

VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA, STŘEDNÍ ŠKOLA,  
CENTRUM ODBORNÉ PŘÍPRAVY



# ABSOLVENTSKÁ PRÁCE

Programovatelná 3D LED kostka

Sezimovo Ústí, 2016

Autor: Lukáš Fořt



## ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE

Student: **Lukáš Fořt**  
Obor studia: **26-41-N/01 Elektrotechnika – mechatronické systémy**  
Název práce: **Programovatelná 3D LED kostka**  
Anglický název práce: **Programmable 3D LED Cube**

### Zásady pro vypracování:

1. Popište základní principy 3D LED kostek, používané elektronické součástky a obvody.
2. Proved'te návrh obvodového zapojení hardwaru 3D LED kostky a rozeberte jeho činnost.
3. Vytvořte vývojové diagramy a řídicí programy pro realizaci vybraných světelných efektů.
4. Zkonstruujte hardwarovou část 3D LED kostky a proved'te laboratorní ověření správné funkce hlavního programu a efektoých podprogramů.
5. Absolventskou práci vypracujte problémově ve struktuře odpovídající vědecké práci.


### Doporučená literatura:

- [1] MAŤÁTKO, J. *Elektronika*. Idea Servis: Praha, 2005. ISBN 80-85970-00-7.  
[2] MATOUŠEK, D. *Práce s mikrokontroléry. 4. díl: Atmel AVR, ATmega 16*. Praha: BEN – technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-174-8.

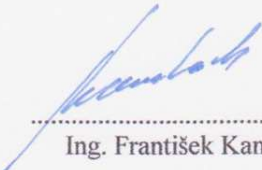
Vedoucí práce: **Bc. Et Bc. Miroslav V. Hospodářský, VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí**  
Odborný konzultant práce: **Ing. Jiří Bumba, VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí**  
Oponent práce: **Ing. Miloň Jedlička, VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí**

Datum zadání absolventské práce: **1. 9. 2015**

Datum odevzdání absolventské práce: **6. 5. 2016**

  
Bc. et Bc. M. V. Hospodářský  
(vedoucí práce)



  
Ing. František Kamlach  
(ředitel školy)

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou absolventskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

V Sezimově Ústí dne

5.5.2016



\_\_\_\_\_  
podpis

## Poděkování

V první řadě bych rád vyjádřil hluboké poděkování vedoucímu této absolventské práce Bc. et Bc. Miroslavu V. Hospodářskému, za čas, který věnoval této práci a tomuto textu. Bez cenných rad při tvorbě obsahu této práce a bez pomoci při konstrukci modelu by tato práce nevznikla. Dále děkuji Ing. Jiřímu Roubalovi, Ph.D za cenné rady k psaní této práce v systému L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2<sub>ε</sub>. V neposlední řadě bych rád poděkoval rodině a blízkým za podporu při studiu a za pomoc při tvorbě této práce.

## Anotace

Absolventská práce se zabývá návrhem, tvorbou a oživením programovatelné 3D LED kostky. Součástí práce je popsání základní funkce 3D LED kostky, popis použitých elektronických součástek, návrh obvodového zapojení hardwaru 3D LED kostky, návrh a následné vyrobení desek plošných spojů a jejich osazení součástkami a krychlovou konstrukcí z LED diod. Dále práce obsahuje tvorbu vývojových diagramů a řídicích programů pro realizaci jednotlivých světelných efektů. Výsledkem práce je zkonstruovaný model 3D LED kostky, na kterém se zobrazují světelné obrazce a světelné přechody.

**Klíčová slova:** LED diody, LED kostka, ATmega16, mikroprocesor, elektronika, kostka

## Annotation

Graduation work deals with design, production and recovery of programmable 3D LED cube. One part of this work is to describe the basic functions of 3D LED cube, a description of the electronic components, design of circuit wiring schematic of 3D LED cube, design and subsequent manufacture of printed circuit boards and their installation components and cube formed from the LEDs. The work includes creating development diagrams and control programs for realizing various lighting effects. The result of this work is a model of 3D LED cube, which displays light patterns and lighting transitions.

**Key words:** LED diodes, LED cube, ATmega16, microprocessor, electronics, cube

# Obsah

<b>Seznam obrázků</b>	<b>vii</b>
<b>1 Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2 3D LED displej</b>	<b>3</b>
2.1 Princip LED kostky . . . . .	3
2.2 Základní efekty LED kostek . . . . .	4
2.2.1 Pohyblivá stěna . . . . .	4
2.2.2 Padající kapky . . . . .	4
2.2.3 Zvětšující se krychle . . . . .	5
2.3 Součástky . . . . .	5
2.3.1 Popis součástek . . . . .	5
<b>3 Tvorba 3D LED kostky</b>	<b>7</b>
3.1 Schéma zapojení . . . . .	7
3.2 Výběr součástek . . . . .	7
3.3 Desky plošných spojů . . . . .	8
3.3.1 Výroba DPS . . . . .	9
3.4 Časové multiplexování . . . . .	10
3.5 Vývojové diagramy . . . . .	10
3.5.1 Padající kapky . . . . .	11
3.5.2 Létající stěna . . . . .	12
3.5.3 Podprogramy . . . . .	13
<b>4 Konstrukce 3D LED kostky</b>	<b>14</b>
4.1 Šablona . . . . .	14
4.2 Tvorba vrstev . . . . .	15
4.3 Konstrukce krychle . . . . .	17

5 Závěr	18
Literatura	20
A Obsah přiloženého CD/DVD	I
B Použitý software	II
C Časový plán absolventské práce	III
D Schéma zapojení	IV
E Návrhy desek plošných spojů	V
F Rozpočet projektu	VII

# Seznam obrázků

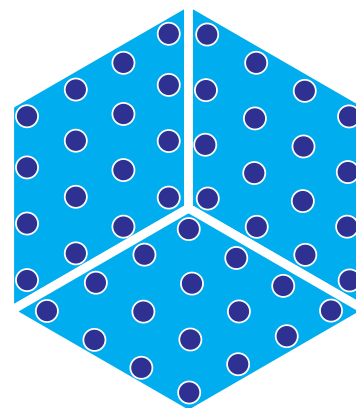
2.1	Efekt pohyblivé stěny . . . . .	4
2.2	Efekt padajících kapek . . . . .	4
2.3	Efekt zvětšující se krychle . . . . .	5
3.1	Návrhy DPS pro 3D LED kostku . . . . .	9
3.2	Vývojový diagram pro padající kapky . . . . .	11
3.3	Vývojový diagram pro létající stěnu . . . . .	12
3.4	Vývojový diagram pro funkci sendvoxel . . . . .	13
4.1	Připravená deska pro šablonu . . . . .	14
4.2	Hotová šablona pro konstrukci . . . . .	15
4.3	Konstrukce vrstvy . . . . .	16
4.4	Hotové vrstvy kostky . . . . .	16
4.5	Spojování vrstev . . . . .	17
4.6	Hotová krychle . . . . .	17
D.1	Elektrické schéma zapojení řídicí desky . . . . .	IV
E.1	Osazovací plány pro DPS . . . . .	V
E.2	Plány propojek pro DPS . . . . .	VI



# Kapitola 1

## Úvod

Většina z nás se již setkala s velkými digitálními billboardy, na kterých se prolínají jednotlivé reklamy, ať už statické, nebo animované. Málokdo však ví, že tyto billboardy jsou vlastně „jen“ deska osazená RGB LED diodami (TKOTZ, K. a KOL., 2006), které se rozsvěcují určitou barvou v přesně daný čas. Tyto rozsvícené diody budí dojem obrazu. 3D LED kostka této technologii přidává další rozměr a do budoucna je možnou velice zajímavou alternativou v reklamním průmyslu.



Právě tato technologie je inspirací pro tuto práci. V oblasti reklamy blikající objekty přitahují všeobecně větší pozornost a zájem veřejnosti. Díky tomu se 3D LED kostka jeví jako vhodná didaktická pomůcka přitahující pozornost, jak žáků ve škole, tak při prezentaci školy během dne otevřených dveří na Vyšší odborné škole, Střední škole a Centru odborné přípravy v Sezimově Ústí ([www.copsu.cz](http://www.copsu.cz)).

Tvorbou 3D LED kostky se zabývalo již několik lidí. Není tedy moc možností vylepšení samotné konstrukce, proto mou přidanou hodnotou do této práce je především tvorba, naprogramování a oživení fyzického modelu 3D LED kostky, který, jak je uvedeno výše v textu, bude sloužit jako didaktická pomůcka a objekt pro prezentaci školy. Ve své maturitní práci ji řešil i žák Martin Dezort (DEZORT, M., 2015), tento model však není k dispozici ve škole, není tedy možné s ním dále pracovat. Proto je vhodné vytvořit model, který bude možné dále programovat a pracovat s ním.

Cílem této práce je vytvoření modelu 3D LED kostky, který bude sloužit jako reklamní a didaktická pomůcka. Tento model bude k dispozici žákům a bude možné ho dále programovat. Práce zahrnuje navržení desky plošných spojů, jejich následné osazení

součástkami a krychlovou konstrukcí z LED diod a následné naprogramování celé kostky.

Struktura této práce, která je napsána v  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X} 2_{\epsilon}$ <sup>1</sup> (SCHENK, C., 2009), je následující: Kapitola 2 shrnuje informace o technologii 3D LED kostky, popis některých efektů 3D LED kostky a informace o použitých součástkách. V kapitole 3 je popsáno schéma zapojení 3D LED kostky, výběr součástek pro kostku, návrh a samotná výroba DPS, časový multiplexing a samotná tvorba programu pro 3D LED kostku. V kapitole 4 je popsána celá konstrukce krychle z LED diod. V přílohách je uveden obsah příloženého DVD, použitý software, časový plán AP, rozpočet práce, elektrické schéma zapojení řídicí části 3D LED kostky a část návrhů desek plošných spojů.

---

<sup>1</sup> $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X} 2_{\epsilon}$  je rozšíření systému  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ , což je kolekce maker pro  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ .  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  je ochranná známka American Mathematical Society.

# Kapitola 2

## 3D LED displej

V této kapitole je stručně popsán princip 3D LED displeje. Součástky nutné pro chod 3D LED kostky a stručný popis jejich funkce. Dále jsou zde popsány a na obrázcích demonstrovány některé ze základních efektů u 3D LED kostek.

### 2.1 Princip LED kostky

Základem 3D LED kostky je krychle (kostka) zkonstruovaná z LED diod. Díky této konstrukci je výsledkem 3D obraz. Tato kostka je tvořena ze 64 vysoce svítivých LED diod. Čím více LED diod kostku tvoří, tím ostřejší je výsledný efekt animace. Aby nebylo nutné všechny vývody LED diod pájet na DPS, jsou ovládány pomocí metodou časového multiplexu (popis principu časového multiplexingu viz. 3.4). LED diody v jednotlivých vodorovných vrstách kostky mají společnou katodu (-) a LED diody ve svislých sloupcích mají společnou anodu (+).

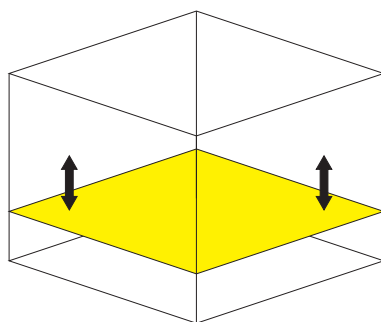
Princip celé 3D LED kostky je postaven na poměrně jednoduchém systému, který pracuje s maticemi na osách X – Y – Z. Osy X – Y spínají jednotlivé sloupce LED diod a osa Z spíná vrstvy LED diod, jednotlivá „patra“ 3D LED kostky. Mikroprocesor dle programu rozsvítí požadované LED diody, jejichž blikání na vysoké frekvenci tvoří dojem rozsvícení několika diod zároveň.

## 2.2 Základní efekty LED kostek

U 3D LED kostek se můžeme setkat se spoustou různých efektů. V podstatě je jen na schopnostech a fantazii programátora jaké efekty kostka má. Zde jsou popsány některé ze základních efektů.

### 2.2.1 Pohyblivá stěna

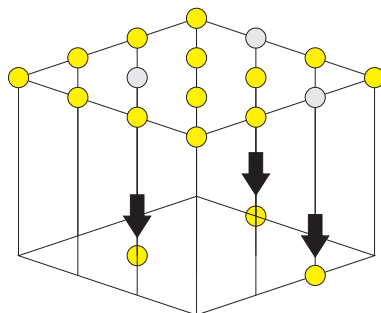
Při tomto efektu se vždy rozsvítí jedna stěna kostky (16 LED diod), která se následně pohybuje na protější stranu kostky a zpět. Viz. obr. 3.3



Obrázek 2.1: Efekt pohyblivé stěny

### 2.2.2 Padající kapky

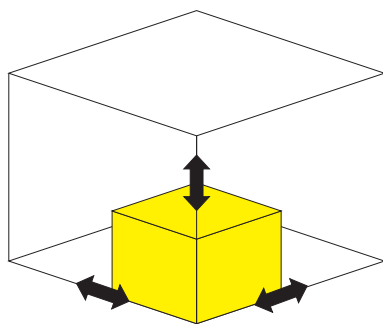
Tento efekt, jak už název napovídá, má na diváka působit jako déšť. Na kostce se rozsvítí celá horní vrstva LED diod a vždy náhodně vybraná ledka „steče“ až na spodní vrstvu kostky. Dojem padání je vytvořen tak, že daná LED dioda se zhasne a hned v ten moment se rozsvítí LED dioda pod ní. Viz. obr. 3.2



Obrázek 2.2: Efekt padajících kapek

### 2.2.3 Zvětšující se krychle

Efektu zvětšování a zmenšování kostky je docíleno tak, že se rozsvítí celá kostka a postupně se zhasínají vždy 3 stěny kostky. Např. pokud chceme, aby se kostka zmenšila jako na obr. 2.3 zhasínáme vždy jednu stěnu vlevo, jednu vpravo a jednu nahoře.



Obrázek 2.3: Efekt zvětšující se krychle

## 2.3 Součástky

Zde jsou popsány jednotlivé komponenty pro správný chod 3D LED kostky, jejich základní funkce a vlastnosti. Tyto součástky jsou nezbytně nutné pro správný chod celé 3D LED kostky.

### 2.3.1 Popis součástek

#### LED dioda

Podle (TKOTZ, K. a KOL., 2006)

- Light-Emitting Diode, tedy dioda emitující světlo, nebo také luminiscenční diody
- elektronická polovodičová součástka obsahující PN přechod, proud na PN přechodu mění na světlo
- je schopna vyzařovat světlo (LED), nebo infračervené záření (IRED)

### Rezistor

Podle (TKOTZ, K. a KOL., 2006)

- pasivní elektronická součástka s definovanou závislostí proudu na napětí
- v ideálním stavu má jedinou vlastnost a tou je elektrický odpor
- obvykle se používá, pokud chceme snížit velikost elektrického proudu, nebo získat určitý úbytek napětí

### Kondenzátor

Podle (TKOTZ, K. a KOL., 2006)

- pasivní elektrotechnická součástka, charakteristická především kapacitou
- při nabíjení mezi elektrodami kondenzátoru vzniká napětí odpovídající napětí zdroje
- v elektrickém obvodu může uchovávat elektrický náboj, tedy elektrickou energii
- základní vlastnosti jsou kapacita, maximální povolené napětí a provedení vývodů

### Bipolární tranzistor

Podle (TKOTZ, K. a KOL., 2006)

- polovodičová součástka tvořená dvěma přechody PN
- základní vlastností je schopnost zesilovat, proud přivedený na kolektro je řízen proudem na bázi, tedy je nutný jen malý výkon
- dále může pracovat jako spínač k rychlému spínání proudu

### Stabilizátor pevného napětí

Podle (TKOTZ, K. a KOL., 2006)

- elektrotechnická součástka stabilizující výstupní napětí při změnách výstupního proudu, vstupního napětí
- jeho funkcí je udržovat konstantní napětí na výstupu, popřípadě v povolené toleranci

# Kapitola 3

## Tvorba 3D LED kostky

V této kapitole je popsán návrh 3D LED kostky. Navržení obvodového zapojení, návrh DPS a konstrukce celé kostky.

### 3.1 Schéma zapojení

Jako první bylo vytvořeno schéma zapojení celé řídicí desky pro 3D LED kostku. Schéma zapojení je podle (TKOTZ, K. a KOL., 2006) grafické znázornění elektrického obvodu za použití standardizovaných schématických značek, které jsou mezi sebou narozdíl od blokového schématu propojeny. Tím je naznačen jejich vzájemný vztah.

Bylo použito již vytvořené schéma z internetového zdroje (INSTRUCTABLES, 2008). Celé schéma naleznete v příloze D.

### 3.2 Výběr součástek

Většina součástek byla ve schématu zapojení D přesně určena. Některé součástky musely být vhodně vybrány a dopočítány jejich přesné hodnoty, aby v obvodu plnily svou funkci.

## LED diody

Nejdůležitějšími součástkami celé 3D LED kostky jsou bezesporu právě LED diody. Celý vizuální efekt a dojem z LED kostky je založen na nich, proto je důležité, vybrat vhodné LED diody. Důležitá je jak velikost, tak barva LED diod. Velikost LED diod je zvolena 5 mm. Barva LED diody je poměrně zásadní věcí, tedy bylo nutné vybrat takovou barvu LED diody, aby upoutala pozornost, zářila a byla jasně viditelná i za denního světla. Tato kritéria byla splněna modrou LED diodou.

## Rezistory

Před každou LED diodou je v sérii zapojen rezistor, který svým odporem omezuje elektrický proud tekoucí z mikroprocesoru do LED diody. Při výběru vhodných rezistorů se musí počítat se dvěma body. Za prvé s maximálním povoleným (celkovým) proudem AVR, což je v u ATmega16 200 mA. Za druhé nesmíme překročit maximální proud, povolený pro LED diody, které jsme zvolili výše. Jelikož maximální povolený proud AVR je 200 mA a ovládáme 16 větví pro LED diody, vychází mezní proud na jednu výstupní linku AVR 12,5 mA. LED diody svítí, pokud je na příslušné výstupní lince AVR stav logické 1 (vysoká úroveň napětí). V LED kostce jsou použity modré vysoce svítivé diody, u kterých při anodovém proudu 10 mA vzniká úbytek napětí 3,5 V. Aby nedošlo k proudovému přetížení výstupních linek AVR a zároveň i k poškození připojených LED diod, musí být v každé větvi zapojen omezovací rezistor. Protože stav logické 1 AVR (rozsvícení LED diody) odpovídá 5 V a úbytek napětí na svítící LED diodě je 3,5 V, je příslušný úbytek napětí na omezovacím rezistoru 1,5 V. Při anodovém proudu 10 mA poté z Ohmova zákona vychází odpor tohoto rezistoru na hodnotu 150 ohmů. Tuto hodnotu lze spočítat z následujícího vzorce:

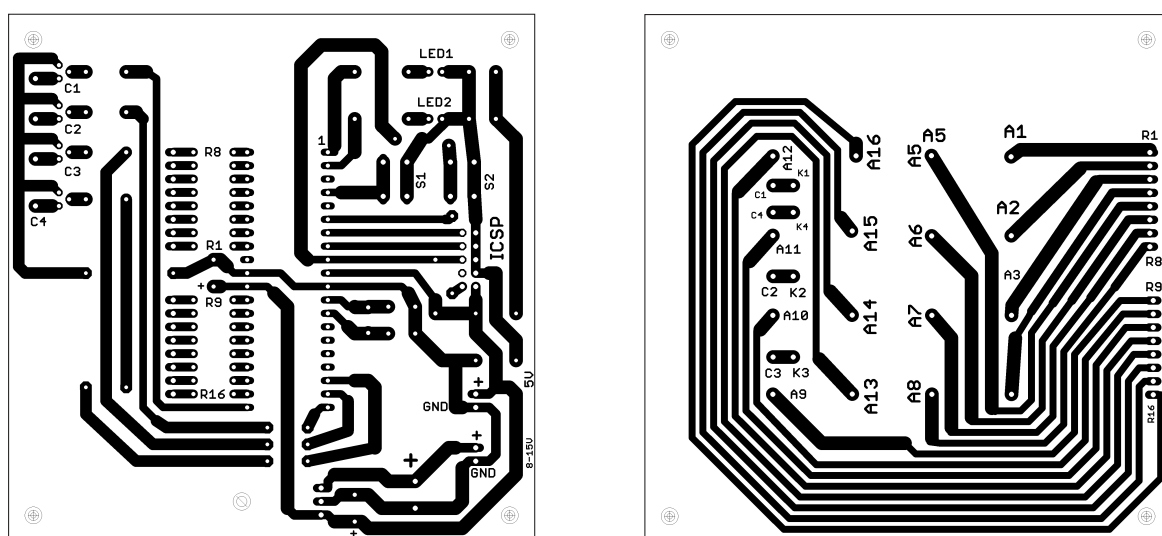
$$R = \frac{U_{AVR} - U_{LED}}{I_{LED}} = \frac{5 \text{ V} - 3,5 \text{ V}}{0,01 \text{ A}} = 150 \Omega$$

## 3.3 Desky plošných spojů

Desky plošných spojů jsou desky v elektronice používané pro mechanické uchycení a vzájemné propojení součástek (TKOTZ, K. a KOL., 2006). Návrhy DPS jsou na obrázcích 3.1(a), 3.1(b) a v příloze E.



Prvotní návrh zahrnoval pouze jednu větší DPS, na které by byla umístěna jak krychlová konstrukce z LED diod, tak celá řídicí část 3D LED kostky s mikroprocesorem. Tento návrh byl po konzultaci nahrazen variantou, která zahrnuje dvě DPS, kde je jedna DPS použita pouze pro krychlovou konstrukci z LED diod a na druhé DPS je mikroprocesor ATmega16 se všemi ostatními součástkami. DPS jsou umístěny nad sebou, odděleny distančními sloupky. Anody LED diod z horní DPS jsou připojeny za rezistory na výstupech AVR a katody LED diod jsou připojeny k tranzistorům. Díky tomuto řešení je celá 3D LED kostka mnohem menších rozměrů.



(a) DPS pro řídicí část

(b) DPS pro konstrukci LED diod

Obrázek 3.1: Návrhy DPS pro 3D LED kostku

### 3.3.1 Výroba DPS

Navrženou desku je nutné vyrobit přesně a pečlivě, aby všechny cesty seděly a neslévaly se. Postup při výrobě DPS je následující:

- V programu Eagle byly vytvořeny návrhy DPS, které jsou na obrázku 3.1.
- Z programu Eagle byly vyexportovány motivy plošných spojů v měřítku 1:1 s rozlišením 600 dpi. Takto vysoké rozlišení je nutno použít z důvodu dosažení dostatečné kvality výsledných DPS.
- Soubory s vyexportovanými motivy plošných spojů byly načteny do paměti laserového gravírovacího stroje.

- Laserový gravírovací stroj vypálil cesty plošných spojů do cuprexitových desek, které byly předem pokryty syntetickou barvou.
- Poté byly desky vyleptány v roztoku chloridu železitého.
- Desky byly očištěny od zbytku chloridu železitého, aby byl proces leptání zastaven.
- Následně byla z desek odstraněna vrstva ochranné syntetické barvy, povrch desek bych očištěn hadříkem namočeným v lihu a poté ošetřen roztokem kalafuny v lihu z důvodu snazší pájitelnosti.
- Nakonec byly DPS osazeny příslušnými součástkami.

### 3.4 Časové multiplexování

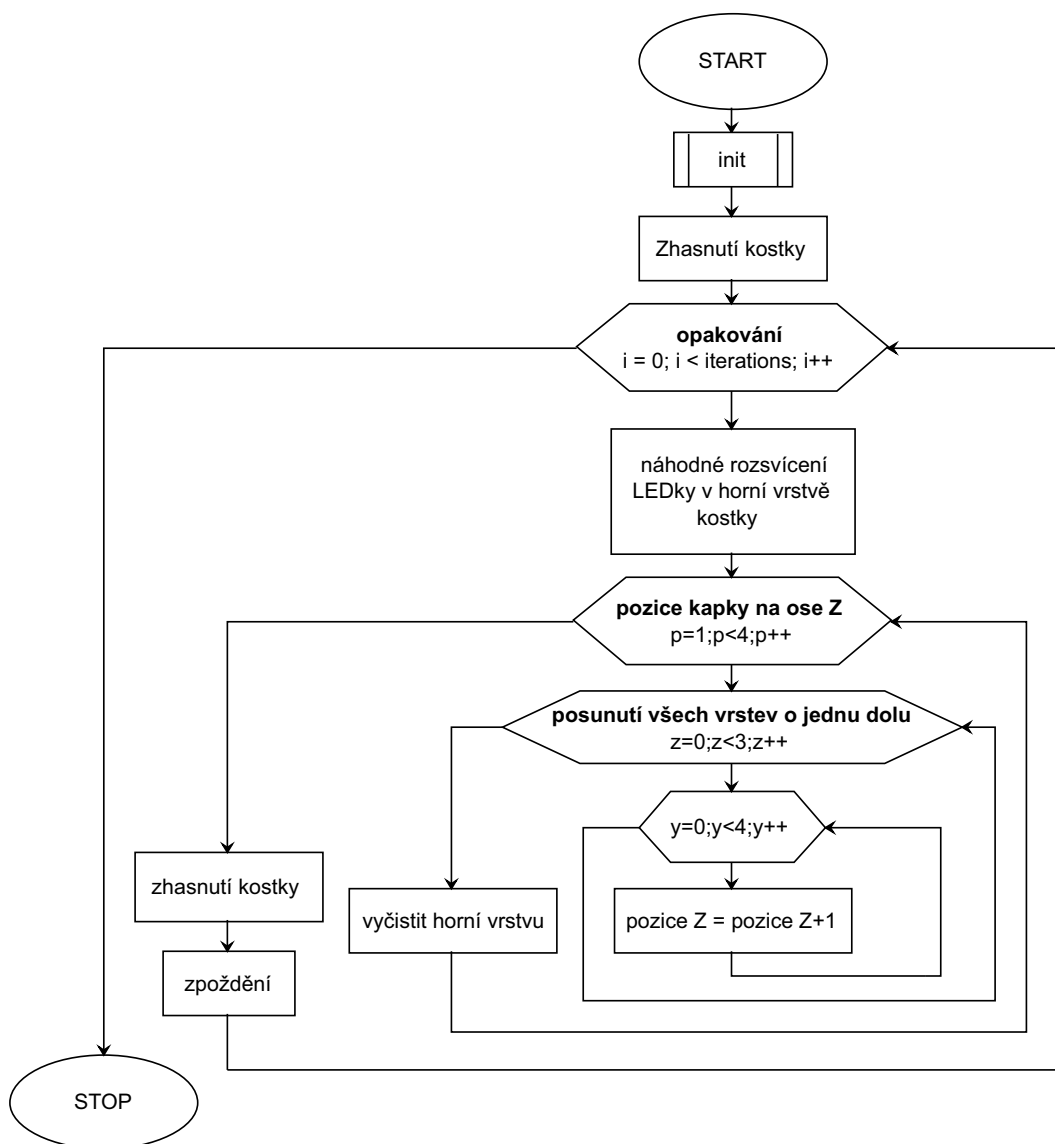
Multiplexování je metoda pro současný přenos několika datových proudů po jedné cestě bez ztráty identity jednotlivých signálů (ROUSE, M., 2015). Ovládat každou z 64 LED diod zvlášť by bylo možné řešit přivedením vodiče ke každé anodě LED diody zvlášť. Toto řešení je velice složité a nepraktické. Podle (INSTRUCTABLES, 2008) si kostku rozdělíme do 4 vrstev po 16 LED diodách. Ve vertikálních osách LED diody (4 LED diody) sdílí kladný náboj - anoda (+). Celé vodorovné vrstvy (16 LED diod) sdílí společný záporný náboj - katoda (-). Jednotlivé vrstvy se poté rozsvěcují napájením určité katody (výběr vrstvy) a určitého vertikálního sloupce (výběr LED diody ve vrstvě). Můžeme rozsvítit pouze jednotlivou LED diodu, vrstvu, nebo vertikální sloupec. Tento problém lze vyřešit tak, že v jeden moment bude svítit pouze jedna vrstva 3D LED kostky, frekvence rozsvěcování bude však tak vysoká, že lidské oko nepozná, že LED diody problikávají. Stejného principu se využívá např. v kinematografii.

### 3.5 Vývojové diagramy

V této kapitole jsou znázorněny vývojové diagramy programů pro efekty 3D LED kostky. Vývojový diagram je grafické znázornění přesného postupu pro vyřešení daného úkonu v programování. Jednotlivé kroky se znázorňují vzájemně propojenými grafickými symboly, které jsou uvedeny v normě ČSN 36 9030.

### 3.5.1 Padající kapky

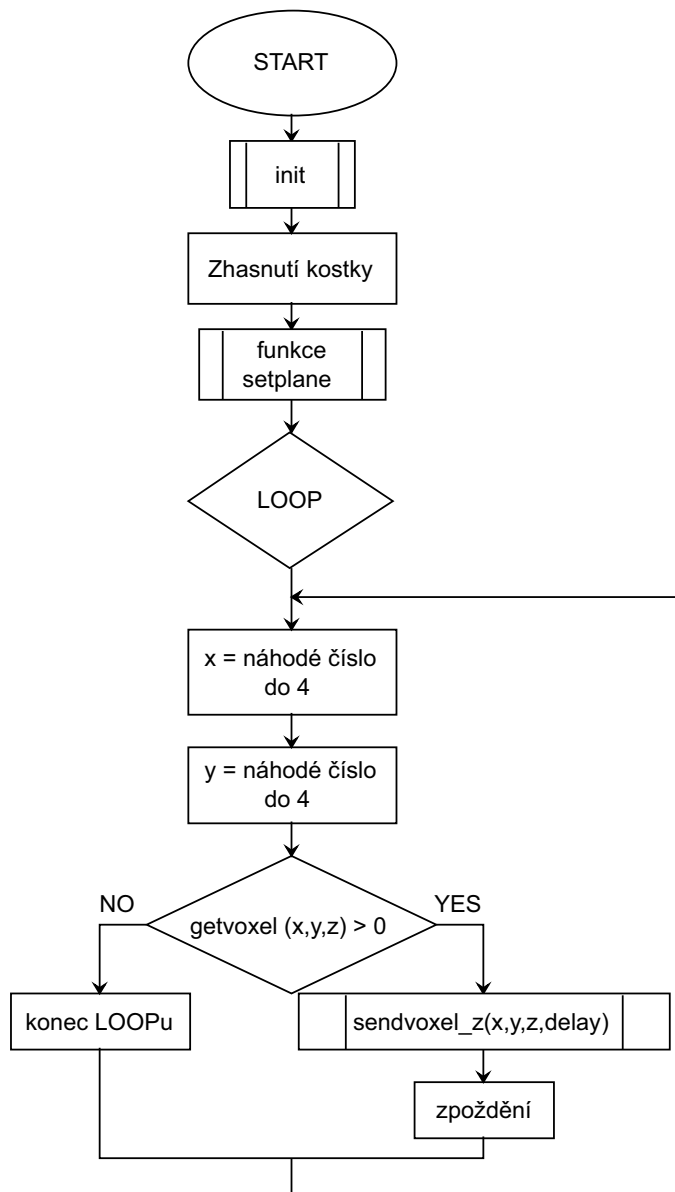
Na obrázku 3.2 je vývojový diagram programu padající kapky 2.2.2. Tento program náhodně rozsvítí LED diodu na horní stěně kostky, ta následně „steče“ na její spodní stěnu. Dle vývojového diagramu je vidět, že programu zadáme daný počet opakování, poté program rozsvítí náhodně LED diodu na horní vrstvě LED kostky, dále je zde cyklus, který nám posune kapku o pozici níže a další cyklus, který posouvá všechny vrstvy, aby mohlo padat více kapek najednou. Ve chvíli, kdy dosáhneme požadovaného počtu opakování, se program ukončí. V horní části je posun LED diody pomalejší, ve spodní rychlejší. Toto tvoří dojem padající kapky.



Obrázek 3.2: Vývojový diagram pro padající kapky

### 3.5.2 Létající stěna

Na obrázku 3.3 je vývojový diagram programu padající kapky 2.2.1. Tento program, jak můžeme vidět na vývojovém diagramu, nejprve zhasne celou kostku, poté pomocí funkce setplane rozsvítí náhodně jednu stěnu kostky. Následuje opakování, ve kterém jsou použity funkce getvoxel 3.5.3 a sendvoxel 3.5.3. Funkce getvoxel najde LED diodu, která svítí a funkce sendvoxel jí pošle na protější stranu kostky. Ve chvíli, kdy funkce getvoxel nenalezle na stěně žádnou rozsvícenou LED diodu, opakování je ukončeno.



Obrázek 3.3: Vývojový diagram pro létající stěnu

### 3.5.3 Podprogramy

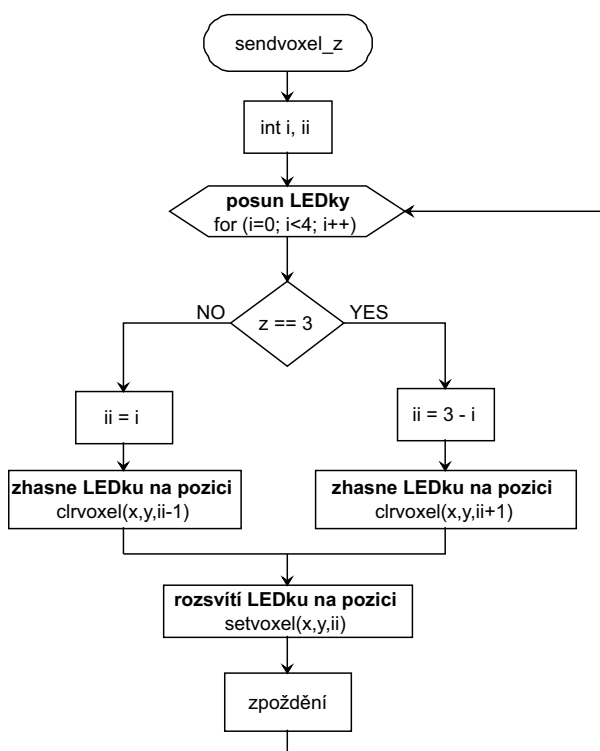
Pro přehlednost programů jsou použity podprogramy, jinak také funkce, které jsou z hlavních programů volány. Lze je volat opakovaně, a to i z různých míst kódu. Důležité je podprogramu poslat správné parametry.

#### Funkce getvoxel

Tato funkce v rozmezí zadaných hodnot vrací stavy jednotlivých LED diod. Funkci se musejí zadat parametry  $(x,y,z)$ , to jsou maximální souřadnice, do kterých budou LED diody kontrolovány. V případě, že LED dioda na dané pozici svítí, vrátí program 0x01, v opačném případě vrátí 0x00.

#### Funkce sendvoxel

Na následujícím obrázku je zobrazen vývojový diagram pro funkci sendvoxel. Tato funkce má za úkol přesun rozsvícené LED diody z jedné strany kostky na druhou (tj. pokud svítí LED dioda na spodní stěně kostky, funkce přesune LED diodu skrze kostku na její horní stěnu).



Obrázek 3.4: Vývojový diagram pro funkci sendvoxel

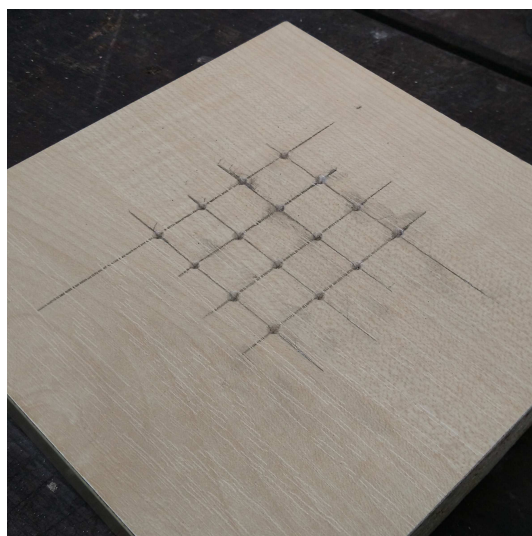
# Kapitola 4

## Konstrukce 3D LED kostky

V této kapitole je popsána celá konstrukce krychle z LED diod. Nejprve samotná tvorba šablony pro konstrukci a následná tvorba jednotlivých vrstev kostky, jejich spojení do krychle a připojení k DPS.

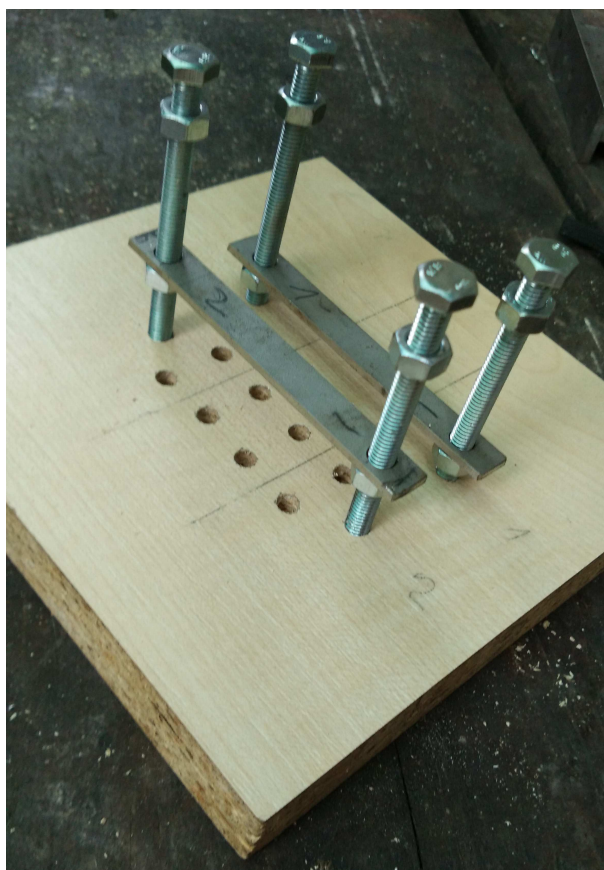
### 4.1 Šablona

Pro kvalitní a přesné zkonstruování krychle z LED diod bylo nutné použít šablonu. Ta byla vyrobena následným způsobem. Nejprve byla vybrána vhodná dřevotřísková deska, na které byly přesně naryšované rozměry pro vrstvu kostky, viz obr. 4.1.



Obrázek 4.1: Připravená deska pro šablonu

Do dřevotřískové desky bylo následně vyvrtáno 20 otvorů. Z toho 16 otvorů pro LED diody a 4 otvory pro upevnění lešení, které bude přidržovat jednotlivé vrstvy kostky při jejich spojování, viz obr. 4.2. Velikost otvoru pro LED diodu je 5 mm, aby dioda seděla a bylo tak snadnější ji připájet k ostatním.

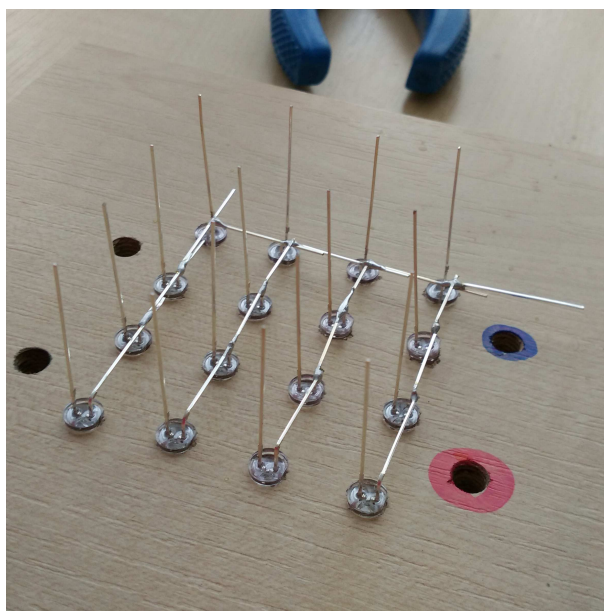


Obrázek 4.2: Hotová šablona pro konstrukci

## 4.2 Tvorba vrstev

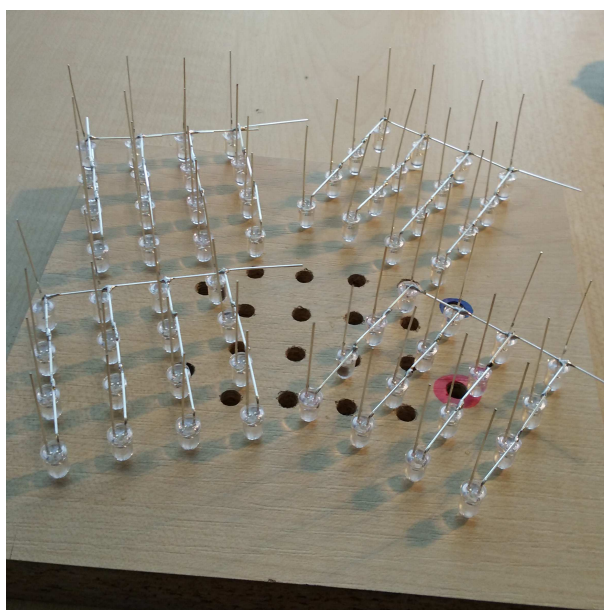
Katody LED diod byly ohnuty, aby je bylo možné spojit. Celá vrstva má tedy katody společné. Anody LED diod zůstávají rovně, těmi jsou následně spojeny vrstvy kostky k sobě. Nejprve do šablony zasuneme LED diody, které tvoří strany vrstvy, ty spojíme a následně přidáme ostatní LED diody tvořící celou vrstvu, viz obr. 4.3.





Obrázek 4.3: Konstrukce vrstvy

Hotová vrstva je opatrně vyjmuta ze šablony. Tyto vrstvy se vytvoří čtyři a následně jsou spojeny dohromady a budou tvořit celou krychli, viz obr. 4.4. Důležité je LED diody nevystavovat vysoké teplotě moc dlouho. Citlivost LED diod je vysoká, a tak by se LED dioda poměrně snadno zničila. Jednotlivé vrstvy je dobré ještě zpevnit tak, že jsou katody spojeny vodičem i na druhé straně.

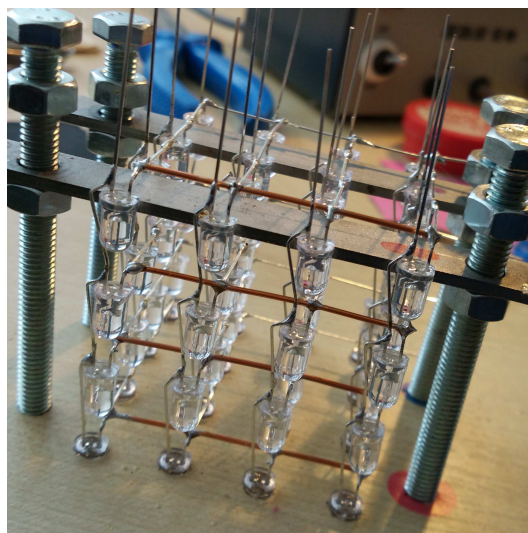


Obrázek 4.4: Hotové vrstvy kostky



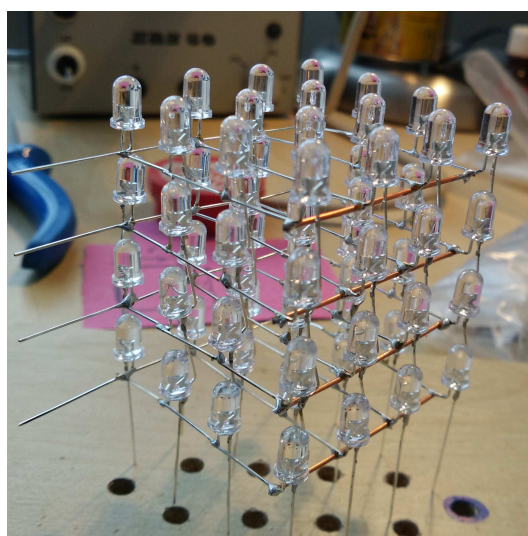
### 4.3 Konstrukce krychle

Hotové vrstvy z LED diod jsou následně spájeny pomocí kovového lešení, které je přidržuje, aby byla konstrukce snazší a přesnější, viz obr. 4.5.



Obrázek 4.5: Spojování vrstev

Vznikne tak krychle z LED diod, kde jsou 4 vrstvy se společnými katodami a 16 sloupců se společnými anodami, viz obr. 4.6. Toho je poté využito v programu. K rozsvícení vybrané LED diody dojde tak, že je napájena vrstva a sloupec, ve kterém se dioda nachází. Hotová krychle je napájena na DPS a spojena s řídicí deskou.



Obrázek 4.6: Hotová krychle

# Kapitola 5

## Závěr

Cílem této práce je navrhnout, zkonstruovat a oživit 3D LED kostku, což je krychle zkonstruovaná z LED diod, které jsou rozděleny do jednotlivých vrstev a sloupců, ovládaná deskou plošného spoje, na které je mikroprocesor ATmega16. Tato kostka bude sloužit jako didaktická pomůcka a objekt pro prezentování školy.

Nejprve bylo popsáno, co je to 3D LED kostka a kde se s podobnými technologiemi setkáváme. Dále bylo uvedeno, kdo se touto problematikou již dříve zabýval, k jakým výsledkům dospěl a jaké bude využití pro model 3D LED kostky.

Následuje popis principu 3D LED kostky, kde je popsáno, jak celá kostka pracuje a jakého principu je využito k její funkčnosti. Popsáno je několik základních efektů, se kterými se můžeme u 3D LED kostek setkat a popisy jsou doplněny demonstračními obrázky. Dále jsou popsány nejdůležitější součástky, které jsou nutné pro správnou funkčnost modelu v daném projektu.

Následujícím krokem byla tvorba fyzické konstrukce 3D LED kostky. Bylo navrženo schéma zapojení jak řídicí desky, tak desky pro krychli z LED diod. Následně byly zkontrolovány a vybrány vhodné součástky, především LED diody, u kterých byla nutná vysoká svítivost a rezistory, které omezují elektrický proud tekoucí z mikroprocesoru do LED diod. Dále byly navrženy a následně vyrobeny desky plošných spojů.

Poté byl popsán princip časového multiplexování, vytvořeny vývojové diagramy pro programy efektů 3D LED kostky, bylo stručně popsáno, co jsou to podprogramy a které byly použity právě pro tento model.

Na závěr je popsána tvorba celé krychlové konstrukce z LED diod, tvorba a použití dřevěné šablony s kovovým lešením pro snadnější práci při konstruování krychle z LED diod. Dále také poznatky a rady z pájení LED diod při vysoké teplotě, která je při pájení nezbytná.

V následujících bodech jsou stručně shrnuty splněné body, které jsou v zadání AP.

1. Byl popsán základní princip 3D LED kostky a používané součástky.
2. Bylo navrženo obvodové zapojení hardwaru 3D LED kostky.
3. Byly vytvořeny vývojové diagramy a řídicí programy pro realizaci vybraných světelných efektů.
4. Byla zkonstruována celá 3D LED kostka.
5. Byla laboratorně ověřena správná funkčnost 3D LED kostky.

# Literatura

DEZORT, M. (2015), Hardware 3D LED kostky, (Maturitní práce), VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí, Sezimovo Ústí.

INSTRUCTABLES (2008), Instructables – LED Cube 4x4x4 [online]. [cit. 2015-04-20], [⟨http://www.instructables.com/id/LED-Cube-4x4x4⟩](http://www.instructables.com/id/LED-Cube-4x4x4).

ROUSE, M. (2015), Time-division multiplexing (TDM) [online]. [cit. 2015-04-20], [⟨http://whatis.techtarget.com/definition/time-division-multiplexing-TDM⟩](http://whatis.techtarget.com/definition/time-division-multiplexing-TDM).

SCHENK, C. (2009), MiKTeX [online]. [cit. 2009-06-16], [⟨http://www.miktex.org/⟩](http://www.miktex.org/).

TKOTZ, K. A KOL. (2006), *Příručka pro elektrotechnika*, Europa-Sobotáles cz. ISBN 80-86706-13-3.

# Příloha A

## Obsah přiloženého CD/DVD

K této práci je přiloženo CD/DVD s následující adresářovou strukturou.

- Absolventská práce v  $\text{\LaTeX}$ 2 $\epsilon$
- Datasheety všech součástek
- Fotodokumentace
- Návrhy DPS
- Schéma zapojení elektroniky
- Fort\_AP\_2015\_2016.pdf - absolventská práce ve formátu PDF

# Příloha B

## Použitý software

**CorelDRAW**  $\langle$ <http://www.corel.com/cs/> $\rangle$

**EAGLE**  $\langle$ <http://www.cadsoftusa.com/download-eagle/> $\rangle$

**L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2 $\epsilon$**   $\langle$ <http://www.miktex.org/> $\rangle$

**TeXstudio**  $\langle$ <http://http://www.texstudio.org/> $\rangle$

Software z výše uvedeného seznamu je buď volně dostupný, nebo jeho licenci toho času vlastní Vyšší odborná škola, Střední škola, Centrum odborné přípravy, Sezimovo Ústí, Budějovická 421, kde autor téhož času studoval a vytvořil tuto absolventskou práci.

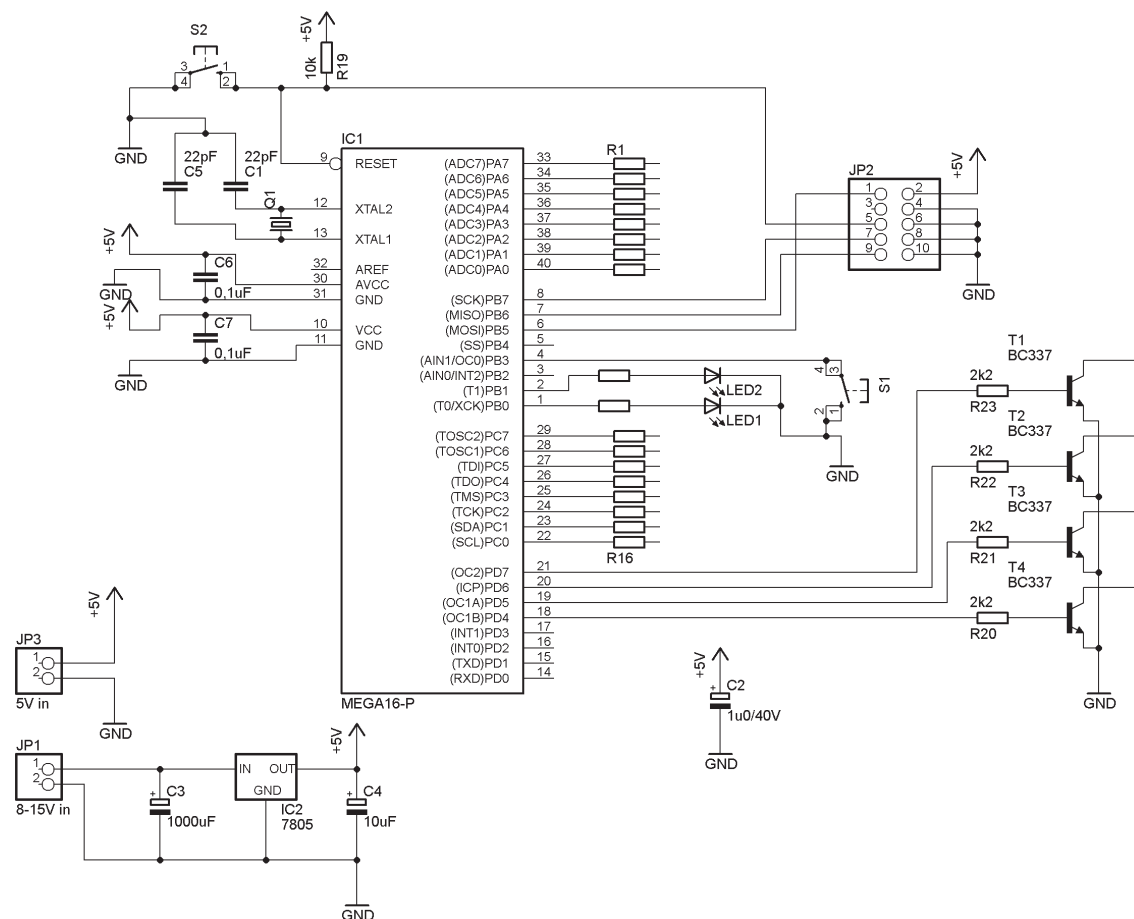
# Příloha C

## Časový plán absolventské práce

Činnost	Časová náročnost	Termín ukončení	Splněno
návrh schéma el. zapojení	3 týdny	25.09.2015	17.10.2015
tvorba seznamu součástí, cenová kalkulace	3 týdny	30.10.2015	04.12.2015
objednání a dodání součástí	2 měsíc	29.01.2016	21.03.2016
AP: „teoretická“ část	2 týdny	29.01.2016	10.04.2016
konstrukce: návrh DPS	1 měsíc	05.02.2016	10.02.2016
konstrukce: Výroba a osazení DPS	3 týdny	04.03.2016	28.04.2016
tvorba vývojových diagramů efektů kostky	3 týdny	14.03.2016	20.03.2016
realizace programů kostky	1 měsíc	21.03.2016	25.03.2016
AP: „praktická“ část		15.04.2016	04.05.2016

# Příloha D

## Schéma zapojení

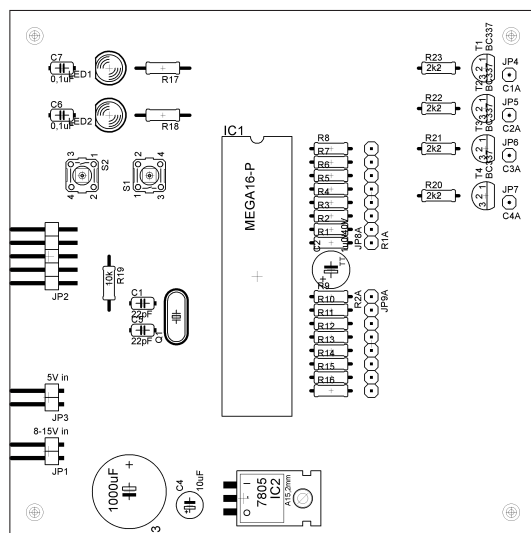


Obrázek D.1: Elektrické schéma zapojení řídicí desky

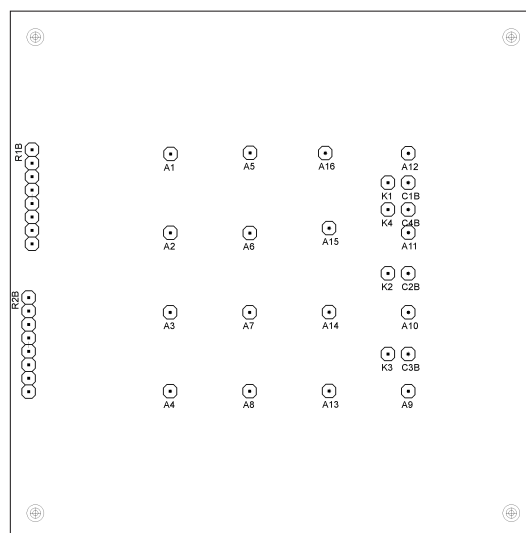


# Příloha E

## Návrhy desek plošných spojů

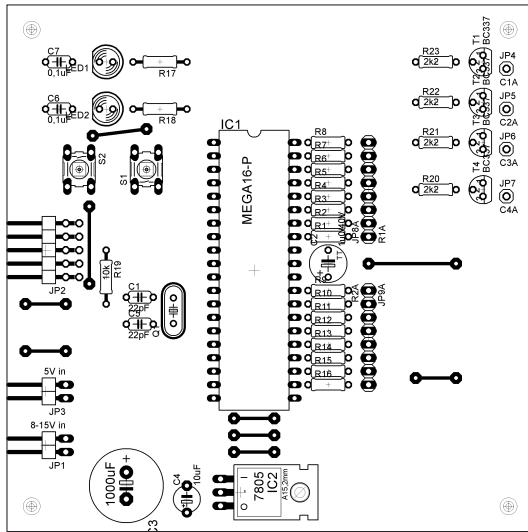


(a) Osazovací plán pro řídicí desku

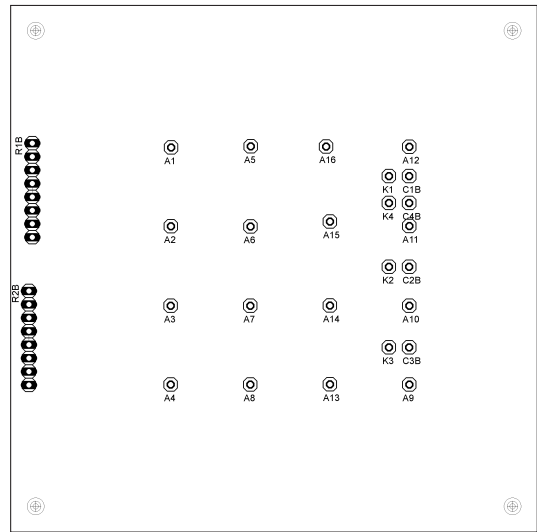


(b) Osazovací plán pro desku konstrukce

Obrázek E.1: Osazovací plány pro DPS



(a) Plán propojek pro řídicí desku



(b) Plán propojek pro desku konstrukce

Obrázek E.2: Plány propojek pro DPS

# Příloha F

## Rozpočet projektu

Následující tabulka uvádí finanční rozpočet modelu zahrnující nákupy jednotlivých součástí. Ceny jsou uvedeny včetně DPH.

Tabulka F.1: Finanční rozpočet projektu

Komponenta	Kusů	Cena za kus	Cena celkem
Kondenzátor CE 1000 uF / 25 V	2	16,80,-	33,60,-
Kondenzátor CE 10 uF / 25 V	2	0,40,-	0,80,-
Kondenzátor CT 10 uF / 25 V	2	14,80,-	29,60,-
Kondenzátor CK 22 pF / 50 V	7	16,10,-	112,70,-
LED 5 mm RED	1	2,60,-	2,60,-
LED 5 mm GREEN	1	3,90,-	3,90,-
LED 5 mm BLUE	67	3,50,-	235,-
Rezistor 150R / 0,25 W	20	2,60,-	52,-
Rezistor 470R / 0,25 W	2	2,60,-	5,20,-
Rezistor 2K2 / 0,25 W	6	2,60,-	15,60,-
Rezistor 10K / 0,25 W	2	2,60,-	5,20,-
Mikrospínač do DPS	2	3,50,-	7,-
Krystal HC49/S 14,7456MHz	1	6,70,-	6,70,-
ATmega16 ATMEL	1	100,-	100,-
Celkem	-	-	610,-

Tabulka obsahuje zkratky: CE – elektroliztický hliníkový kondenzátor, CT – elektroliztický tantalový kondenzátor, CK – elektroliztický keramický kondenzátor.