include all parts of management and communication, including the controller power supply. The board will be covered by colored fabric for a better look.

Keywords

LED CUBE, STM32F4

Bibliografická citace

Rak, J. 3D LED KRYCHLE: bakalářská práce. Brno: FEKT VUT v Brně, 2013. 17s.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma: 3D LED Kostka, jsem vypracoval samostatně pod odborným vedením a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 26. Května 2014

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Tomáši Floriánovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne 26. Května 2014

.....
podpis autora

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Teoretické poznatky.....	10
2.1	Řízení kostky.....	10
2.2	SPI sběrnice.....	11
2.3	USB sběrnice.....	12
2.4	Vytvořené projekty.....	14
2.4.1	5 ³ LED Cube for PIC16F688.....	14
2.4.2	Lomont.org.....	15
3	Návrh kostky.....	15
3.1	Blokové schéma.....	15
3.2	STM32F4 Discovery.....	16
3.3	LED Ovladače.....	17
3.4	Diody.....	18
3.4.1	Výčet podstatných parametrů.....	18
3.4.2	Použité diody.....	18
3.5	Spínání pater.....	18
3.6	Konstrukční a řídicí návrh kostky.....	19
3.6.1	Žádané vlastnosti.....	19
3.6.2	MAX1744.....	20
3.7	Postup konstrukce kostky.....	21
3.7.1	Konstrukce řady.....	21
3.7.2	Celková kompletace.....	24
3.7.3	Montáž do podstavce.....	25
3.8	Řídicí deska.....	26
3.8.1	Možnosti řešení.....	26
3.8.2	Osazovací plán návrhu 1.....	26
3.8.3	Deska plošných spojů návrhu 1.....	28
3.8.4	Osazovací plán návrhu 2.....	29
3.8.5	Deska plošných spojů návrhu 2.....	29
4	Ovládací software.....	30
4.1	Program MC.....	30
4.2	Aplikace na PC.....	30
5	Závěr.....	31
6	Seznam literatury.....	32
7	Seznam příloh.....	32

Seznam obrázků

Obr. 1	Schematické zapojení diod	10
Obr. 2	Princip komunikace dvou zařízení [7]	11
Obr. 3	Slave zařízení propojená do řetězu [7]	12
Obr. 4	Základní typy USB konektorů	13
Obr. 5	Struktura USB [9].....	13
Obr. 6	5 ³ LED Cube [2]	14
Obr. 7	Blokové schéma	15
Obr. 8	Kit STM32F4 Discovery	16
Obr. 9	STP16DP05 – vnitřní blokové schéma ovladače [6].....	17
Obr. 10	Zjednodušené schéma spínání patra	19
Obr. 11	Schéma zapojení napěťového regulátoru.....	20
Obr. 12	Šablona s upevněnými vodiči.....	21
Obr. 13	Upravené diody	22
Obr. 14	Pájení patra.....	22
Obr. 15	Dokončení řady	23
Obr. 16	Celková kompletace řad.....	24
Obr. 17	Detail šablony a její použití při stavbě	24
Obr. 18	Příprava podstavce.....	25
Obr. 19	Upevňování kostky v podstavci	25
Obr. 20	Uchycení kostky v podstavci	26
Obr. 21	Osazovací plán návrh 1	27
Obr. 22	Deska plošných spojů návrh 1.....	28
Obr. 23	Osazovací plán návrh 2.....	29
Obr. 24	Deska plošných spojů návrh 2.....	29
Obr. 25	Výstupní signály pro ovládání pater	30
Obr. 26	Okno PC aplikace	30

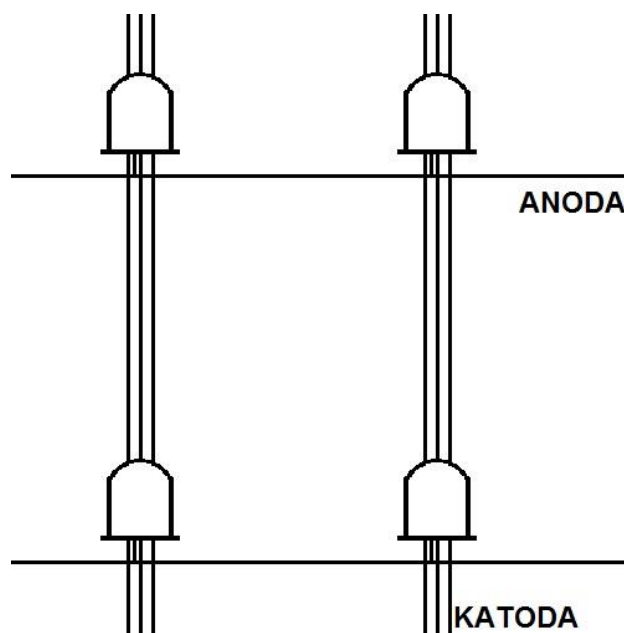
1 Úvod

Při návrhu LED kostky je nutné se zaměřit na její konstrukční řešení a následné řízení. Cílem kostky je zaujmout pokud možno co nejvíce lidí, je tedy kladen důraz na její velikost a estetičnost. Pro upoutání pozornosti nahrává fakt, že kostka bude umístěna přibližně v úrovni očí (vrchní část FEKT botu), což umožní lehčí upozorování. Velikost samotné kostky, z hlediska rozlišení byla stanovena 8x8x8, tato volba byla učiněna kvůli jednoduššímu řízení. Diody by vybrány jako RGB, díky této volbě bude možné rozsvěcovat každou diodu jinou barvou a tím bude docíleno zajímavějších a efektnějších animací, které budou přitahovat pozornost. Z hlediska funkčnosti bude kostka komunikovat s počítačem přes USB, být jím řízena a programována, je nutné vytvořit řídicí desku a implementovat jednotlivé řídicí členy pro ovládání vizualizace kostky. Její ovládání by mělo být snadné i pro laika.

2 Teoretické poznatky

2.1 Řízení kostky

Pro řízení kostky se musíme zaměřit na její konstrukci a zapojení jednotlivých diod. Principově je vytvoření plynulého obrazu dosaženo obdobným způsobem jako u televize, postupným spínáním jednotlivých pater. Vždy je sepnuto pouze jedno patro a volbou sloupce rozsvěčíme jednotlivé diody. Patrem kostky se rozumí síť vodičů spojující všechny anody diod v jedné vrstvě. Katody jednotlivých diod jsou spojeny do sloupců kostky, je nutné řídit každý sloupec jednotlivě a individuálně k právě sepnutému patru. Tímto postupem docílíme požadované hloubky obrazce. Kdyby byla sepnuta dvě patra současně, svítil by stejný obrazec na obou z nich, to je nežádoucí jev, kterého je třeba se vyvarovat. Na Obr. 1 je schematicky znázorněno zapojení jednotlivých diod v jedné řadě.



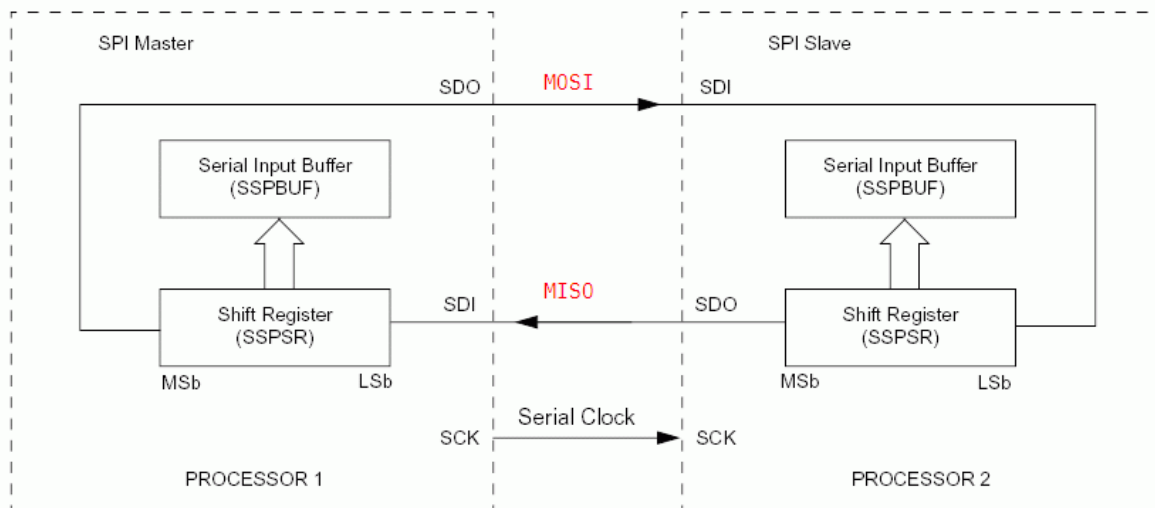
Obr. 1 Schematické zapojení diod

Obnovovací frekvence kostky musíme volit tak aby lidské oko nepostřehlo přepínání jednotlivých pater tudíž minimálně 25 Hz. Čas sepnutí jednotlivého patra se dá vyjádřit vzorečkem.

$$t_{\text{patra}} = \frac{1}{f_{\text{obnovovací}} \cdot \text{počet pater}} \quad (1)$$

2.2 SPI sběrnice

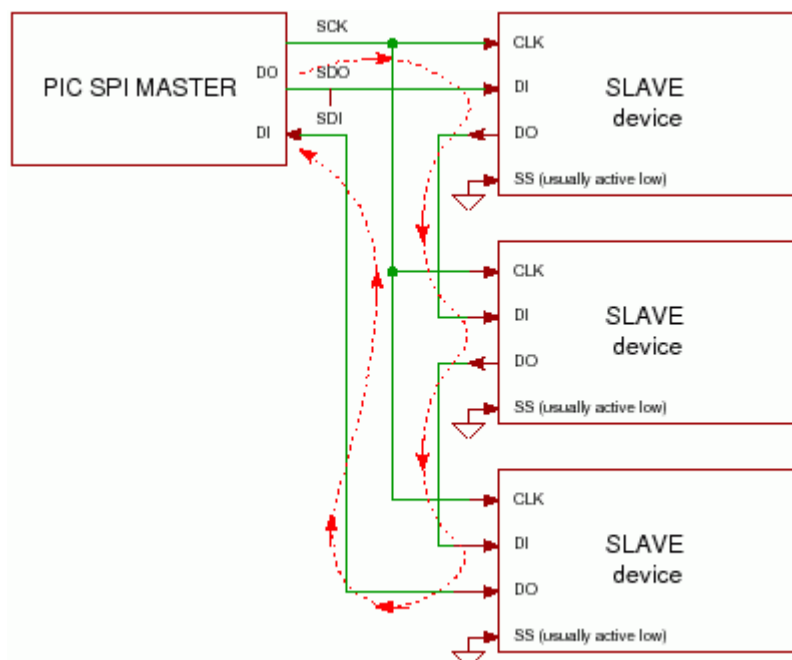
Externí sériová sběrnice, slouží pro vzájemné propojení dvou či více uzlů, z čehož jeden uzel pracuje jako řadič (master) a ostatní uzly pracují v režimu slave. Uzel typu Master vysílá synchronizační signál (SCK), ten je rozveden do ostatních uzlů a tím zaručuje synchronní přenos dat. Tento signál dosahuje frekvence až 70 MHz, běžnější je však okolo 10MHz. Dále sběrnice obsahuje dva vodiče značené jako MOSI (Master Out, Slave In) a MISO (Master In, Slave Out). Tyto vodiče přenášejí obousměrně data, takové zapojení se nazývá full duplex. Dalším vodičem je SSEL (Slave Select), ten slouží k výběru uzlu, s kterým bude Master komunikovat.[7]



Obr. 2 Princip komunikace dvou zařízení [7]

Na Obr. 2 je vidět způsob propojení dvou uzlů. Každý uzel obsahuje to nejjednodušší, dva registry, datový záchytný registr (SSPBUF) a posuvný registr (SSPSR). Do registru SSPSR je zapsán bajt, který byl přijat a ještě nebyl zpracován, tento registr slouží jako jednoprvková fronta, zároveň slouží i k vysílání dat. Každý posun tohoto registru znamená, že vysunutý bit je odeslán na výstup SDO a obráceně. Logická hodnota zapsána ze vstupu SDI je na nejnižší pozici posuvného registru. Uzel v režimu master generuje SCK a tím i časy, kdy se jednotlivé registry (SSPSR) posouvají. U většiny zařízení bývá možnost nástupné či sestupné hrany SCK. [7]

Existují dva způsoby zapojení této sběrnice. První je naznačen na Obr. 3, kde se může představit i více zařízení typu slave. Dále by bylo rozvedeno několik vodičů typu SSEL, každý do jednoho slave uzlu, a logickou jedničkou, bychom vybrali konkrétní uzel, s kterým se má komunikovat. Druhý způsob je řetězení slave uzlů tak, jak je naznačeno na Obr. 3. [7]



Obr. 3 Slave zařízení propojená do řetězu [7]

Hodinový signál je zde do všech uzlů přiveden paralelně. Datové vodiče zde tvoří kruh. Uvážíme-li že každé zařízení obsahuje posuvný registr tak tímto zapojením vznikl jeden dlouhý posuvný registr. Toto zapojení je použito pro tento projekt. [7]

Výhodou této sběrnice je snadná implementace, lze jí díky tomu najít v mnoha různých zařízeních, např.: v komunikaci s některými druhy pamětí (EEPROM), v LCD panely, v hodinami reálného času (RTC). Podpora pro SPI je zabudována do řady mikro kontrolérů STM32, AVR, PIC16xx. Pro jednoduché řízení okolních zařízení je možno použít jednosměrnou komunikaci, při které se vysílají nebo čtou data z jednoho uzlu. Výhodné je takto zapojit několik posuvných registrů. [7]

Mezi nevýhody této sběrnice určitě patří existence pouze jednoho zařízení typu Master. Je také možné použít zapojení multiple master, ale to vyžaduje použití složitějšího komunikačního protokolu. Přenos sběrnice je omezen na kratší vzdálenost kvůli synchronizaci hodinového signálu s přenášenými daty. [7]

2.3 USB sběrnice

USB (Universal seriál bus) je sériová sběrnice, která je v dnešní době nejpoužívanější u osobních PC ke komunikaci s externím zařízením. Vznikla za spolupráce několika velkých firem (např.: HP, Intel, Microsoft), jejich cílem bylo sjednotit rozhraní pro komunikaci se zařízeními s nižším datovým tokem. Tato sběrnice téměř zcela nahradila dříve používané sériové rozhraní RS-232, paralelní port a PS/2.

Nespornou výhodou této sběrnice je funkce Plug and Play, což v překladu znamená, připoj a hraj. Tato funkce umožňuje připojení zařízení bez toho aniž by bylo nutné restartovat počítač, zařízení se po chvíli načte. V případě prvního připojení se nainstalují ovladače pro dané zařízení. Tato funkce je již dlouho integrována do většiny operačních systémů.

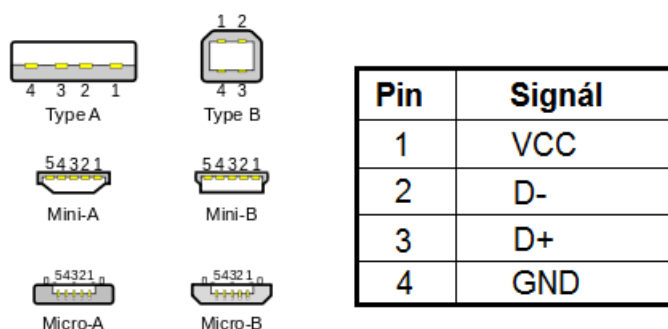
Zařízení s USB lze rozdělit do dvou skupin. Zařízení s vlastním napájením, nezávislým na napájení USB (velké externí disky, tiskárny). Druhá skupina zařízení je přímo napájena z USB (Flash disk, klávesnice, myš). Sběrnici tvoří čtyři vodiče. Dva napájecí VCC a GND, a dva datové vodiče D+, D-. Velikost napájecího napětí je 5V. Proud povolený pro běžné zařízení je 100mA, avšak na požádání zařízení tento proud

může být maximálně 500mA. Těchto výhod využívají některé druhy externích disků, ke kterým výrobci dodávají rozdvojený kabel se dvěma zástrčkami pro vyšší proudový odběr.

USB rozhraní využívá několik typů konektorů. Nejpoužívanějším je plochý konektor Typ A a v poslední době i Micro-B. Těmito konektory se často setkáme u hudebních přehrávačů, telefonů a spousta dalších zařízení. Typy základních konektorů a jejich piny jsou zobrazeny na Obr. 4.

Základní parametry:

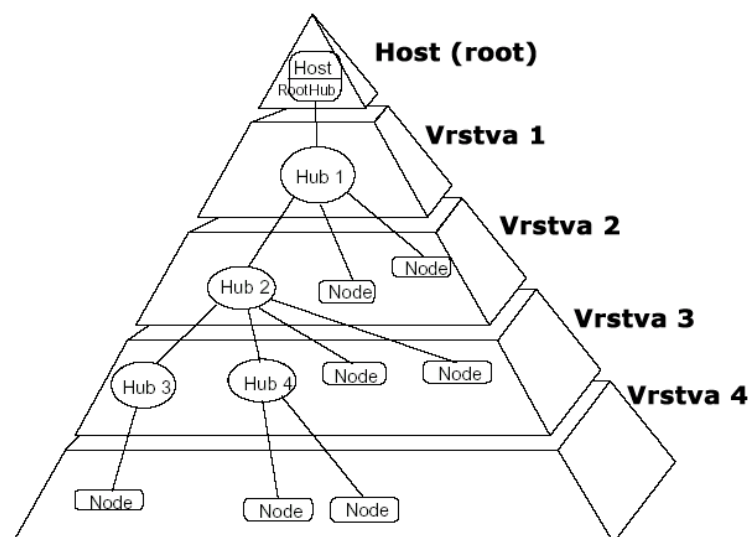
- Rychlost komunikace: 1,5 Mbit/s až 5Gbit/s
- Maximální délka sběrnice bez budičů: 5m
- Maximální počet zařízení na jednom konektoru: 127
- Sběrnice obsahu 5V napájení



Obr. 4 Základní typy USB konektorů

Přenos dat mezi počítačem a zařízením začíná tím, že počítač vyšle takzvaný token paket. Tento paket obsahuje typ a směr výměny dat, USB adresu a číslo koncové jednotky (endpoint). Dále zařízení odešle paket s daty, nebo se nachází ve stavu, kdy žádná data nejsou k dispozici. Po tomto přenosu zařízení odešle handshake paket s informací o tom, zda přenos proběhl správně.

Zařízení vybavené rozhraním USB je buď rozdělovač, nebo funkční jednotka. Propojení je řešeno pomocí víceúrovňové hvězdicovité struktury. Viz Obr. 5.



Obr. 5 Struktura USB [9]

2.4 Vytvořené projekty

Na internetu se několik poslední let objevuje čím dál více projektů na toto téma. Tyto projekty se často liší jak konstrukčním řešením, tak i elektronickým řízením. Rozeberme si tedy několik těchto projektů a pokusme se najít klady a zápory jednotlivých řešení.

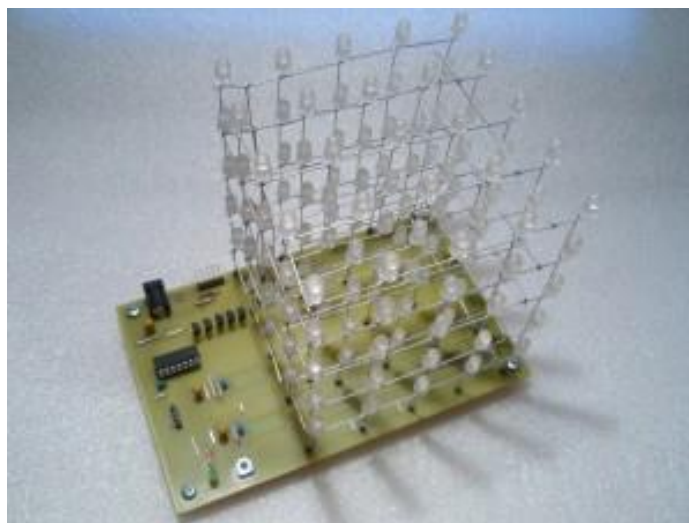
2.4.1 5³ LED Cube for PIC16F688

Tento projekt se zabývá kostkou o velikosti 5x5x5, diody jsou jednobarvé, 3mm v průměru. Tyto parametry byly zvoleny čistě pro jednoduchost a cenu celkového výroku. Jak už je patrné z názvu hlavním ovládacím prvkem je MC PIC16F688 tento procesor má dostatečný výkon pro danou kostku pro náš případ však hrozí, že už by nebyla příjemná rezerva výkonu, a tudíž není příliš vhodný pro tento projekt. Spínání pater zde zajišťuje tranzistor v zapojení SC.

Stavba vlastní kostky probíhala po jednotlivých patrech. Toho bylo dosaženo vytvořením šablony s otvory pro diody umístěné v mřížovém vzoru. Vzdálenost jednotlivých diod byla určena délkou nožičky diody. Propojení spočívá ve vhodném ohýbání nožiček, tak aby tvořili mříž. Toto řešení má nevýhodu v pevně dané rozteči mezi jednotlivými diodami.

DPS zde tvoří podstavu pro kostku. Tato forma upevnění má hned několik výhod. První z nich je propojení kostky přímo s řídicí deskou bez žádných propojek, tím se vyvarujeme chyby při stavbě. Otvory pro uchycení kostky jsou už od návrhu přesně dané, a pokud desku nevyrábíme doma, nemusíme se starat o jejich přesnost. [2]

Pro řízení diod je zde použit led driver STP16DP05. Tento integrovaný odvod se velmi často používá u těchto zařízení a je mu věnována kapitola 3.3 .



Obr. 6 5³ LED Cube [2]

2.4.2 Lomont.org

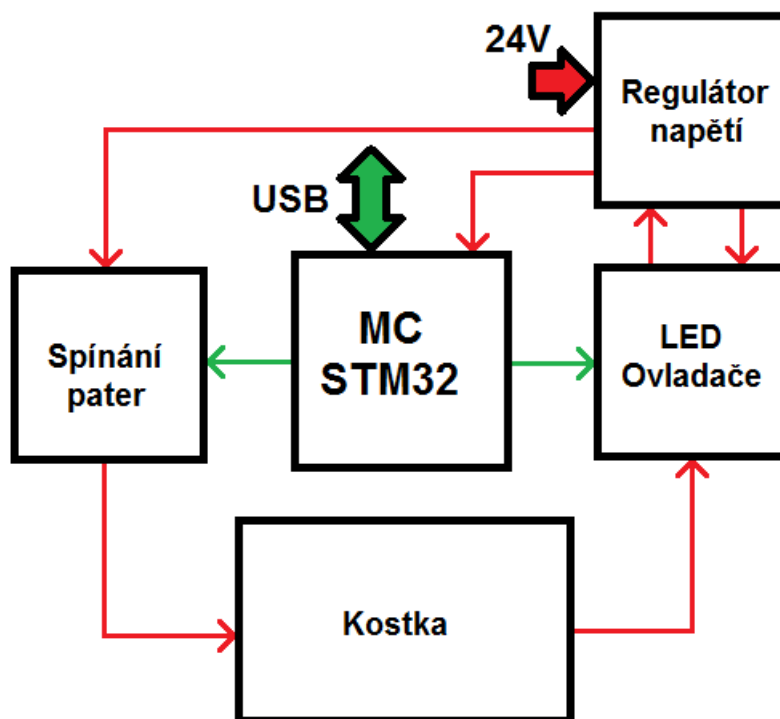
V tomto projektu byla vytvořena kostka velikosti 8x8x8, diody byly vybrány jako RGB s průměrem 10mm. S takto velkými diodami bylo zapotřebí přizpůsobit velikost kostky. Proto stavba kostky probíhala po řadách. Tento postup je podrobně rozebrán v kapitole 3.7.

Díky svým rozměrům je často velice finančně nákladné vyrábět desku, do které by se kostka umístila, proto je zde použit dřevěný podstavec, do kterého je kostka připevněna. V tomto řešení se naskýtá možnost volby mezery mezi jednotlivými diodami. Což je výhodné pro tuto práci.

3 Návrh kostky

3.1 Blokové schéma

Blokové schéma znázorňuje zapojení jednotlivých komponentů a jejich vzájemné propojení. Hlavním řídicím členem je vývojová deska STM32F4 Discovery (kapitola 3.2), ta je připojena k řídicímu obvodu pro spínání pater (kapitola 3.5) a LED ovladačem (kapitola 3.3).



Obr. 7 Blokové schéma

3.2 STM32F4 Discovery

Základem této vývojové desky je mikrokontrolér STM32F407VGT6 s 32 bitový ARM Cortex-M4F jádrem, 1 MB Flash a 192KB RAM pamětí. Mikrokontrolér pracuje na kmitočtu 168 MHz [1]. Deska je vybavena rozmanitým příslušenstvím např. 3 osy akcelerometr, digitálním mikrofón, programovací obvody. Komunikace s osobním počítačem probíhá přes USB. Díky těmto vlastnostem je deska snadno programovatelná a program se lehce ladí pomocí krokování. Na desce je vyvedeno 5, 16bitových registrů PA – PE, některé z registrů se používají pro periferní příslušenství [1]. Pro účely toho projektu bylo využito možnosti komunikace po sériové sběrnici SPI a volně vyvedené výstupy pro spínání pater. SPI sběrnice je vyvedena na pinech PA5 (SCK), PA7 (MOSI). Spínání pater probíhá na pinech PE8 – PE15. Pin PB10 je použit pro spínání výstupů registrů, vstup LHD\DM1 (kapitola 3.3).

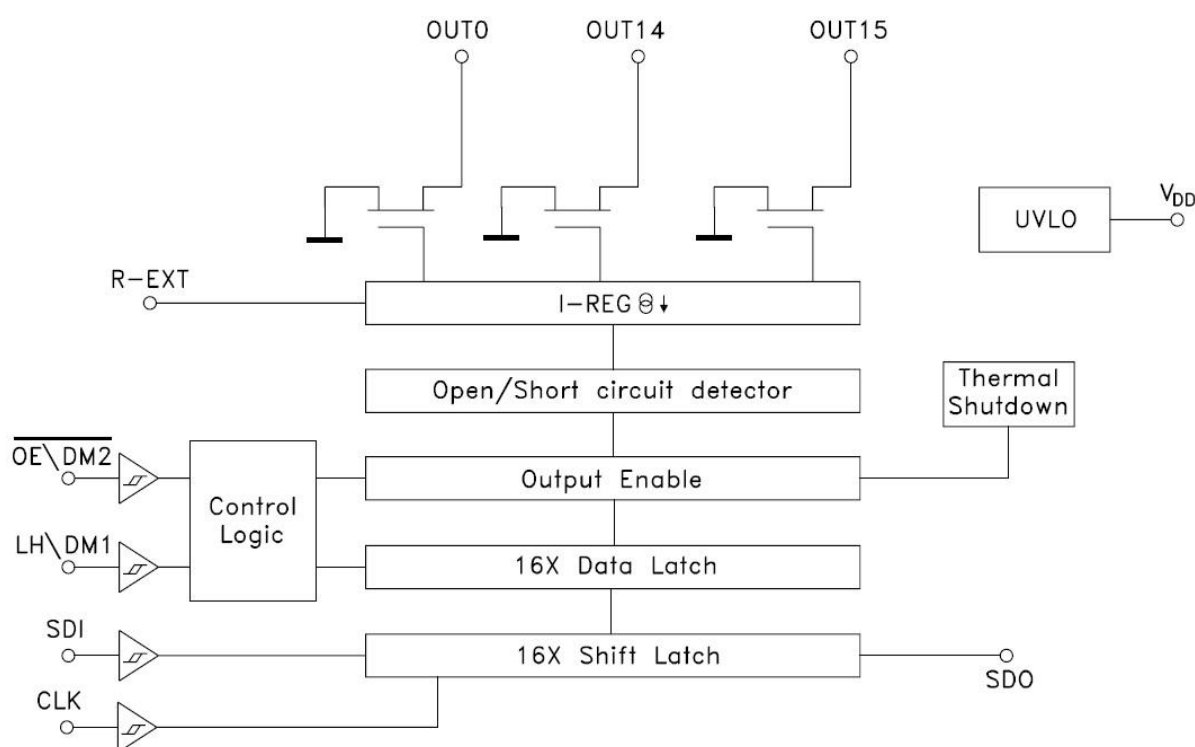


Obr. 8 Kit STM32F4 Discovery

3.3 LED Ovladače

Pro spínání jednotlivých sloupců byl zvolen integrovaný obvod STP16DP05. Ovladač obsahuje 16bitový posuvný registr pro komunikaci po SPI sběrnici. Maximální kmitočet komunikace je 30 MHz. Vstupní proud se nastavuje externím odporem. Hodnota odporu byla zvolena podle datasheetu [6] jako 1k Ω , touto volbou dosáhneme proudu 20mA pro jednu diodu. Detailní zapojení ovladače je uvedeno v příloze 1.

Na Obr. 9 je uvedeno vnitřní blokové schéma zapojení ovladače. Funkce bloku Control Logic je popsána v datasheetu, pro potřeby kostky postačuje zapojení vstupu LH\DM1, vstup OE\DM2 je uzemněn. Takto zapojené vstupy zjednoduší funkci ovladače tak že po přivedení impulzu na vstup LH\DM1 dojde k překlopení posuvného registru do I-REG a tedy na vstupy ovladače.



Obr. 9 STP16DP05 – vnitřní blokové schéma ovladače [6]

3.4 Diody

3.4.1 Výčet podstatných parametrů

Při volbě diody je třeba se zaměřit na několik parametrů. Přiblížíme si jejich základní vlastnosti:

Pouzdro diody je lépe volit difúzní než-li čiré, předejde se tím nepříjemným jevům, které mohou nastat jako např. ghost efekt. To znamená, že se dioda může zdát rozsvícena, ale při tom je pouze nasvícena diodou ze spodu. Dalším nežádoucím faktorem čirého pouzdra je špatná viditelnost při použití za denního světla.

Svítivost diody je požadována minimálně 300 mcd. Nedodržením tohoto parametru riskujeme nevýraznost nebo dokonce nepoznatelnost svitu diody.

Pozorovací úhel je volen pokud možno co největší, v praxi se nedoporučuje úhel menší než 20°. Pokud by byl pozorovací úhel menší, vzniká riziko ghost efektu.

Tyto parametry byly stanoveny jako průměr několika projektů, které byli rozebrány v kapitole 2.5.

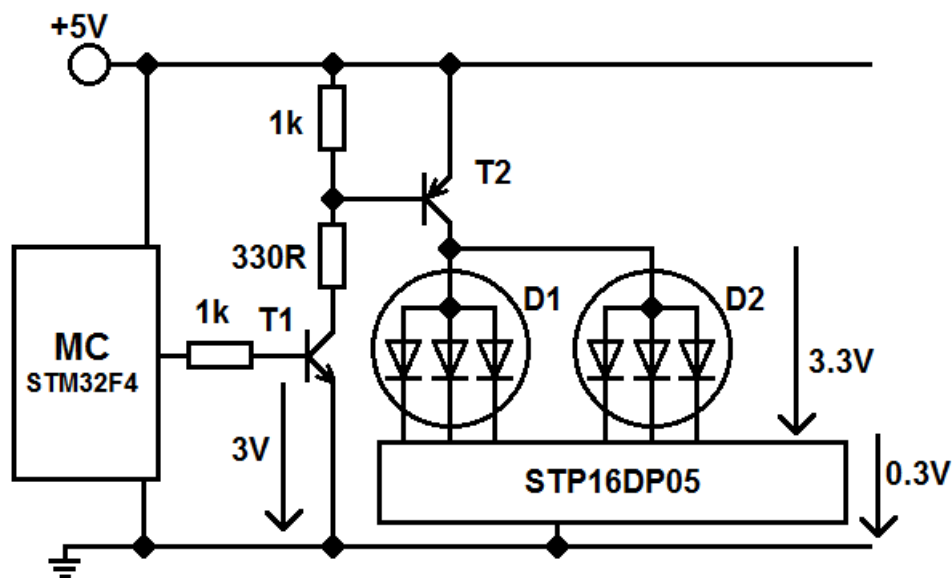
3.4.2 Použité diody

Diody byly zvoleny jako RGB difúzní, velikost pouzdra 5mm, pozorovací úhel 20°, svítivost diody je pro každou barvu jiná pro červenou 4000 mcd, zelenou 8000 mcd, modrou 5000 mcd. Při výběru byly vzaty v potaz minimální nároky a celková cena LED. Na zdejším trhu se tyto diody pohybují v cenové relaci 15 - 20 Kč/ks, proto byli použité diody objednány z Číny kde se cena obvykle pohybuje kolem 2 - 4 Kč/ks.

3.5 Spínání pater

Obvod pro spínání pater se skládá ze dvou tranzistorů a tří odporů. Toto zapojení bylo nutné vytvořit kvůli nízkému napětí na výstupu vývojové desky v sepnutém stavu. Ze zjednodušeného schématu (Obr. 10) je patrné že potenciální napětí pro rozsvícení diod je větší než napětí na výstupu MC a proto nemohlo být použito jednoduché zapojení jednoho tranzistoru SC.

Spínací tranzistor T2 potřebuje pro správnou funkci tranzistor T1, který zajistí jeho buzení. Budící tranzistor T1 není výkonově zatěžován a jeho ztrátový výkon je zanedbatelný. Tranzistor T2 musí být volen s ohledem na maximální zatěžovací proud. Tranzistory budou pracovat v nízkofrekvenční oblasti kmitočtu tudíž kmitočtové parametry tranzistorů T1 a T2 nejsou podstatné.



Obr. 10 Zjednodušené schéma spínání patra

3.6 Konstrukční a řídicí návrh kotky

3.6.1 Žádané vlastnosti

FEKTBOT je napájen dvěma autobateriemi v sérii, tudíž 24V, proto je nutné regulovat napájecí napětí pro LED kostku. Je nutné předem stanovit, jaké proudové zatížení bude muset zdroj snést. Proud diodou byl zvolen 20 mA, optimální proudové zatížení diody. Při maximálním zatížení, které nastane při rozsvícení všech diod na patře tzn. 192 diod, vyjde proud 3,84A.

Pro napájení kostky je zapotřebí zdroje, který bude mít na výstupu 5V a proudovou zatížitelnost 4A.

Při volbě způsobu regulace napětí byla zvolená spínací topologie zdroje z důvodu požadavku malých ztrát a výdrže baterie FEKTBOTu.

3.6.2 MAX1744

Jako regulátor napětí byl zvolen integrovaný obvod MAX1744EUB. Jedná se o zdroj typu Step-Down. Spínací frekvence je maximálně 330kHz. Rozsah vstupního napětí je od 4,5 – 36 V.

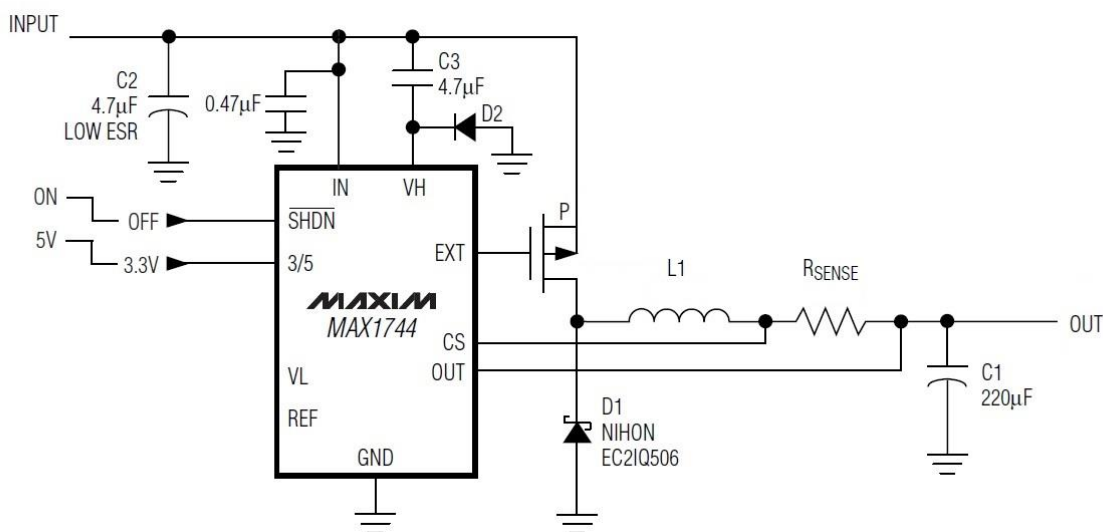
Tento regulátor pro svou funkci vyžaduje několik externích součástek, zapojení je znázorněno na Obr. 11. Tranzistor musí splňovat parametrické požadavky integrovaného obvodu. Mezi hlavní požadavky patří maximální proudová zatížitelnost, maximální napětí U_{ds} a kapacita gate. Jako odpovídající ekvivalent byl vybrán IRF9540.

Obvod byl zapojen podle datasheetu a hodnoty součástek zvoleny tak, aby odpovídali potřebným parametrům, avšak schéma bylo mírně pozměněno přidáním několika kondenzátorů. Kompletní zapojení je přiloženo jako příloha 1.

R_{sense} bylo vypočteno jako.

$$R_{sense} = \frac{V_{CS(min)}}{1,3 \cdot I_{OUT(max)}} = \frac{100 \cdot 10^{-3}}{1,3 \cdot 4} = 19,2 \text{ m}\Omega \quad (2)$$

Tomu v řadě nejbližší odpovídá hodnota 20m Ω .



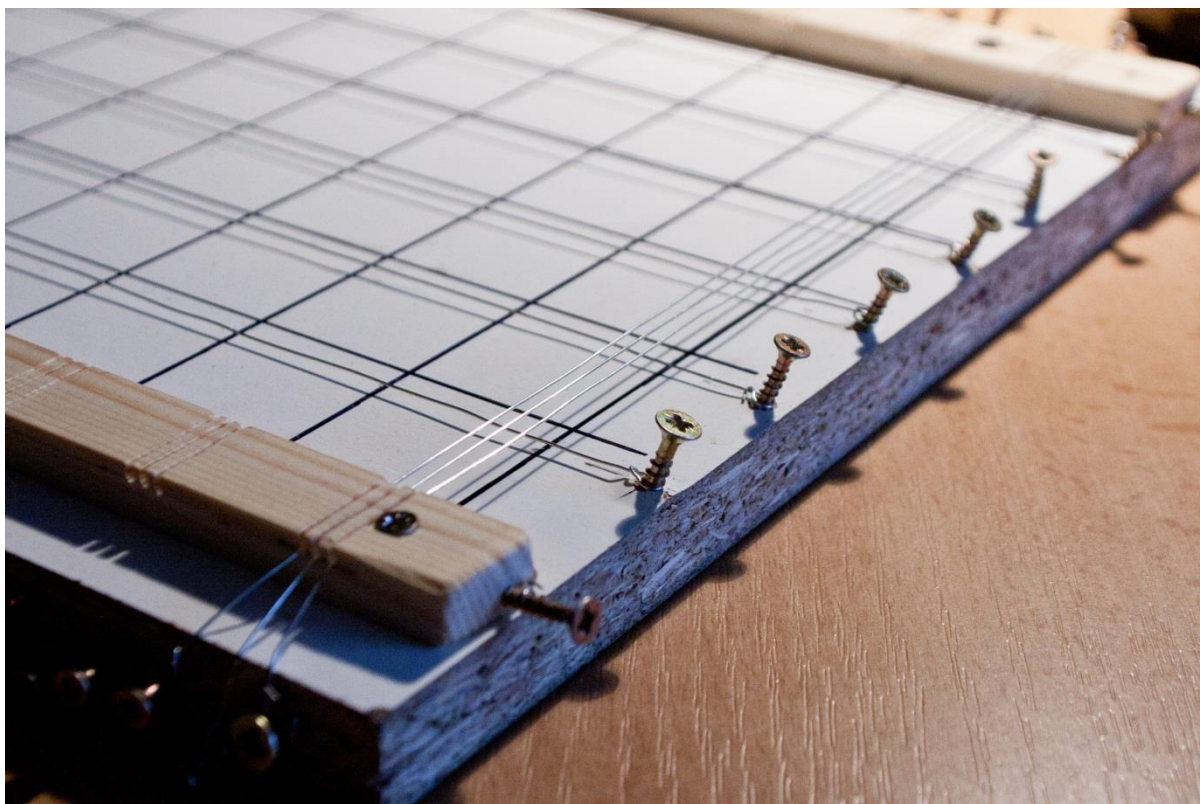
S

Obr. 11 Schéma zapojení napěťového regulátoru

3.7 Postup konstrukce kostky

3.7.1 Konstrukce řady

Spočívá v sestrojení čtvercového vzoru z jednotlivých vodičů. Tento vzor je vhodné umístit na pevný podklad, ke kterému budeme moci připevňovat jednotlivé vodiče. Je důležité, aby šablona, podle které budeme tvořit, byla vyrobena s přesností na milimetry. Rozteč mezi středy diod byla zvolena jako 35mm, vzdálenost mezi sloupci katod byla zvolena jako 3mm. Tato hodnota byla zvolena podle tloušťky diody. Celková šíře jednoho sloupce je 6mm, průměr diody je 5mm. Volbou takto malé mezery vzniká optický efekt sloupce což přidává na pravidelnosti kostky. Na Obr. 12 je zobrazené řešení tohoto projektu.



Obr. 12 Šablona s upevněnými vodiči

K takto vytvořené šabloně je zapotřebí přizpůsobit vývody diod. Na Obr. 13 vidíme řešení.



Obr. 13 Upravené diody

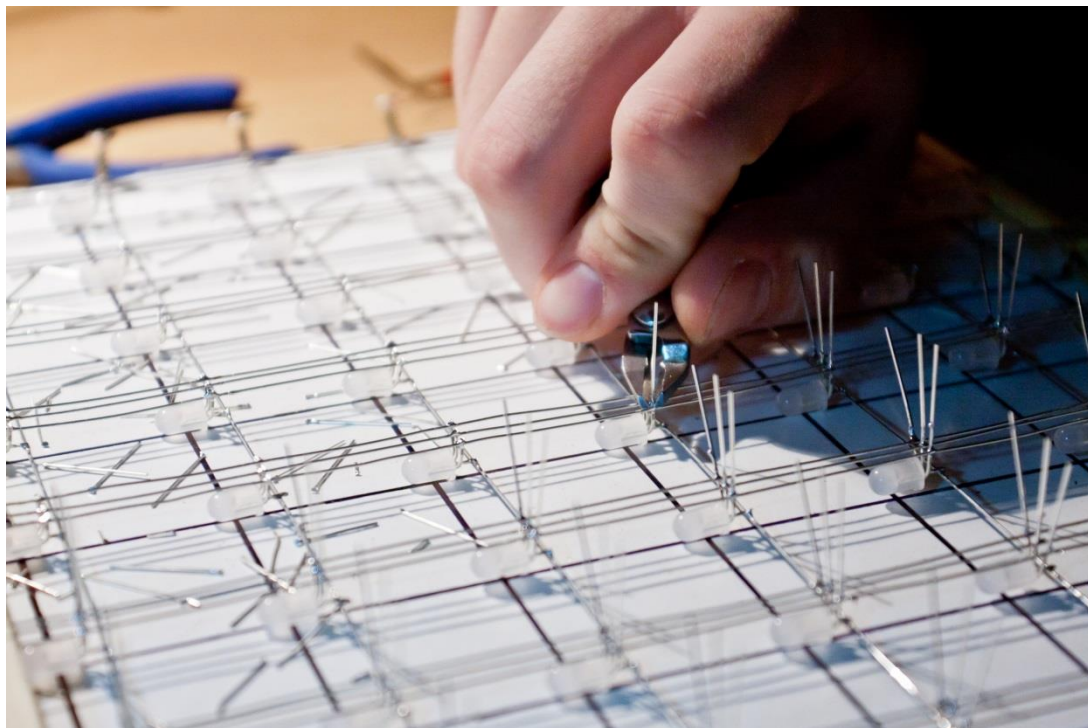
K docílení takto upravených diod je vhodné si vytvořit šablonou, osvědčil se kousek latě s otvorem o poloměru 5mm, ohýbání je jednodušší a vytyčením polohy nožiček, je docílena vždy stejná rozteč.

Po této celkové přípravě je na řadě samotné letování a ukládání jednotlivých diod na pozice. Je vhodné před samotným uchycením nanést na jednotlivé vodiče pájku, pro jednodušší upevnění diod. Jak je naznačeno na Obr. 14.



Obr. 14 Pájení patra

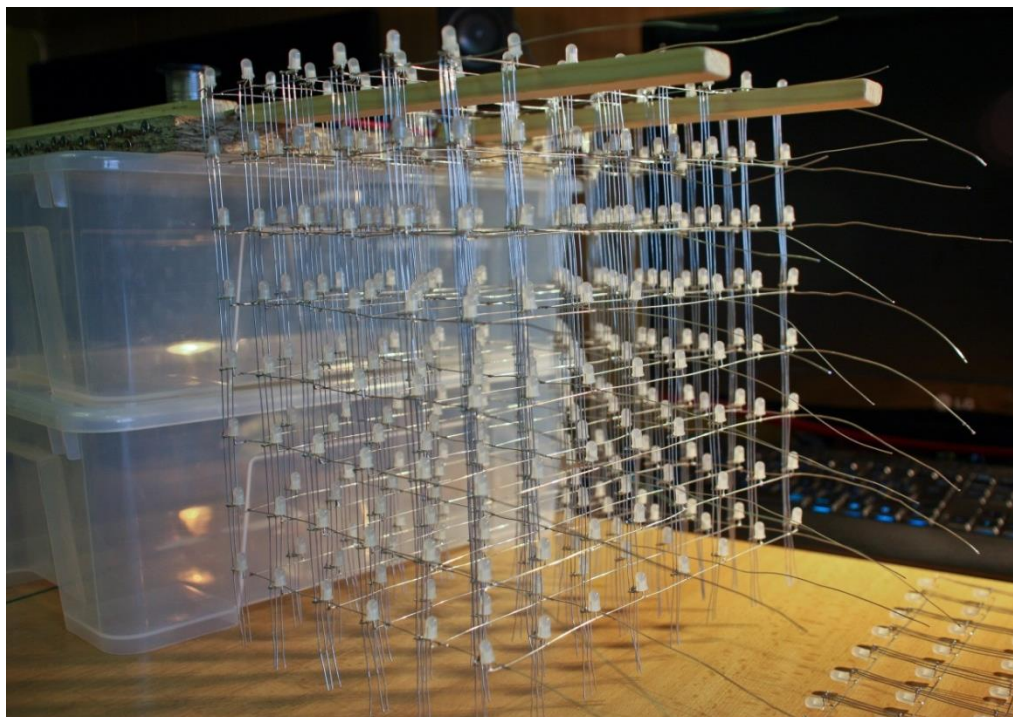
Pro stejné uchycení katod diod, byla připravena šablona z tvrdého papíru s přesnými zářezy, o požadovaném rozestupu 3mm. Tato šablona lépe poslouží pro kontrolu. Po dokončení letování je potřeba odstranit přebytečné nožičky diod a zbylé nepotřebné vodiče. Dolní vývodové vodiče které budou upevněny v podstavě je třeba pro snadnější upevňování zkrátit na stejnou délku.



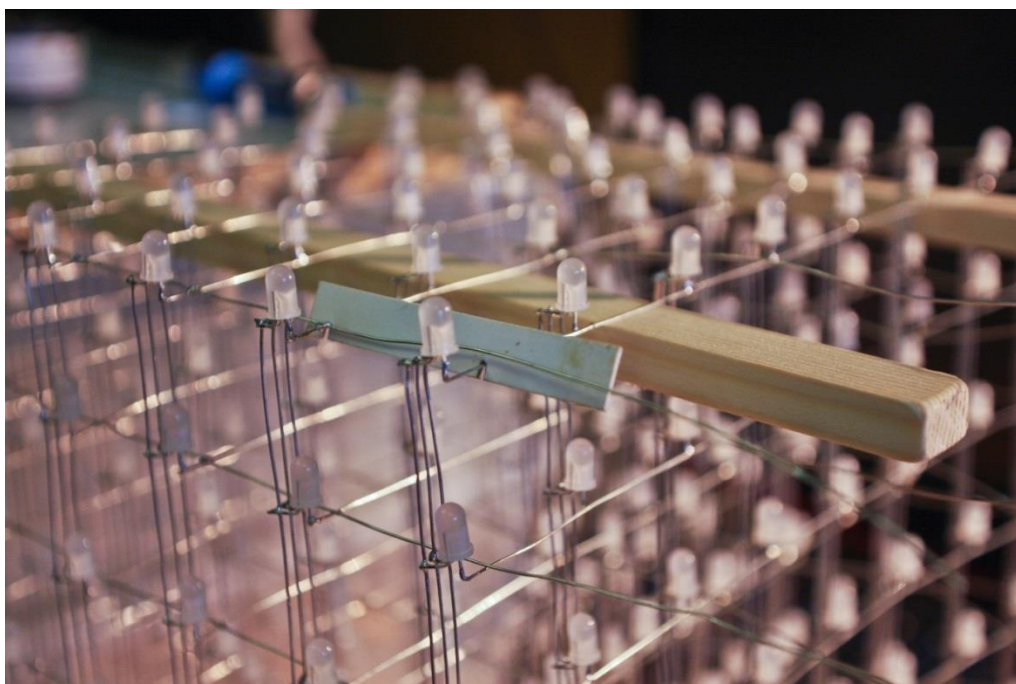
Obr. 15 Dokončení řady

3.7.2 Celková kompletace

Po dokončení takto vzniklých řad přistoupíme k propojení jednotlivých pater. To provádíme nejlépe v zavěšeném stavu, kdy s patry lze lehce manipulovat. Každé patro je propojeno třemi vodiči, dva na krajích a jeden uprostřed. Toto rozdělení je nutné, pro celkovou pevnost kostky. Vyšším počtem vodičů bychom docílili silnější pevnosti. Nicméně v porovnání s časovou náročností dané práce a ziskem pevnosti, není třeba vyššího počtu vodičů. Je vhodné vytvořit znovu papírovou šablonu k udržení předem daných vzdáleností. Detail je znázorněn na Obr. 17. Po této kompletaci přidáme napájecí vodiče pro jednotlivá patra, ty umístíme do středu kostky poblíž sloupce pro lepší optický efekt.



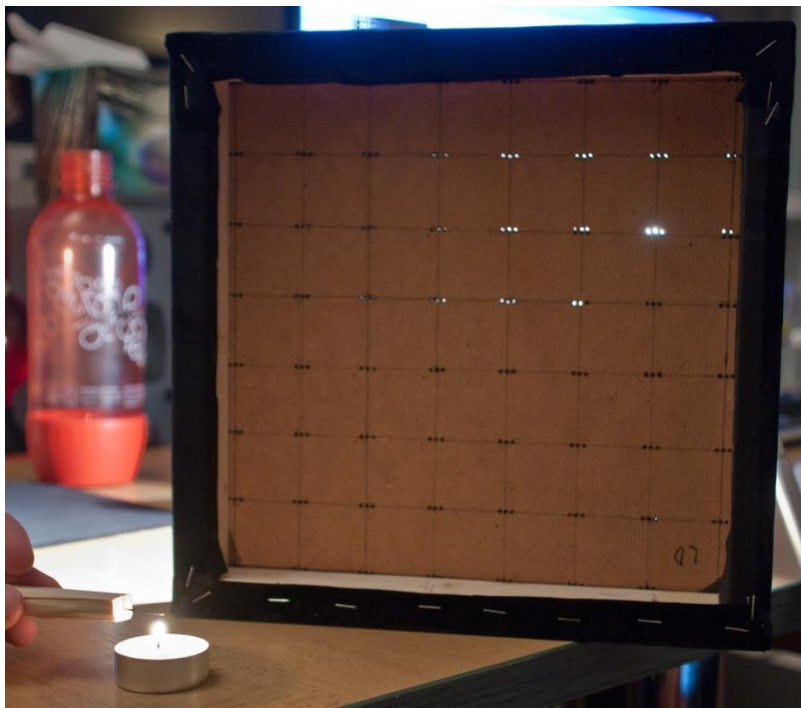
Obr. 16 Celková kompletace řad



Obr. 17 Detail šablony a její použití při stavbě

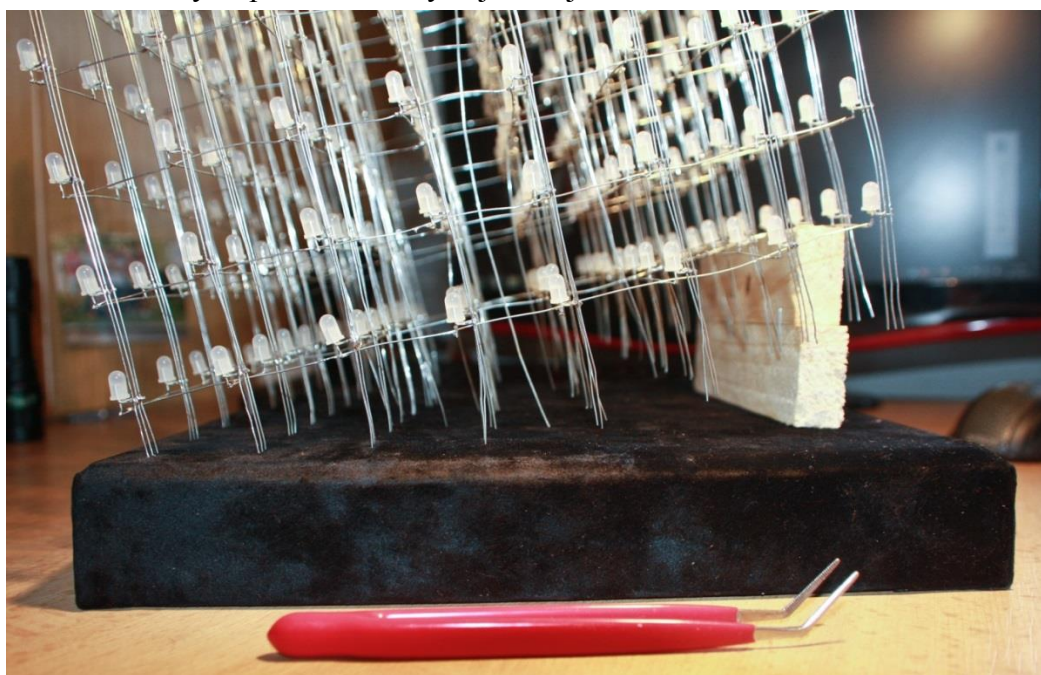
3.7.3 Montáž do podstavce

Podstavec tvoří opěrnou část pro kostku z drátů. Podstavu tvoří rám z latí, které jsou sešroubovány. Na rám je upevněná deska s otvory pro uchycení kostky. Jelikož podstavec tvoří podstatnou viditelnou část, je důležité, aby esteticky působil jednoduše a celistvě. Tento problém byl vyřešen překrytím látkou (semišem). Tímto se vytvořila potřeba vytvořit otvory v látce. V praxi se osvědčila nahřátá jehla, jejíž teplota opálila hrany vpichu jehly.

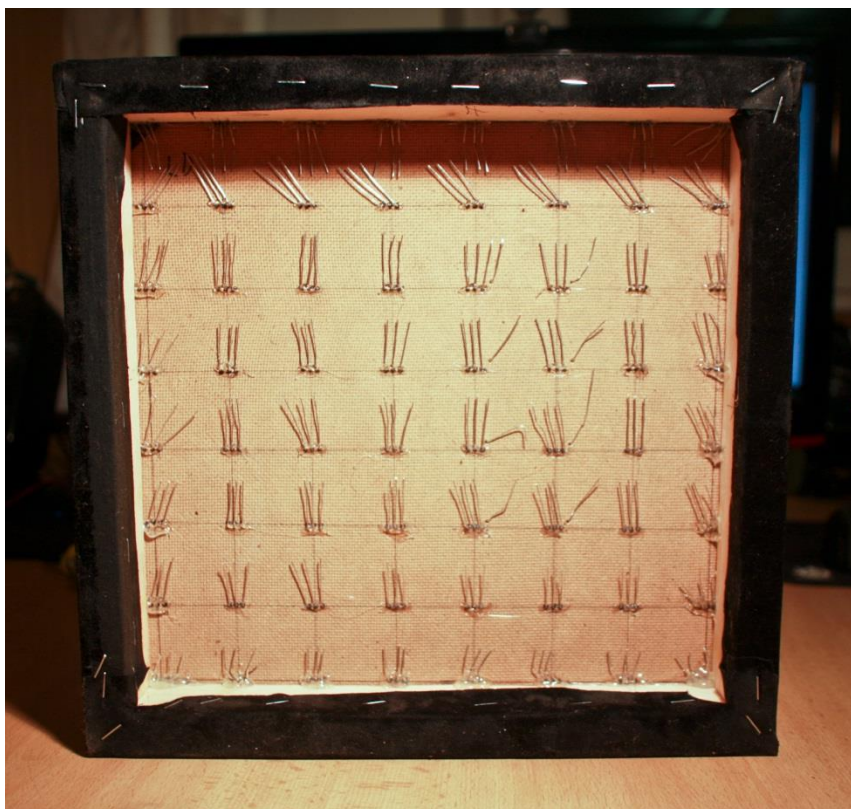


Obr. 18 Příprava podstavce

Dalším krokem je upevnění kostky do podstavce. Tento proces provádíme nejlépe v nakloněném stavu, kdy se podstavec dotýká jenom jedna řada.



Obr. 19 Upevňování kostky v podstavci



Obr. 20 Uchycení kostky v podstavci

Kostku v podstavci uchytíme přilepením tavící pistolí a ohnutím vyvedených vodičů. Na tyto vodiče již můžeme přiletovat propojující vedení k řídicí desce.

3.8 Řídicí deska

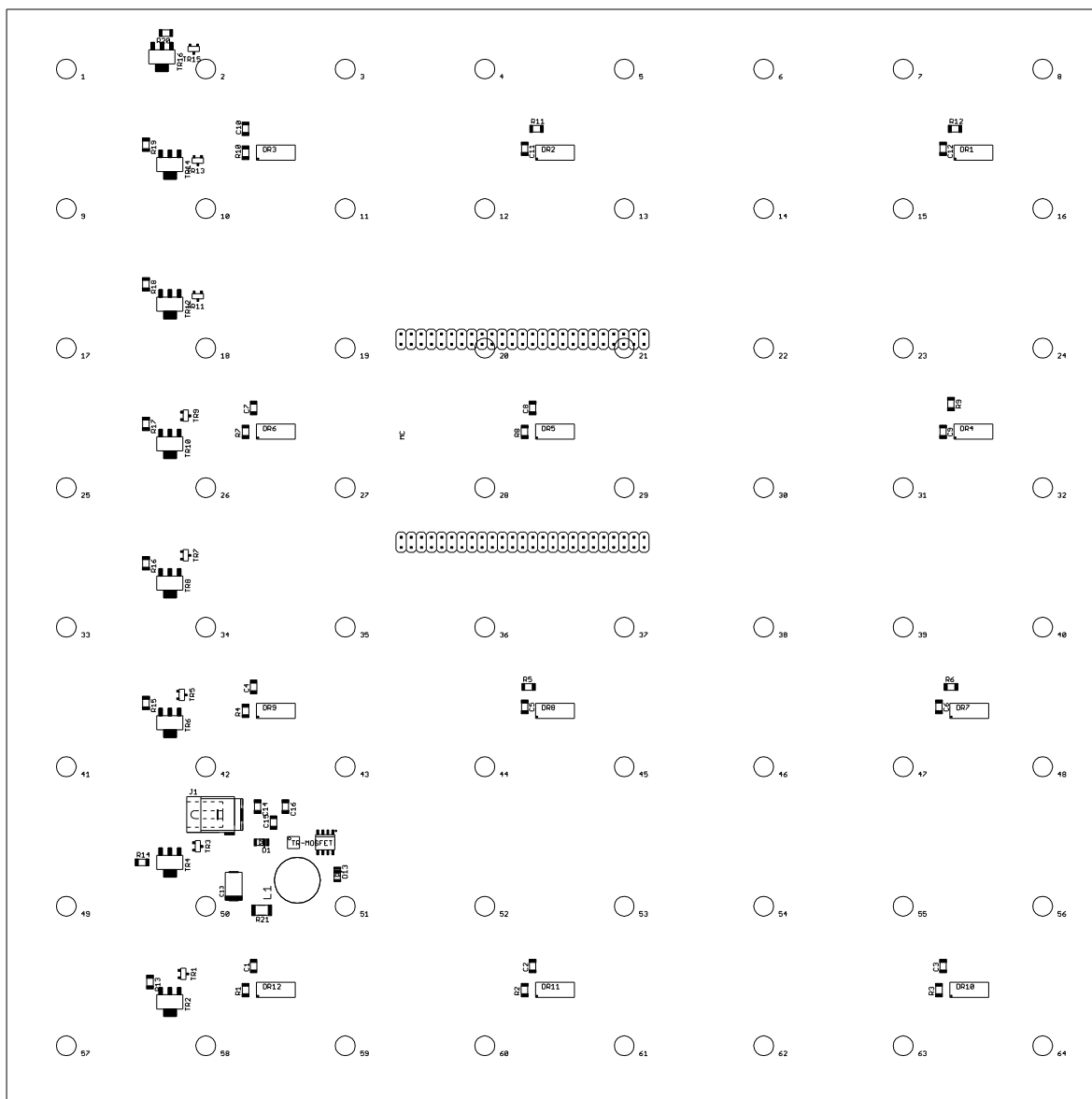
3.8.1 Možnosti řešení

Jak již bylo řečeno dříve, existuje více způsobů jak sestavit řídicí DPS. V rámci této práce byly vypracovány dva návrhy. První návrh tvořil opěrnou část pro samotnou kostku a jsou na něm umístěny montážní otvory po vzoru kostky. Tento návrh se ukázal jako příliš finančně náročný proto byl předělán návrh desky.

Druhý návrh byl vytvořen s nároky na co největší integrovanost a nejmenší rozměry. Při tomto návrhu byly použity konektory ML-16 k propojení jednotlivých led driverů. Použitím těchto konektorů máme v budoucnu možnost náhrady ovládací DPS.

3.8.2 Osazovací plán návrhu 1

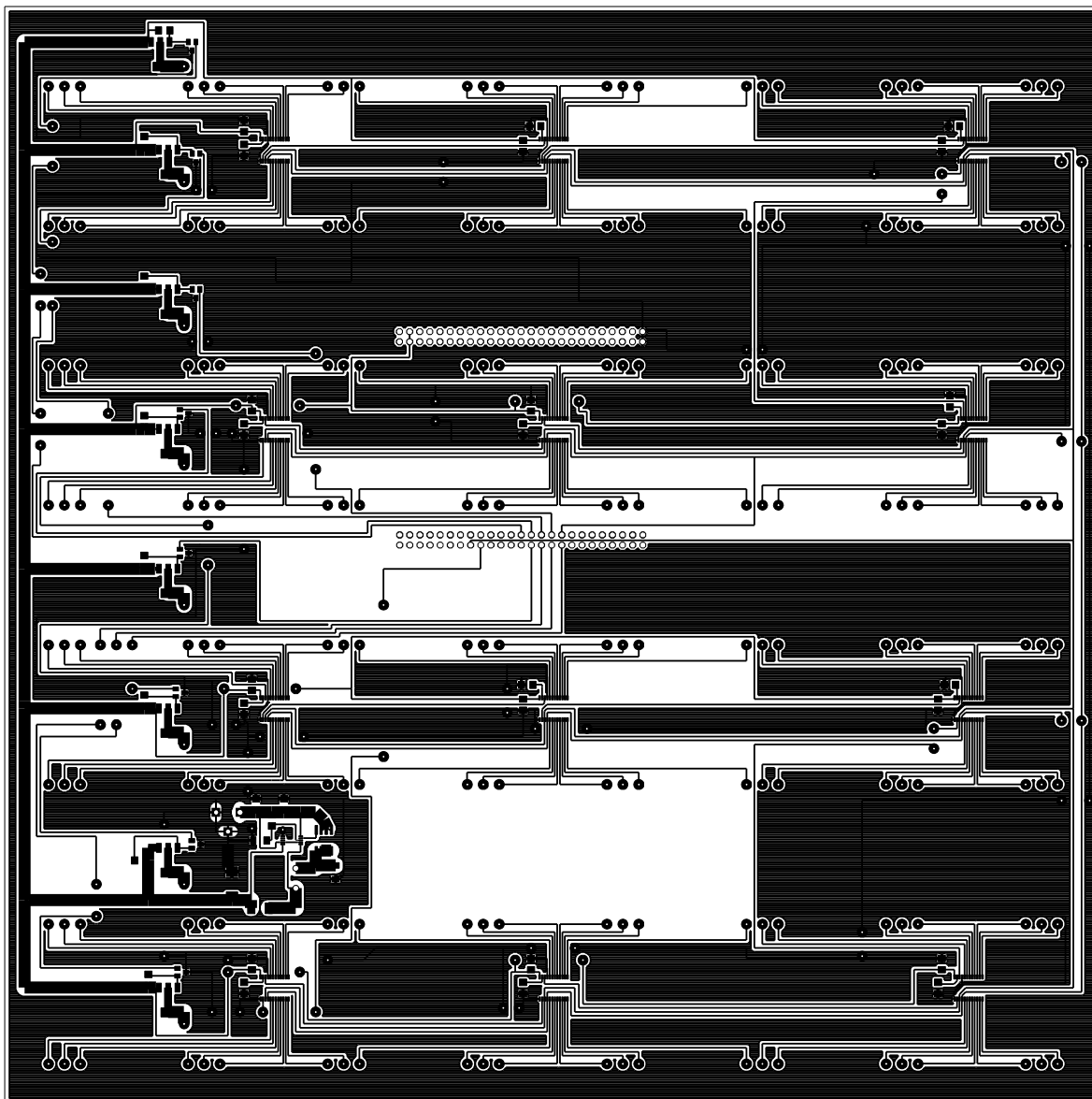
Při návrhu desky plošného spoje byl kladen důraz na dodržení požadovaného rozestupu 35mm mezi středy diod. Zbylé součástky jsou umístěny tak, aby se docílilo co největší efektivity zapojení. Rozměry desky jsou stanoveny podle velikosti kostky, to činní 275 x 275 mm, přesahující okraj je tedy 15mm na každé straně.



Obr. 21 Osazovací plán návrh 1

3.8.3 Deska plošných spojů návrh 1

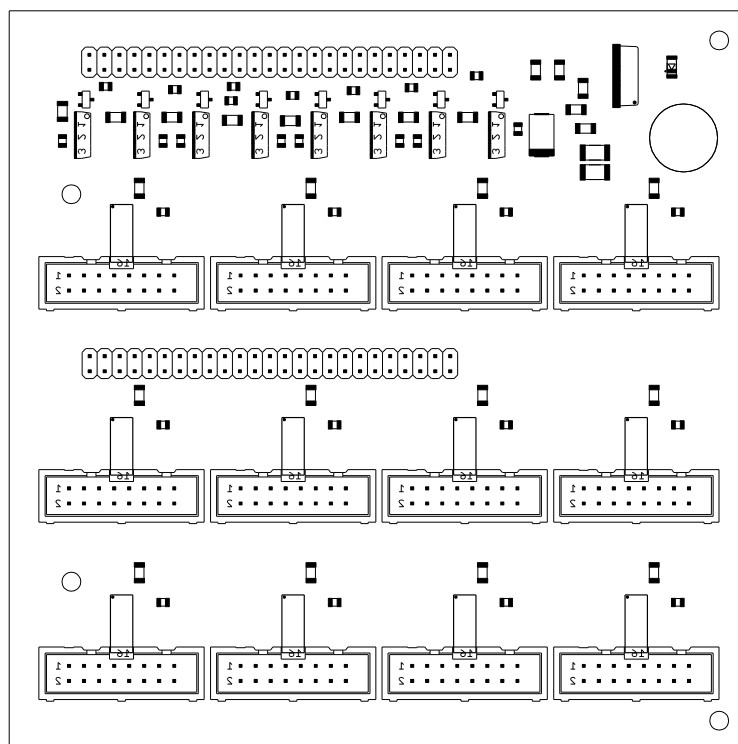
Deska byla vytvořena jako jednostranná s 44 propojkami. Při návrhu, byl zohledněn faktor proudové zatížitelnosti obvodu, tudíž výkonové cesty jsou navrženy s minimální tloušťkou 3mm, předpokladem je, že tloušťka mědi bude standardních 35 μ m. Na Obr. 22 je zobrazena deska plošných spojů.



Obr. 22 Deska plošných spojů návrh 1

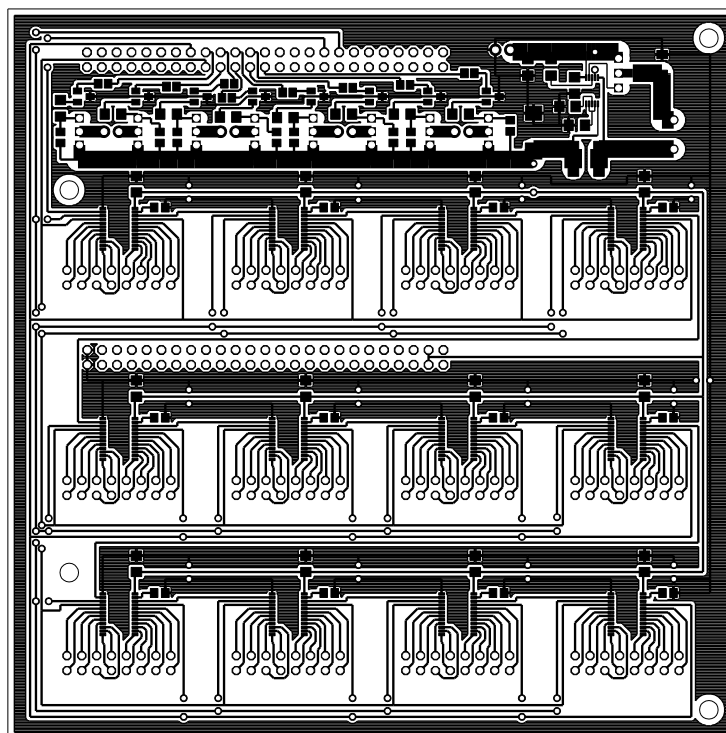
3.8.4 Osazovací plán návrhu 2

Při návrhu bylo třeba se zaměřovat na přesné umístění součástek proto DPS byla navržena na co nejmenší plochu. Rozměry desky tedy jsou 125 x 125 mm. To odpovídá zhruba polovině původního návrhu. Tento parametr byl rozhodující pro cenu desky.



Obr. 23 Osazovací plán návrh 2

3.8.5 Deska plošných spojů návrhu 2

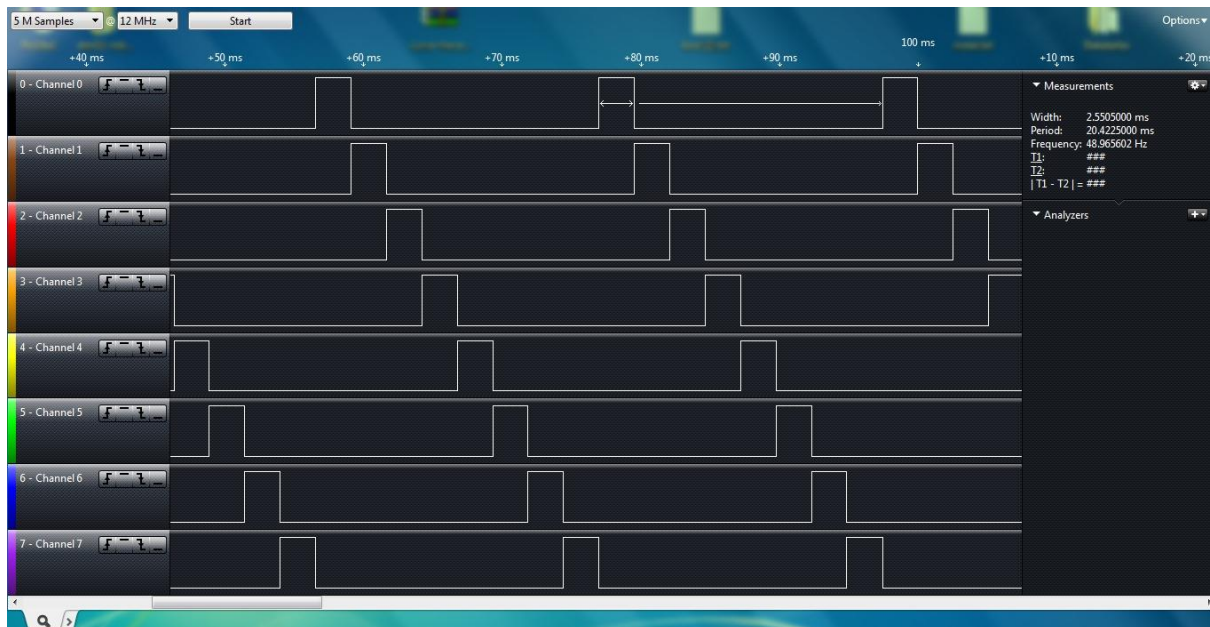


Obr. 24 Deska plošných spojů návrh 2

4 Ovládací software

4.1 Program MC

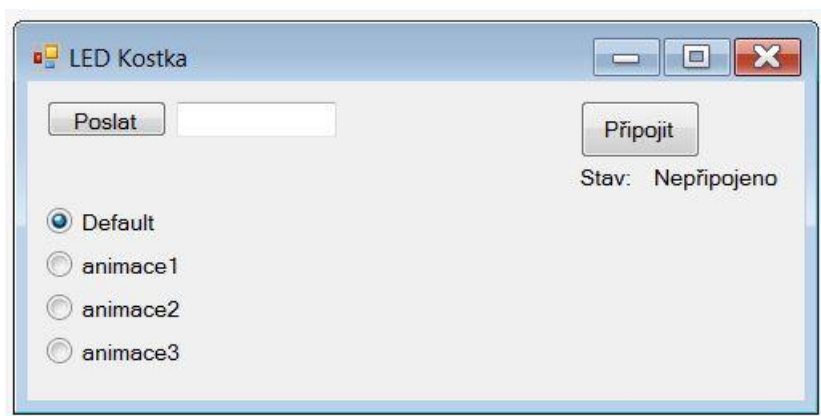
Program byl sestaven jako stavový automat řízený přesušením. V přerušení které nastane každých $5\mu\text{s}$ je inkrementována proměnná čas. Tato proměnná řídí výstupy pro ovládání pater, posílání dat do driverů. Na Obr. 25 je znázorněn časový průběh spínání pater.



Obr. 25 Výstupní signály pro ovládání pater

4.2 Aplikace na PC

Pro řízení kostky z PC byla vyvinuta jednoduchá aplikace na základní přepínání mezi předem naprogramovanými animacemi. Součástí aplikace je potvrzovací tlačítko o připojení. Tlačítko poslat změní barvu animace podle vložené hodnoty.



Obr. 26 Okno PC aplikace

5 Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout mechanickou a elektronickou konstrukci LED kostky. Mechanická konstrukce kostky byla navržena a zkonstruována přesně podle návodu popsaného v této práci. Během konstrukce se nevyskytli žádné problémy a tudíž bych tento postup označil za spolehlivý ale časově náročný.

Elektronická část byla navržena a vyhotovena DPS. Jedním z prvních problémů se objevil u regulátoru napětí. Ten při původním zapojení z datasheetu nepracoval správně. Byla zapotřebí oprav, přidáním dvou kondenzátorů a odporu po této úpravě se zdroj stabilizoval.

Dalším pokračování této práce může být rozšiřování programové výbavy. Program v počítači by mohl být rozšířen o možnosti zobrazování obrázků, nebo jednoduchý her např. tetris, had. Za tímto účel by musel být přepsán i program pro MC.

6 Seznam literatury

- [1] STM32F4DISCOVERY. ST. [online]. [cit. 2014-01-06]. Dostupné z: <http://www.st.com/web/catalog/tools/FM116/SC959/SS1532/PF252419>
- [2] 5³ LED CUBE Controller. [online]. [cit. 2014-01-06]. Dostupné z: http://picprojects.org.uk/projects/lc/index.htm#Component_List
- [3] HOW NOT TO ENGINEER: RGB LED Cube. [online]. [cit. 2014-01-06]. Dostupné z: <http://www.hownottoengineer.com/projects/rgb-led-cube.html>
- [4] Lomont: The 3D LED Cube. [online]. [cit. 2014-01-06]. Dostupné z: <http://www.lomont.org/Projects/LEDCube/LEDCube.php>
- [5] STP16DP05. ST. [online]. [cit. 2014-01-06]. Dostupné z: http://www.st.com/web/en/catalog/sense_power/FM142/CL1854/SC1573/PF161575?s_searchtype=keyword
- [6] STP16DP05. ST. [online]. [cit. 2014-01-06]. Dostupné z: <http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/CD00149163.pdf>
- [7] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Externí sériové sběrnice SPI a I²C: SPI. ROOT.cz [online]. [cit. 2014-01-11]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/externi-seriove-sbornice-spi-a-i2c/>
- [8] Maximintegrated. [online]. [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX1744-MAX1745.pdf>
- [9] ŘEHÁK, Jan. Universal Serial Bus - Popis rozhraní. [online]. [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/navrh-obvodu/rozhrani/usb/usb-universal-serial-bus-popis-rozhrani.html>

7 Seznam příloh

Příloha 1 = Celkové schéma obvodu, velikost A3.