

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA APLIKOVANÉ
ELEKTRONIKY A TELEKOMUNIKACÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Rotující zobrazovací systém

**vedoucí práce: Doc.Ing. Jiří Skála Ph.D.
autor: Petr Vaněček**

2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr VANĚČEK**
Osobní číslo: **E08B0422P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektronika a telekomunikace**
Název tématu: **Rotující zobrazovací systém**
Zadávací katedra: **Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Prostudujte problematiku postupného rotačního zobrazování.
2. Navrhněte obvodové zapojení a vytypujte vhodné komponenty pro elektrickou i mechanickou část zařízení.
3. Realizujte zařízení a vytvořte programové vybavení pro jednoduchou aplikaci.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Doc. Ing. Jiří Skála, Ph.D.

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Konzultant bakalářské práce:

Ing. Jan Krpálek

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Datum zadání bakalářské práce: **18. října 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**

Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.

děkan



Doc. Dr. Ing. Vjačeslav Georgiev

vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Bakalářská práce se zabývá návrhem a praktickou realizací rotujícího zobrazovacího systému a vytvořením jednoduché aplikace pro tento systém. V této práci je popsáno několik dalších možných způsobů, jak dané zadání řešit. Dále práce obsahuje návrh jednoduché aplikace, schéma a desky plošných spojů jak pro statickou, tak pro rotující část daného systému.

Klíčová slova

Rotující zobrazení, Kruhové zobrazení, Digitální hodiny, Vrtulové hodiny

Abstract

The bachelor thesis concerns a project and realization of a rotating display system and creation of a simple application for this system. Various ways of solving the task are described in this thesis. Moreover the thesis includes a draft of a simple application, scheme and printed circuit board static and also rotating parts of the system.

Key words

Rotating display, Circular display, Digital clock, Propeller clock

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 6.6.2012

Petr Vaněček

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucím bakalářské práce Doc. Ing. Jiřímu Skálovi Ph.D. a Ing. Janu Krpálkovi za jejich čas a ochotu se podělit o důležité rady, také připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH	6
ÚVOD	8
SEZNAM SYMBOLŮ	9
SEZNAM OBRÁZKŮ	10
SEZNAM ROVNIC	11
SEZNAM ZKRATEK	12
1 PRINCIP ROTUJÍCÍHO ZOBRAZENÍ	13
1.1 PRINCIP VNÍMÁNÍ.....	13
1.2 PRINCIP ZOBRAZENÍ.....	13
1.3 PATENT ROTUJÍCÍHO ZOBRAZENÍ	13
1.4 BLOKOVÉ SCHÉMA ROTUJÍCÍHO SYSTÉMU	14
2 DRUHY ZOBRAZUJÍCÍCH ROTUJÍCÍCH SYSTÉMŮ	15
2.1 ROZDĚLENÍ PODLE ZOBRAZENÍ	15
2.1.1 Válcové zobrazení.....	15
2.1.2 Kruhové zobrazení.....	15
2.1.3 Kulové zobrazení.....	16
2.1.4 Kyvadlové.....	17
2.2 ROZDĚLENÍ PODLE DRUHU NAPÁJENÍ.....	17
2.2.1 Napájení pomocí kartáčů.....	17
2.2.2 Napájení pomocí indukční vazby.....	18
3 MECHANICKÁ KONSTRUKCE	19
3.1 STATICKÁ ČÁST	19
3.1.1 DC motor a jeho zapojení.....	19
3.1.2 Buzení primární cívky	20
3.1.3 Přenos energie	21
3.1.4 Optická závora.....	22
3.2 ROTUJÍCÍ ČÁST.....	22
3.2.1 Rotující část obecně.....	22
3.2.2 Výroba DPS pro rotující část.....	23

4	MIKROPROCESOR A OBVOD REÁLNÉHO ČASU.....	24
4.1	MIKROPROCESOR	24
4.1.1	<i>Požadavky na mikroprocesor.....</i>	<i>24</i>
4.1.2	<i>Mikroprocesor C8051F236</i>	<i>24</i>
4.1.3	<i>Připojení mikroprocesoru k periferiím.....</i>	<i>25</i>
4.2	OBVOD REÁLNÉHO ČASU	27
4.2.1	<i>Popis obvodu reálného času.....</i>	<i>27</i>
4.2.2	<i>Zapojení RTC.....</i>	<i>28</i>
5	PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ.....	29
5.1	POPIS FUNKCÍ PROGRAMU.....	29
5.1.1	<i>Měření otáček s vyhodnocením přesné pozice.....</i>	<i>30</i>
5.2	VÝVOJOVÝ DIAGRAM	31
6	ZÁVĚR.....	35
6.1	ZHODNOCENÍ.....	35
6.2	DALŠÍ VÝVOJ	35
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	36
	PŘÍLOHY.....	1

Úvod

V této práci se budu zabývat rotujícími zobrazujícími systémy. Konkrétněji rotujícím LED displejem, který pracuje na principu nedokonalosti lidského zraku.

Cílem této práce je sestavit rotující zobrazující systém, na kterém bude zobrazena aplikace v podobě digitálních hodin. Tato forma zobrazujícího systému má mnoho variant, které zpracovalo neméně autorů. Pro vlastní rotující systém jsem si vybral transformátorové napájení, kvůli snadné dostupnosti a konstrukci. Zobrazení jsem vybral válcové a to z toho důvodu, že následná aplikace zobrazující digitální hodiny je pro to nejvhodnější. Výsledkem této práce jsou efektní stolní digitální hodiny, které se dají doplnit i o jiné funkce.

Text jsem rozdělil do několika částí, z nichž nejdůležitější jsou konstrukce napájecí části, rotující části a ovládacího programu pro rotující zobrazující systém.

Seznam symbolů

f [Hz]	Frekvence
T [s]	Perioda
$\Delta\varphi$ [°]	Změna úhlu
Δs [m]	Změna dráhy
Δt [s]	Změna času
V_{out} [V]	Výstupní napětí
I_{ADJ} [A]	Nastavitelný proud
u_i [V]	Indukované napětí
$d\Phi$ [Wb]	Změna magnetického toku
N [-]	Počet závitů

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1.1 BLOKOVÉ SCHÉMA ROTUJÍCÍHO ZOBRAZUJÍCÍHO SYSTÉMU	14
OBRÁZEK 2.1 UMÍSTĚNÍ LED DIOD NA VÁLCOVÉM ZOBRAZENÍ	15
OBRÁZEK 2.2 KRUHOVÉ ZOBRAZENÍ	16
OBRÁZEK 2.3 KULOVÉ ZOBRAZENÍ SE DVĚMA RAMENY.....	17
OBRÁZEK 2.4 NAPÁJENÍ PRIMÁRNÍ CÍVKY	18
OBRÁZEK 3.1 SCHÉMA ZAPOJENÍ NASTAVITELNÉHO STABILIZÁTORU	20
OBRÁZEK 3.2 BLOKOVÉ SCHÉMA OBVODU TL494 [8]	21
OBRÁZEK 3.3 SCHÉMA NAPÁJENÍ ROTUJÍCÍ ČÁSTI	23
OBRÁZEK 4.1 VNITŘNÍ STRUKTURA C8051F236	25
OBRÁZEK 4.2 SCHÉMA ZAPOJENÍ PERIFERIÍ K C8051F236.....	26
OBRÁZEK 4.3 BLOKOVÉ SCHÉMA RTC [4].....	27
OBRÁZEK 4.4 SCHÉMA ZAPOJENÍ RTC.....	28
OBRÁZEK 5.1 NASTAVENÍ HODIN NA DISPLEJI	30
OBRÁZEK 5.2 ROZDĚLENÍ SNÍMÁNÍ OTÁČKY	31
OBRÁZEK 5.3 VÝVOJOVÝ DIAGRAM ZPRACOVÁNÍ OTÁČKY	32
OBRÁZEK 5.4 VÝVOJOVÝ DIAGRAM ALGORITMU HODIN.....	33
OBRÁZEK 5.5 VÝVOJOVÝ DIAGRAM NASTAVENÍ HODIN.....	34

Seznam rovnic

ROVNICE 1.1 VÝPOČET PERIODY	13
ROVNICE 2.1 ZMĚNA ÚHLU V KRUŽNICI.....	16
ROVNICE 2.2 DRÁHA	16
ROVNICE 2.3 RYCHLOST	16
ROVNICE 3.1 VZTAH PRO VÝSTUPNÍ NAPĚTÍ	19
ROVNICE 3.2 FREKVENCE OSCILÁTORU	21
ROVNICE 3.3 INDUKOVANÉ NAPĚTÍ.....	22
ROVNICE 3.4 VZTAH PRO NASTAVENÍ VÝSTUPNÍHO NAPĚTÍ.....	23

Seznam zkratek

Zkratka	Anglicky	Česky
LED	Light-Emitting Diode	Dioda emitující světlo
DC	Direct Current	Stejnosměrný proud
PC	Personal Computer	Osobní počítač
DPS		Deska plošných spojů
BLDC	BrushLess DC	Bezkomutátorový s.s. motor
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor	Tranzistor řízený polem s izolovaným hradlem
ERROR-AMP	Error Amplifier	Zesilovač odchyly
SMD	Surface Mounted Device	Součástka pro povrchovou montáž
LOW-DROP	Low-Drop	S nízkým úbytkem
D-latch octal regist	D-latch octal regist	Osmibitový registr reagující na hladinu
OE	Output Enable	Výstup povolen
RTC	Real Time Clock	Hodiny reálného času
JTAG	Joint Test Action Group	
I/O	Input/Output	Vstup/Výstup
I ² C	Internal-Integrated-Circuit Bus	Sériová multi-master sběrnice
MSB	Most Significant Bit	Nejvíce významný bit
LSB	Least Significant Bit	Nejméně významný bit
USB	Universal Serial Bus	Univerzální sériová sběrnice
RGB Diode	Red-Green-Blue Diode	Barvu měnící dioda

1 Princip rotujícího zobrazení

1.1 Princip vnímání

Zobrazení pracuje na nedokonalosti lidského zraku. Jeden z hlavních důvodů proč zobrazení LED displeje vidíme jako kontinuální je princip setrvačnosti lidského oka. Setrvačností lidského oka rozumíme schopnost lidského oka rozlišit dva po sobě jdoucí snímky jako statické. Obraz způsobuje dráždění tyčinek a čípků, to vyvolá chemické reakce, které jsou v mozku vyhodnoceny. Rychlejší změny obrazu, než je obnovovací doba oka budeme vnímat jako spojitě. Obnovovací doba je přibližně 1/30 sekundy. Spojitost obrazu je také závislá nejen na době změny obrazců po sobě jdoucích, ale také na jasu daného obrazu a míry podráždění čípků a tyčinek. Zvětšením počtu obrazů za sekundu nebo zmenšením rozstupů mezi jednotlivými snímky, můžeme měnit intenzitu obrazu. Okem vnímáme pouze střední hodnotu jasu, proto čím větší intenzita, tím lépe budou viděny obrazce spojitě.

1.2 Princip zobrazení

Díky výše uvedeným nedokonalostem může pracovat i rotující LED display, jinak by bylo pouze vidět, jak se postupně rozsvěčují a zhasínají body displeje, namísto například stojícího textu. Tím, že oko vnímá obraz spojitě, můžeme dostatečně rychlým otáčením proužku LED diod, zobrazovat jakékoliv obrazce, které nám umožní rozlišení displeje. Velké deformace obrazce by se nám projevíly, kdyby frekvence otáčení kolísala, v tom případě by bylo vidět jen nepříjemné blikání, nebo by se statický text náhodně pohyboval. Blikání s frekvencí větší než 50 Hz způsobuje, že obrazec je i periferním viděním viděn jako neblíkající. Tento případ by dle rovnice 1.1 znamenal, že v ideálním případě by otáčka trvala 2 ms

$$T = \frac{1}{f} [Hz]$$

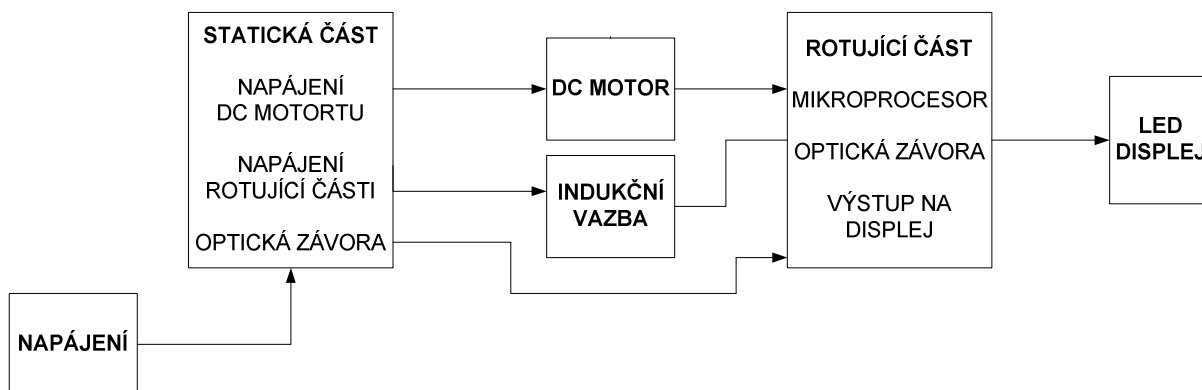
Rovnice 1.1
Výpočet periody

1.3 Patent rotujícího zobrazení

Princip rotujícího zobrazujícího systému byl registrován již v roce 2001 a patentován 15. února 2005 pod názvem rotující zobrazovací systém (Rotating display system), známější pod pojmem propeller clock, který by se dal volně přeložit do češtiny jako „vrtulové hodiny“.

Tvůrcem tohoto patentu je Daniel L. Kowalewski. V patentu [3] je velmi podrobně popsána konstrukce tohoto systému, která se skládá ze tří hlavních částí - z DC motoru, řídicího obvodu pro DC motor a rotující části. V patentu se podrobně popisuje několik aplikací pro rotující zobrazovací systém.

1.4 Blokové schéma rotujícího systému



Obrázek 1.1 Blokové schéma rotujícího zobrazujícího systému

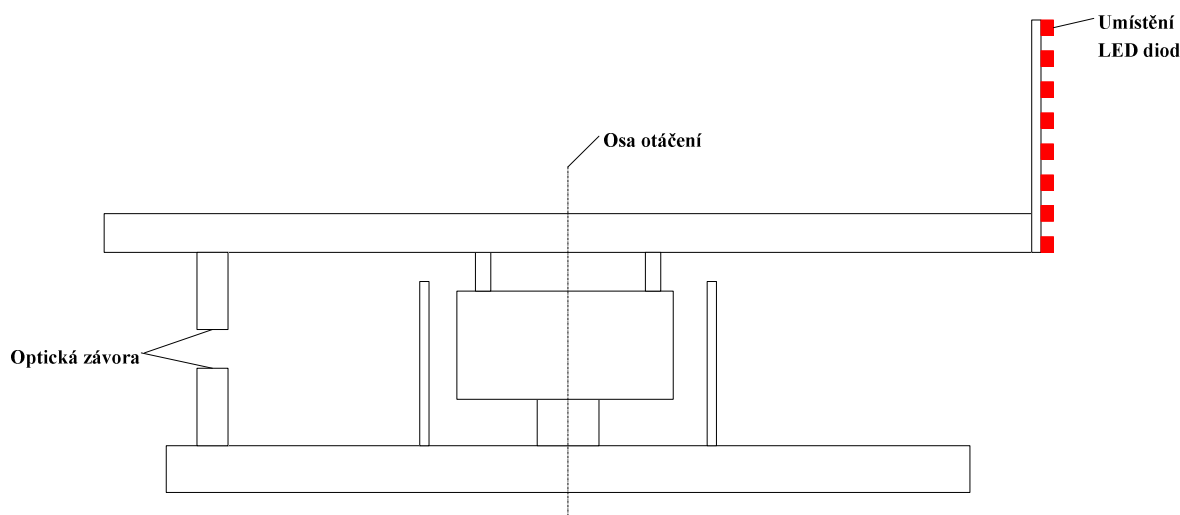
Na obrázku 1.1 vidíme základní části rotujícího LED displeje. K základním částem patří statická část, jež napájí motor, který otáčí rotující část. Dále sem patří napájení cívky umístěné na rotoru motoru, přenášející elektrické napětí do rotující části. Nedílnou součástí statické části je infračervená dioda tvořící společně se snímačem, umístěným na rotující části, optickou závoru. Rotační část je osazena mikroprocesorem C8051F236, kterým je přes vstupně/výstupní (dále jen I/O) bránu ovládán proužek LED diod.

2 Druhy zobrazujících rotujících systémů

2.1 Rozdělení podle zobrazení

2.1.1 Válcové zobrazení

Jedním z mnoha typů rotujícího zobrazení, je takzvané zobrazení válcové. Válcové proto, že LED diody jsou připevněny rovnoběžně s rotující osou, jak můžeme vidět na obrázku 2.1, a tím při roztočení vytváří efekt válce. Tento druh zobrazení je nejvíce vhodný na zobrazení digitálních hodin a textu na rozdíl od ostatních, které jsou vhodné na jiné druhy aplikací.



Obrázek 2.1 Umístění LED diod na válcovém zobrazení

2.1.2 Kruhové zobrazení

Kruhové zobrazení je takové, kde LED diody jsou umístěny přímo na rotující části, která je připevněna kolmo na rotující osu. Principiální mechanická konstrukce je vidět na obrázku 2.2.

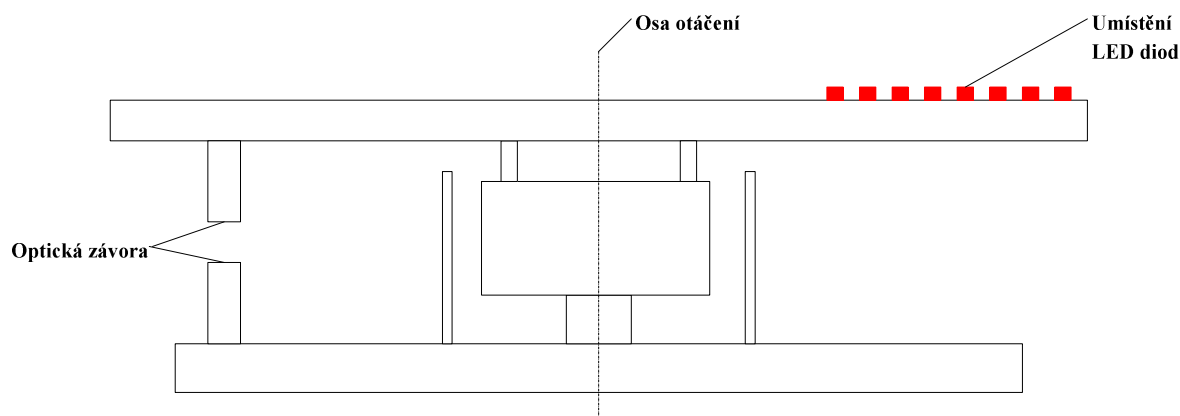
Největší výhodou tohoto zapojení je, že nemusíme k rotující části připojovat další desku plošných spojů s diodami, jako to bylo u válcového zobrazení. Velkou nevýhodou takovéto konstrukce je obvodová rychlost, protože zde musíme brát v potaz rozdílnou dráhu diod. Vnější LED dioda musí urazit za stejnou dobu větší dráhu než vnitřní. Proto vnitřní LED dioda bude svítit po jinou dobu než vnější. Popis časové závislosti je popsán rovnicí 2.3. Díky tomuto aspektu je vytváření grafických aplikací softwarově náročnější. Nejčastějšími aplikacemi pro tento druh zobrazení jsou analogové hodiny, běžící texty a pohyblivé animace.

Rovnice 2.1 vyjadřuje vztah pro úhel φ . V rovnici 2.2 je vyjádřena dráha z předchozího vzorce po dosazení dráhy do rovnice obvodové rychlosti. Obvodová rychlost udává, jakou rychlostí se pohybuje bod na kružnici. Tím dostaneme rovnici 2.3. Tato rovnice nám určuje vztahy mezi obvodovou rychlostí a poloměrem.

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta s}{r} \quad \text{Rovnice 2.1 Změna úhlu v kružnici}$$

$$\Delta s = r \cdot \Delta\varphi \quad \text{Rovnice 2.2 Dráha}$$

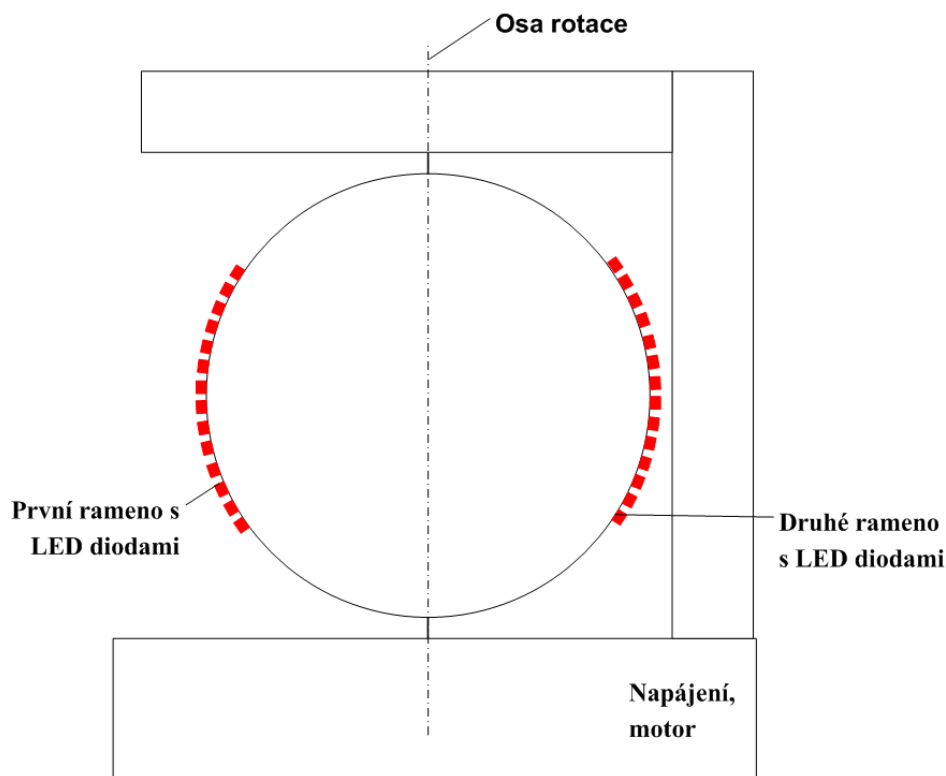
$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{r \cdot \Delta\varphi}{\Delta t} \quad \text{Rovnice 2.3 Rychlost}$$



Obrázek 2.2 Kruhové zobrazení

2.1.3 Kulové zobrazení

Toto zobrazení při rozsvícení tvoří kulovou plochu. Kulové zobrazení, které je složitější na zhotovení konstrukce viz obrázek 2.4, se může vyrábět v provedení s jedním ramenem, ale také se dvěma či více rameny. Konstrukce se dvěma rameny má výhodu ve vyvážení celého systému, kde nemusíme složitě vyvažovat jedno rameno a také jednou z dalších výhod je paralelní běh dvou aplikací, které si s jedním ramenem nemůžeme dovolit. Této vlastnosti lze využít například tak, že na jednom rameni bude aplikace pro globus a na druhém pro hodiny. Tyto dvě aplikace se budou vzájemně překrývat, což vytváří zajímavý efekt.



Obrázek 2.3 Kulové zobrazení se dvěma rameny

2.1.4 Kyvadlové

Jedním ze zvláštních typů zobrazujících systémů pracujícím na podobném principu jako rotující zobrazující systém je kyvadlový. Zásadní rozdíl mezi těmito dvěma systémy, je v otáčení zobrazující části. U kyvadlového systému se proužek LED diod neotáčí kolem celé své osy jak je tomu u rotujícího systému, ale jen se pohybuje po kruhové výseči. Tento typ se také nejčastěji používá na aplikaci digitálních hodin, které se vyrábí i sériově. Jedno z dalších velmi zajímavých použití, je v mobilních telefonech, kde je vytvořena aplikace pro mobilní telefon kde se zadá jako vstupní parametr text o určité délce, který se má zobrazit a poté jen co nejrychleji pohybujeme telefonem ze strany na stranu.

2.2 Rozdělení podle druhu napájení

2.2.1 Napájení pomocí kartáčů

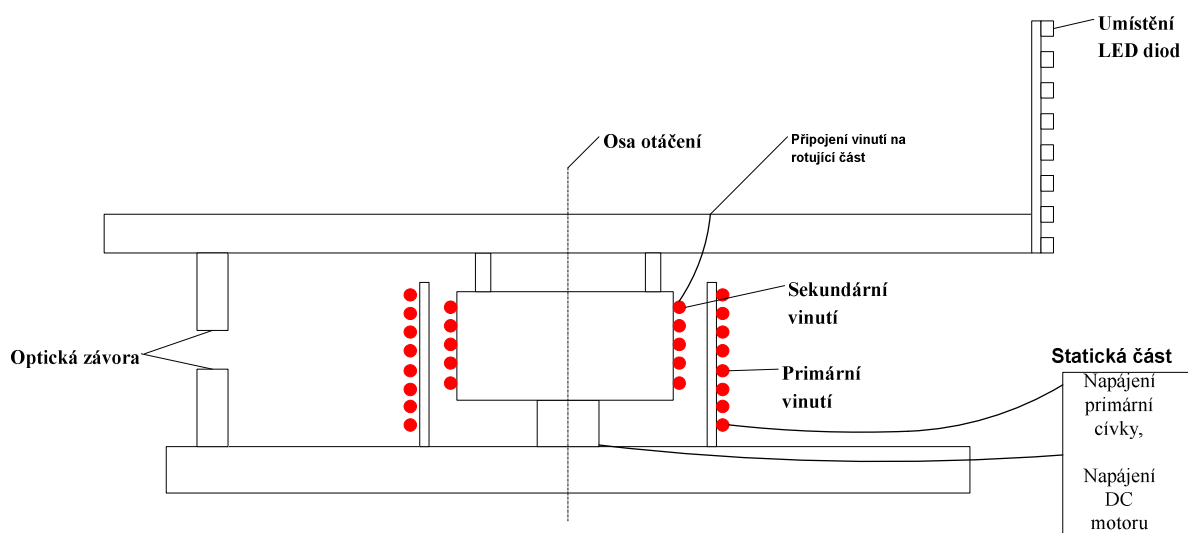
Rotující část napájíme pomocí napevno připevněných kluzných kontaktů k rotující části. Tyto dva kluzné kontakty při otáčení doléhají na připravené kružnice, kde na jedné je

rozvedeno kladné napětí a na druhé zem. U typu motorů s kovovou hřídelí lze také použít samotná hřídel jako zemní vodič a na kladné napětí použít kartáče. Tento způsob jsem při svém konstruování zavrhl z důvodu použití motorku z ventilátoru PC, který má celý rotor plastový. Dalším problémem by byly kluzné kontakty kladoucí odpor rotaci, protože je použit motorek z ventilátoru PC, nebylo by dosaženo dostatečných otáček pro neblíkající zobrazení.

Napájení lze řešit pomocí kartáčů podobným způsobem jen s tím rozdílem, že nepoužíváme kružnic na napájení, ale navineme na hřídel motoru dva proužky, například z měděného drátu, které musí být vůči sobě odizolovány. Tyto dráty lze vyvést na rotující desku plošného spoje (dále jen DPS). K těmto proužkům lze přivést pomocí kartáčů napětí.

2.2.2 Napájení pomocí induktivní vazby

Tento druh napájení je použitý z důvodu snadné konstrukce, bezhlučného chodu, a také proto, že neklade žádný mechanický odpor motoru. Principem je, okolo rotoru motoru vytvořit prstenec s primární cívkou napájenou střídavým proudem, která vytváří elektromagnetické pole. Na rotoru je navinuta sekundární cívka, do níž se indukuje napětí. Ze sekundární cívky je poté napětí přivedeno na rotující DPS. Na obrázku 2.4 můžeme vidět konstrukci zapojení primární a sekundární cívky. Tato problematika je podrobněji popsána v kapitole 3.1.3.



Obrázek 2.4 Napájení primární cívky

3 MECHANICKÁ KONSTRUKCE

3.1 Statická část

3.1.1 DC motor a jeho zapojení

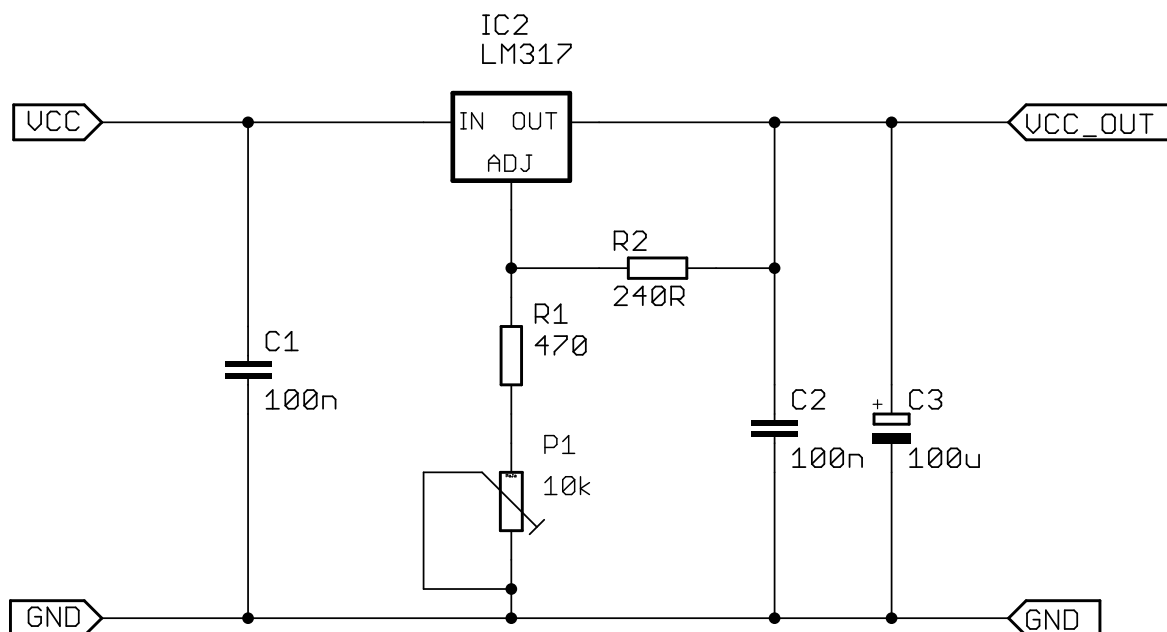
Statická část je napájena vnějším zdrojem napětí. Toto napětí je stabilizováno pomocí nastavitelného stabilizátoru LM317. Stabilizátor je zapojen jako nastavitelný zdroj stabilizovaného napětí dle obrázku 3.1 [7]. Velikost odporu R_1 jsem zvolil dle doporučení ($R_1 = 240\Omega$). Když potenciometr R_2 je vytočen do své jedné ze dvou krajních poloh (zkratu) je napětí stále nastaveno pomocí R_3 o velikosti $R_3 = 470\Omega$. Potenciometr o velikosti $R_2 = 10K\Omega$ díky kterému, se může regulovat hodnota výstupního stabilizovaného napětí dle rovnice 3.1. DC motor je tímto stabilizovaným zdrojem napětí napájen.

Motor je stejnosměrný bezkomutátorový stroj (dále pouze BLDC) na 12V/0,08A. Tento motor patří do skupiny synchronních strojů, což znamená, že rotor si snaží zachovat konstantní polohu vůči magnetickému poli generovaného statorem. Největší rozdíl od klasických DC motorů je nahrazení mechanického komutátoru komutátorem elektronickým. Rotor BLDC je tvořen permanentním magnetem. Stator je v našem případě složen ze čtyř cívek. K vytvoření točivého elektromagnetického pole jsou tyto cívky postupně připojovány ke zdroji stejnosměrného elektrického napětí.

Původní využití DC motoru bylo jako chladicí ventilátor do PC. Ventilátor je upraven do podoby bez listů rotoru a okolní konstrukce tak, aby zbyl pouze hladký rotor. Na rotor je poté navinuta sekundární cívka více popsáno v kapitole 3.1.2.

$$V_{OUT} = 1,25V \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_{ADJ} \cdot (R_2) [V]$$

Rovnice 3.1 Vztah pro výstupní napětí



Obrázek 3.1 Schéma zapojení nastavitelného stabilizátoru

3.1.2 Buzení primární cívky

Hlavním zdrojem buzení primární cívky je obvod TL494 [8], řídicí obvod pulzní šířkové modulace (PWM control circuit). Blokové schéma vnitřního zapojení je na obrázku 3.2. Využití obvodu nejčastěji najdeme v počítačových zdrojích. Základními prvky je modulátor šířky impulsů (dále jen PWM), nastavitelný oscilátor, teplotně stabilizovaný zdroj referenčního napětí, zesilovač odchylky (Error Amplifier) a komparátory. Na výstupu je jako výkonový prvek použit MOSFET tranzistor BUZ11. Výstupní modulace pulzů je dána komparací řídicích signálů se signálem z oscilátoru, který má pilovitý průběh a jeho frekvence je nastavena na 110 kHz dle rovnice 3.2. Výstupní frekvence bude tedy 55 kHz. Tato frekvence byla získána měřením, aby se do rotující části přeneslo dostatečně velké napětí.

Jedním z řídicích signálů je zesilovač chybové odchylky (Error Amp viz obrázek 3.2), který vzniká zesílením vstupních odchylek. První zesilovač odchylky hlídá výstupní napětí a druhý výstupní proud, aby obvod nepřekročil svůj proudový limit. Dalším řídicím signálem je DEADTIME COMPARATOR (komparátor mrtvého chodu), který je přiveden na neinvertující vstup operačního zesilovače, pro nastavení maximální šířky výstupního impulsu. Výstup těchto komparátorů je veden do hradla OR. Následné logické obvody zajišťují připojení PWM modulátoru k výstupním budičům Q1 a Q2.

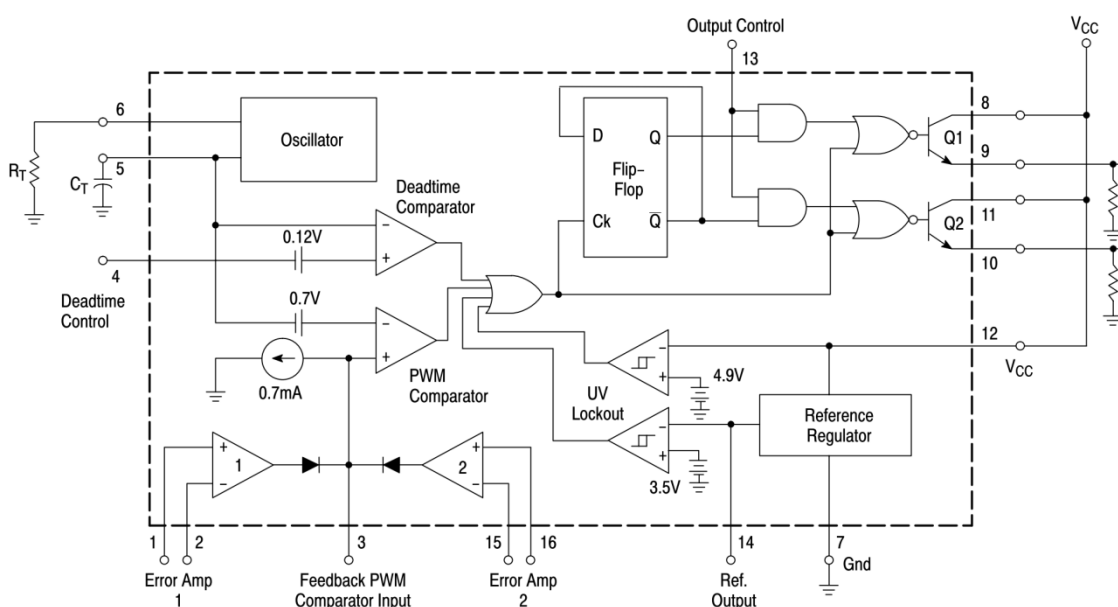
To jestli výstupní budiče budou pracovat v jednočinném (oba výstupy jsou sepnuty ve fázi) nebo dvojčinném (výstupy jsou zapojeny v protifázi) módu, určuje svorka 13. V našem případě výstup pracuje v dvojčinném zapojení a na svorku 13 je přivedeno referenční napětí

ze svorky 14. Tento výstup je povolen D klopným obvodem řízeným hranou. D klopný obvod je zapojen ve funkci známé jako dělička dvěma. Z toho vyplývá, že výstupní frekvence je polovina vstupní frekvence oscilátoru.

Cívka, kterou tento obvod budí, je navinuta na plastový prstenek a obsahuje 45 závitů. Prstenek je umístěn okolo rotoru BLDC motoru z ventilátoru počítače, na kterém je navinuta sekundární cívka o 20 závitěch.

$$f_{osc} = \frac{1,1}{R_T \cdot C_T} [Hz]$$

Rovnice 3.2 Frekvence oscilátoru



Obrázek 3.2 Blokové schéma obvodu TL494 [8]

3.1.3 Přenos energie

Pomocí induktivní vazby se přenáší napětí z primární cívky (statická část) do sekundární cívky (rotující část). Protéká-li primární cívkou časově proměnný proud, vytváří okolo sebe magnetické pole. Ve vodičích umístěných v tomto měnícím se magnetickém poli, se indukuje napětí. Indukované napětí v sekundární cívce je popsáno rovnicí 3.3 podle principu Faradayova indukčního zákona, který vysvětluje vznik elektrického napětí změnou magnetického indukčního toku. V našem případě je přenos velmi neefektivní, protože nelze použít magnetického obvodu jako je tomu u transformátorů, ale je zlepšen pomocí zvýšení frekvence.

$$u_i = N \frac{d\Phi}{dt} [V]$$

Rovnice 3.3 Indukované napětí

3.1.4 Optická závora

Optickou závoru tvoří infračervená dioda IR5 a fototranzistor, který je umístěn na rotující části, více v kapitole 4.1.3. Na statické části je k infračervené diodě zařazena do série LED dioda, která slouží k první vizuální kontrole, zda infračervená dioda svítí. To, že LED dioda svítí, není postačující podmínkou pro to, aby infračervená dioda pracovala správně. Dále LED dioda indikuje, zda na výstupních svorkách stabilizátoru je napětí.

3.2 Rotující část

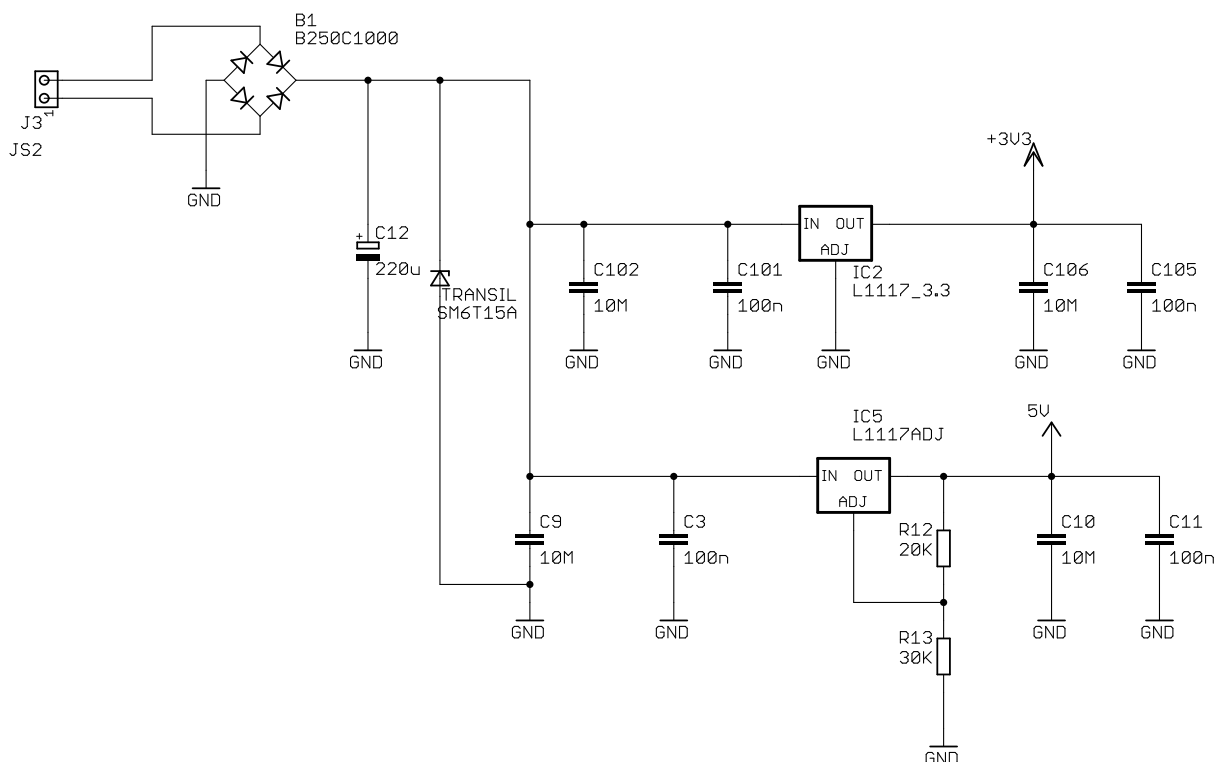
3.2.1 Rotující část obecně

Rotující část je jednou z nejdůležitějších částí celého přípravku. Tato část zajišťuje, že LED diody budou svítit přesně v ten okamžik, kdy potřebujeme. Napájení celé DPS je přivedeno ze sekundární cívky, která je navinuta na rotující části. Toto napětí je usměrněno pomocí SMD Greatzova můstku B250C. Po usměrnění je napětí vyhlazeno pomocí SMD elektrolytického kondenzátoru o velikosti 220 μF . Dále je za kondenzátor připojen transil SM6T15A, který pracuje jako přepětíová ochrana. Když je na něj přivedeno podprahové napětí, tak v podstatě v obvodu neplní žádnou funkci. Při vyšším napětí než je prahové se transil otevře a omezí napětí na velikost prahového napětí. Tato součástka je zde zařazena z důvodu ochrany před možným přepětím, které se může při tomto způsobu napájení objevit.

Dále je napětí stabilizováno na 3,3 V a 5 V pomocí nízko úbytkových (LOW-DROP) stabilizátorů LM1117DT-3.3 (pro stabilizaci na 3,3 V) a LM1117ADJ (pro stabilizaci na 5 V) zapojených na obrázku 3.1. Stabilizace na 3,3 V je vytvořena zejména pro mikroprocesor a invertor se Schmittovým obvodem. Zapojení 3,3 V stabilizace je v základním zapojení dle katalogového listu [10]. Varianta na 5 V je tvořena nastavitelným stabilizátorem a je zapojena na obrázku 3.1 (nižší zapojení), a odpory jsou nastaveny dle rovnice 3.4 tak, aby výstupní napětí odpovídalo právě 5 V. Z katalogového listu [6] vyčteme hodnoty $I_{\text{ADJ}} = 60 \mu\text{A}$, $V_{\text{REF}} = 1,25 \text{ V}$, vhodné odpory k tomuto zapojení jsou zvoleny $R_{12} = 20 \text{ K}\Omega$ a $R_{13} = 30 \text{ K}\Omega$.

Invertor se Schmittovým obvodem se vyznačuje svojí hysterezí a používá se k odstranění zákmitů od tlačítek, aby mikroprocesor poté nevyhodnocoval zákmity jako znovuspuštění tlačítek.

Stabilizátor napětí na 5 V je použit pro napájení registru typu D-Latch octal registr v obvodu 74HCT573 (dále již jen registru). Tento registr je použit pro zachycení výstupních dat mikroprocesoru, aby vlivem rušivých signálů nevznikaly náhodné stavy na LED diodách a zejména ke zvýšení napětí pro LED diody. Mikroprocesor vyšle výstupní data na vstup registru. Tato data jsou přeposlána na výstup tohoto registru za podmínky, že OE bit je nastaven do logické nuly. Po nastavení bitu OE = 0 jsou vstupní data registru poslána na výstup, kde ovládají LED diody.



Obrázek 3.3 Schéma napájení rotující části

$$V_{OUT} = V_{REF} \left(1 + \frac{R_{13}}{R_{12}} \right) + I_{ADJ} \cdot R_{12}$$

Rovnice 3.4 Vztah pro nastavení výstupního napětí

3.2.2 Výroba DPS pro rotující část

DPS byla nejdříve navržena v programu pro návrh desky plošných spojů EAGLE. Samotná výroba probíhala fotocestou. Pomocí programu EAGLE se na průhlednou fólii vytiskla, v nejvyšším kontrastu, černobílá horní i dolní předloha spojů. Tato předloha byla sesazena na oboustrannou cuprexitivovou destičku s nanosenou fotocitlivou vrstvou již od výrobce. Dále byla osvětlena UV lampou. Motiv byl vyvolán pomocí NaOH (hydroxidu sodného) a retušován lihovým fixem. Dále leptání probíhalo v chloridu železitém. Po tomto kroku již byla destička připravena k vrtání a osazení součástkami.

4 Mikroprocesor a obvod reálného času

4.1 Mikroprocesor

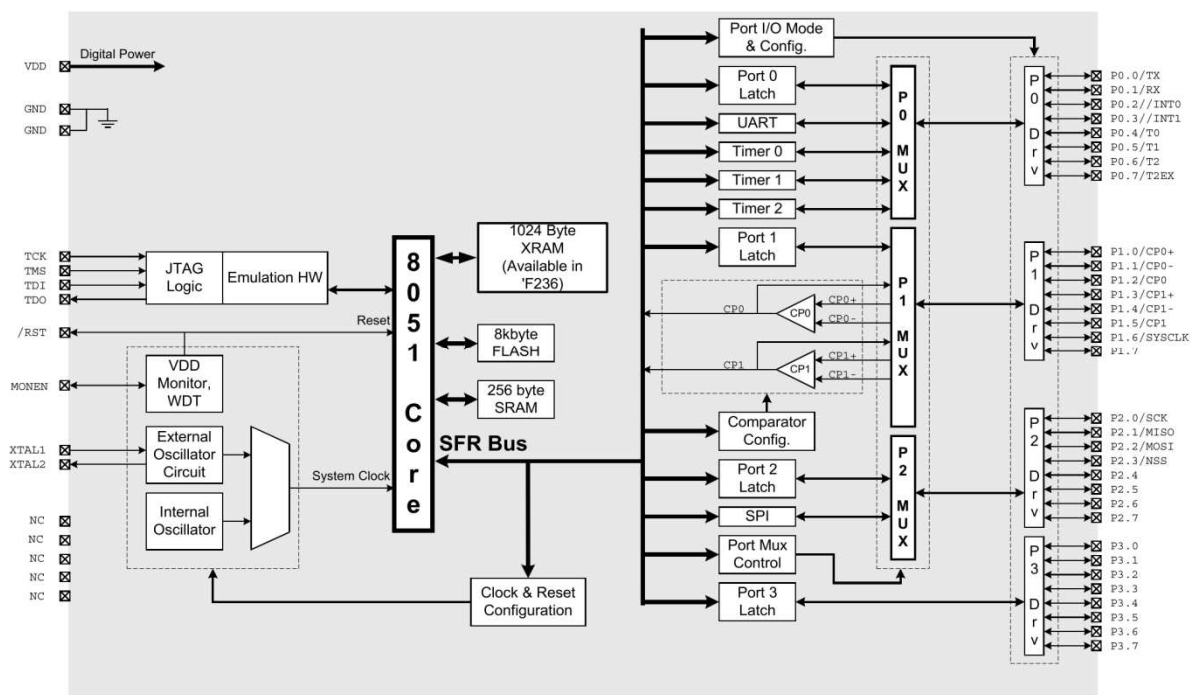
4.1.1 Požadavky na mikroprocesor

Mikroprocesor je jádrem celého zobrazovacího systému, musí obstarávat přesné časování, synchronizaci otáček a posílání dat na výstupní bránu, kde je pomocí LED diod zobrazena. Výpočetní výkon mikroprocesoru musí být dostačující pro zpracování instrukcí během jedné otáčky, která trvá přibližně 3,6ms. Dalšími požadavky jsou I²C sběrnice pro obsluhu obvodu reálných hodin (dále jen RTC) a rozhraní JTAG (Joint Test Action Group) pro připojení programátoru k mikroprocesoru.

4.1.2 Mikroprocesor C8051F236

Jde o signálový mikropočítač od firmy Silicon Laboratories, dříve známa jako Cygnal Technologies. Mikroprocesor se vyznačuje svým zřetězeným zpracováním (Pipeline), kde 70% instrukcí se provede v 1, nebo ve 2 strojních cyklech. Z hlavních použitých částí obsahuje, 256B vnitřní paměti pro data, 1024B externí paměti (XRAM), tři 16 bitové čítače/časovače (Counter/Timer), čtyři vstupně-výstupní (I/O) brány, různé druhy přerušení a JTAG. Mikroprocesor bohužel nedisponuje I²C sběrnici a proto je řešena programově.

Mikroprocesor je vyroben v 48- vývodovém pouzdře TQFP (Thin Quad Flat Package) a je napájen 3.3V. Pro přesnější a stabilnější chod mikroprocesoru je připojen externí krystal o frekvenci $f = 22,1184\text{MHz}$. Další podrobné údaje jsou popsány v katalogovém listu[9]. Na obrázku 4.1, je vidět zapojení vnitřní struktury mikropočítače, kde je zapojen například JTAG, I/O brána a čítače/časovače.



Obrázek 4.1 Vnitřní struktura C8051F236

4.1.3 Připojení mikroprocesoru k perifériím

Na obrázku 4.2 je vidět připojení mikroprocesoru k ostatním perifériím. Z obrázku 4.2 je vidět zapojení napájení 3,3V na svorky 31 a 11 (VDD, VDD_2) a uzemnění na svorkách 6, 8, 13, 32, 5. Dále připojení JTAG dle doložené dokumentace [2], kde je zapojení JTAG k mikroprocesoru a vývodové zapojení konektoru tak, aby se shodoval se zapojením programovací hlavy. Díky programovací hlavě se může program nahrát (download), ladit (debug), krokovat a vyčítat z něj proměnné. Krystal je připojen ke svorkám 9 a 10 (XTAL1, XTAL2). Je použito takzvané Pierceovo zapojení, které se vyznačuje svojí dobrou stabilitou. Hodnota kondenzátorů je 22 pF. Zapojení externího krystalu je na obrázku 4.2.

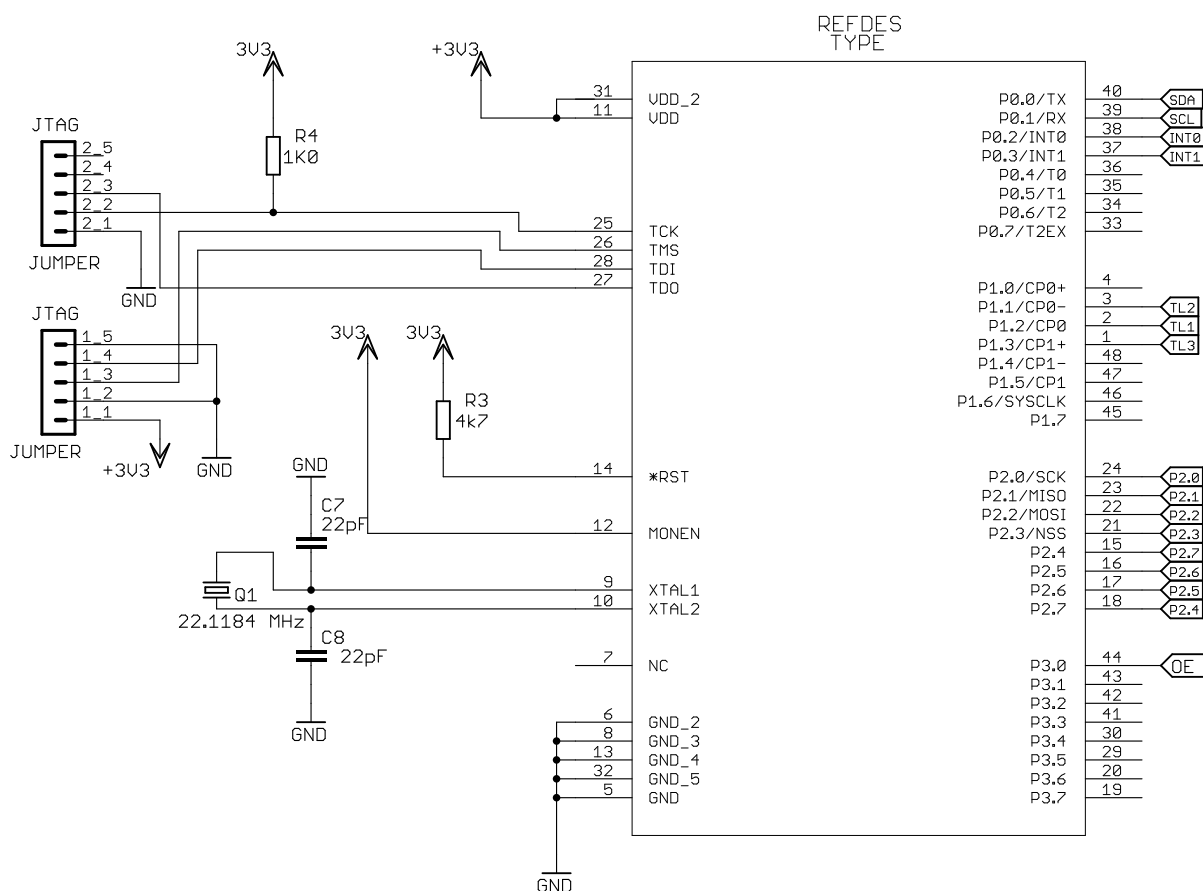
Na I/O port P1 jsou připojena tlačítka přes invertující Schmitův obvod (74HC14) viz příloha B. Tlačítka jsou v prvním případě použita pro dostání se do nabídky nastavení hodin, výpisu textu a zobrazení digitálních hodin. V nabídce nastavení hodin poté tlačítka TL1, TL2 a TL3 plní funkci nastavení hodin, minut a sekund. V ostatních nabídkách slouží pouze na přepínání zobrazených funkcí.

Celým I/O portem P2 jsou odesílána data na vstupu registru, který na svém výstupu ovládá LED diody, viz obrázek 4.2. I/O port P3 zajišťuje ovládání výstupu na LED displej, kde jedním bitem P3.0 (dále jen \overline{OE}) ovládáme registr. Když na výstupu \overline{OE} (Output Enable) je logická nula, výstupní registr přeposílá vstupní data na výstup. Jestliže je \overline{OE} nastaven do

logické jedničky, tak na výstupu registru se hodnoty nemění.

Port P0 slouží pro obsluhu dvou externích přerušení a komunikaci pomocí I²C sběrnice s obvodem reálných hodin (dále jen RTC). Externí přerušení $\overline{\text{INT0}}$ slouží pro detekci vteřinových pulzů od RTC. Přerušení $\overline{\text{INT1}}$ je od optické závory, kde impulsy do mikroprocesoru vyšle fototranzistor. Během otáčení rotující části, fototranzistor sepne při detekci infračerveného světla, které je napájeno a umístěno na statické části. Při sepnutí fototranzistoru je signál uzemněn. Tento signál je zpracováván invertujícím Schmittovým obvodem, aby nedocházelo ke zkreslení detekce otáčky, které by mělo za následek nechtěné pohybování výstupního textu. Když je tedy fototranzistor sepnut na vstupu mikroprocesoru, je logická jednička (rozepnut na vstupu mikroprocesoru logická nula).

Mikroprocesor musí mít povolena přerušení. Detekce vnějších přerušení jsou nastaveny na hranu (Edge) v registru TCON. Při přerušení se v programu obslouží daný vektor přerušení podle toho, co přerušení způsobilo. Na dané adrese přerušení je podprogram, který se má při přerušení zpracovat.



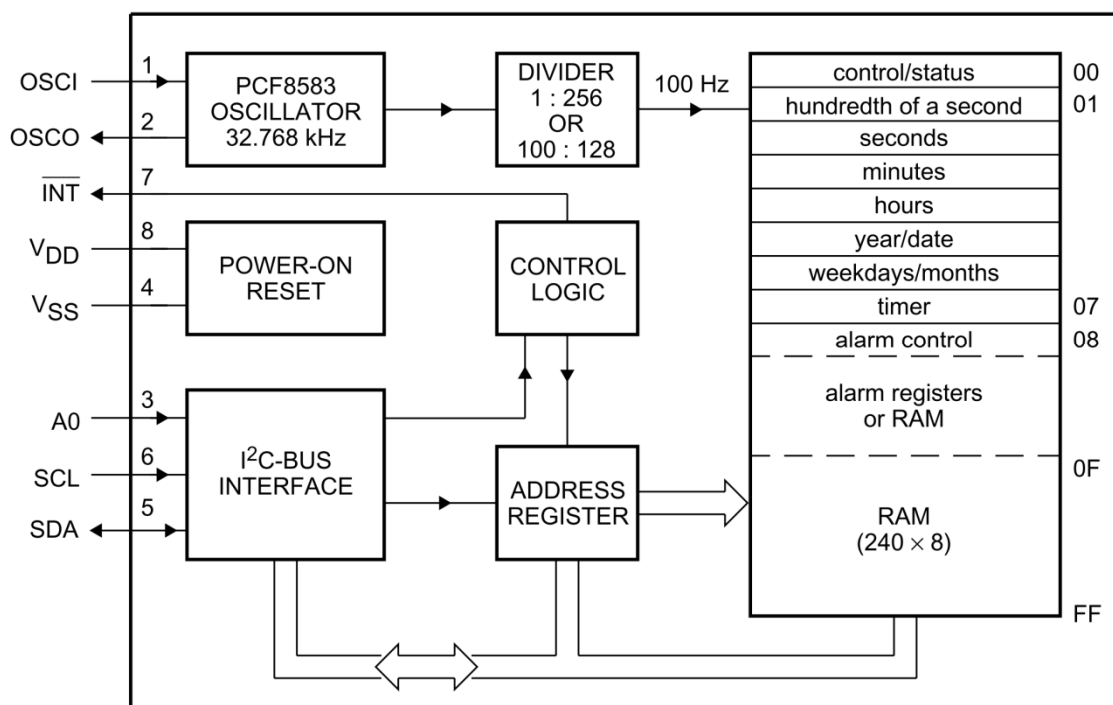
Obrázek 4.2 Schéma zapojení periférií k C8051F236

4.2 Obvod reálného času

4.2.1 Popis obvodu reálného času

Obvod PCF8583T (RTC) od firmy Philips je využit ke snadnému uschování času po odpojení napájecího napětí a při spuštění napájení ke generaci přesných vteřinových impulzů připojených na I/O bránu procesoru ($\overline{INT0}$). Tento obvod mimo jiné umí uchovávat datum a sloužit i jako alarm. Tyto funkce nejsou pro aplikaci digitálních hodin použity. Obvod je vhodný pro uchování času z důvodu velmi nízké spotřeby, a proto může být napájen pomocí baterie. Pro udržení času po odpojení napájení stačí RTC obvodu jen 20 μ A.

Paměť RTC obvodu je rozdělena na dvě části, kterou můžeme vidět na pravé straně blokového schématu na obrázku 4.3 přejatého z [4]. Prvních 8 bytů části paměti je určeno pro speciální funkční registry a dalších 8 bytů, stejně jako zbylých 240 bytů paměti, je volných pro libovolné použití, například k obslužení alarmu. V paměti na adrese od 01 až do 06 (v hexadecimálním kódu) je čas i datum inkrementován v tzv. BCD kódu (Binary Code Decimal). Do těchto registrů se ukládá nastavení hodin. Při prvním spuštění je čas vynulovaný. Pro přenos dat je použita I²C sběrnice.



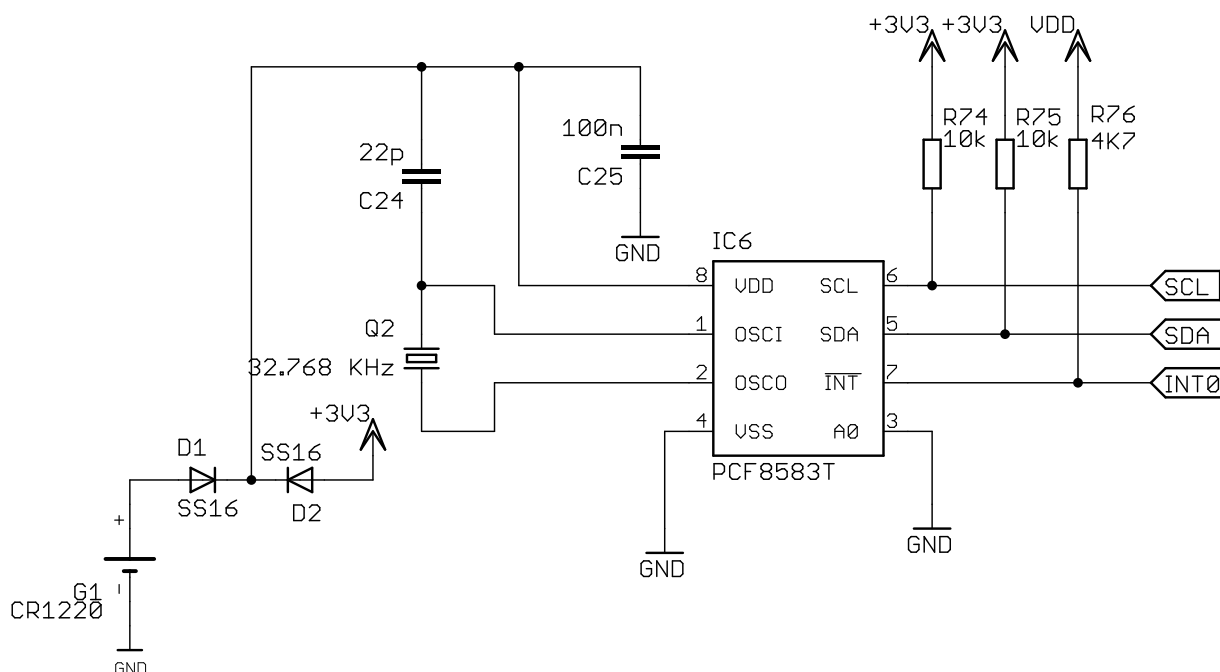
Obrázek 4.3 Blokové schéma RTC [4]

I²C sériová sběrnice se vyznačuje zejména tím, že pro obousměrnou komunikaci

používá dvou vodičů, a to SDA (datový) a SCL (synchronizační). I²C (nebo také IIC) sběrnice byla vytvořena firmou Philips pro jednoduchou komunikaci mezi integrovanými obvody. I²C sběrnice není tak častá u mikroprocesorů jako je například SPI, nebo UART. Obvody, s kterými se komunikuje, jsou vybrány adresou. Přenesená data začínají START bitem a jsou ukončena STOP bitem. Oba tyto bity využívají kombinace SCL a SDA, která se jinak v rámci nevyskytuje (signál SDA se změní i když je SCL v logické jedničce). Po vyslání START bitu následuje adresa a poté data od MSB (Most Significant Bit) až po LSB (Least significant bit).

4.2.2 Zapojení RTC

Na obrázku 4.4 je zapojen obvod PCF8583 (RTC). Ke svorce 8 (VDD) je připojeno napájení. Napájení může být buď ze stabilizátoru LM311DT- 3.3, nebo po odpojení tohoto napájení je RTC napájen z baterie. Na svorky 1 a 2 (OSCI, OSCO) je připojen vnější krystal o frekvenci $f = 32,768$ kHz. Vývody 5, 6 a 7 z RTC (v pořadí SDA, SCL a INT) vedou na port mikroprocesoru P0, který má bity portů P0.0 (TX), P0.1 (RX) a P0.2 (INT0) nastaveny pro komunikaci pomocí I²C sběrnice a na externí přerušení, které můžeme vidět na obrázku 4.4.



Obrázek 4.4 Schéma zapojení RTC

5 Programové vybavení

5.1 Popis funkcí programu

K vytvoření ovládacího programu pro použitý hardware je použito jazyka C, který patří spolu s assemblerem mezi nejrozšířenější jazyky pro tvorbu těchto aplikací. Pro vytvoření ovládacího programu pro procesor C8051F236 je použito vývojové prostředí Silicon Laboratories IDE, ve kterém se nachází definice registrů. Dalším nástrojem pro kontrolu a snazší nastavení je použit katalogový list společně s programem Wizard Config2 od společnosti Silicon Laboratories.

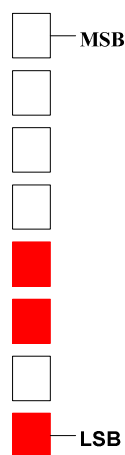
Jedna z nejdůležitějších částí ovládacího programu mimo inicializace mikroprocesoru, je měření otáček a vyhodnocování přesné pozice na rotujícím displeji. Další důležitou součástí je algoritmus hodin, kde se nachází ošetření hodin, aby nepřetekly nad 60 minut. Nedílnou částí jsou také různé výpisy na displej. Veškeré tyto funkce jsou podrobněji vysvětleny v následujícím textu.

V inicializaci mikroprocesoru je zahrnuto nastavení portů, přerušení, čítačů, časovačů společně s nastavením externího oscilátoru a jeho ustálením. I/O port 0 je nastaven v registru PRT0MX pro zachycení externích přerušení a pro softwarově řešenou I²C sběrnici. Port 2 je nastaven v registru PRT2CF. Výstup tohoto portu je zachycen 8-bitovým D-Latch registrem, který je ovládán pomocí portu 3. Důležitou částí inicializace je nastavení přerušení, které je provedeno v registru IE. Pro aplikaci je nejdůležitější externí přerušení od optické závory a také 16-bitového čítače. Díky těmto dvěma signálům je tvořeno základní jádro pro vyhodnocování pozice na rotujícím displeji, více viz kapitola 5.1.1.

Výpis na displej je tvořen ze tří základních částí. První část je výpis digitálních hodin. Toto zobrazení je předem dané dvěma poli (strukturovaný datový typ v jazyce C), z nichž jedno je dvourozměrné. V dvourozměrném poli o deseti řádcích a šesti sloupcích je uložen font, který je zobrazen na displeji. Font má rozměr pole 10 na 6, z důvodu, že jsou vypisována čísla od 0 do 9 a každé číslo je rozděleno na 6 sloupců (počet sloupců byl odvozen z měření). Druhé jednorozměrné pole je použito právě na procházení těchto sloupců dvourozměrného pole. Každá vypsaná číslice je přesně umístěna, například výpis hodiny zabírá na displeji přesně 14 sloupců (prvních šest první číslo mezera druhé číslo mezera).

Druhou částí výpisu na displej je výpis předem daného statického textu, který je uložen v jednorozměrném poli. Toto pole je procházeno a vypisují se po sobě jdoucí sloupce na displeji.

Třetím druhem zobrazení je mód nastavení digitální hodin. Nastavení hodin probíhá při přerušeném otáčení displeje, z toho důvodu když zvolíme funkci nastavení hodiny tak se hodiny automaticky vynulují. Po tomto vynulování pomocí tří tlačítek nastavujeme hodiny, minuty a sekundy. Nastavené hodnoty hodin, minut a sekund se zobrazují v binárním kódu, kde nejnižší pozice na proužku LED diod, je tzv. LSB viz obrázek 5.1 na kterém, je zobrazeno číslo 1101 (13 v desítkové soustavě). Z obslužení podprogramu nastavení hodin se do módu zobrazení hodin vrátí zpět, není-li po dobu 5 s stisknuto ani jedno z tlačítek.



Obrázek 5.1 Nastavení hodin na displeji

5.1.1 Měření otáček s vyhodnocením přesné pozice

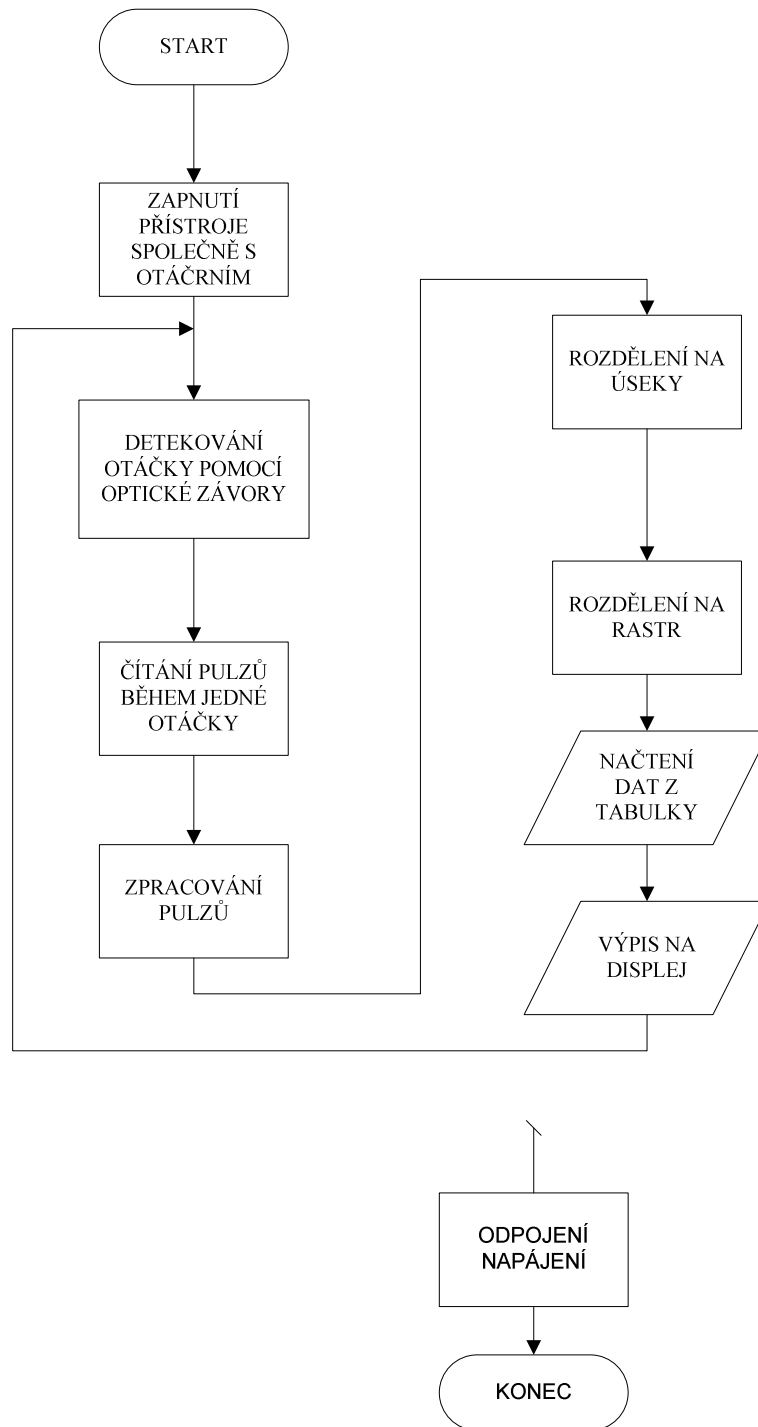
Měření otáček spočívá v tom, že při inicializaci nastavený 16-bitový čítač spustíme. V tomto čítači je přednastavena hodnota, od které se čítá. Tato hodnota byla zvolena tak, aby při otáčce, která trvá průměrně 3,7ms, se dále v programu hodnota vyhodnocovala snadněji. Uvnitř přerušení čítače se inkrementuje globální proměnná, která posléze interpretuje čas, za jak dlouhou dobu se rameno rotující části otočí kolem celé své osy. Při projetí optickou závorou se tento čas uloží do proměnné, která se dále zpracovává a původní čas se vynuluje, aby se do něj opět mohla inkrementovat přerušení od čítače. Takto uložená proměnná je rozdělena na jednotlivé úseky. Číselná hodnota úseku je dále dělena pro získání rastru. Když je úsek dělen 360- ti, lze vypisovat data na každém stupni otáčky. Pro jemnější rastr může být zvoleno vyšší číslo, ale pro námi popisovanou aplikaci to není žádoucí. Na obrázku 5.2 je zobrazen časový diagram, který znázorňuje proměnné v jedné otáčce.



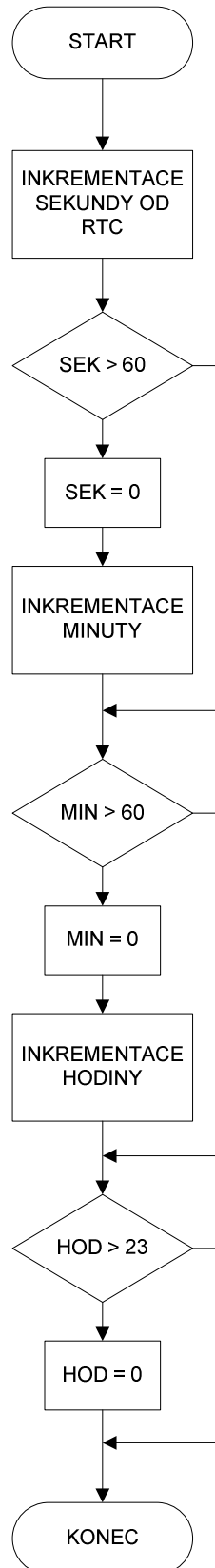
Obrázek 5.2 Rozdělení snímání otáčky

5.2 Vývojový diagram

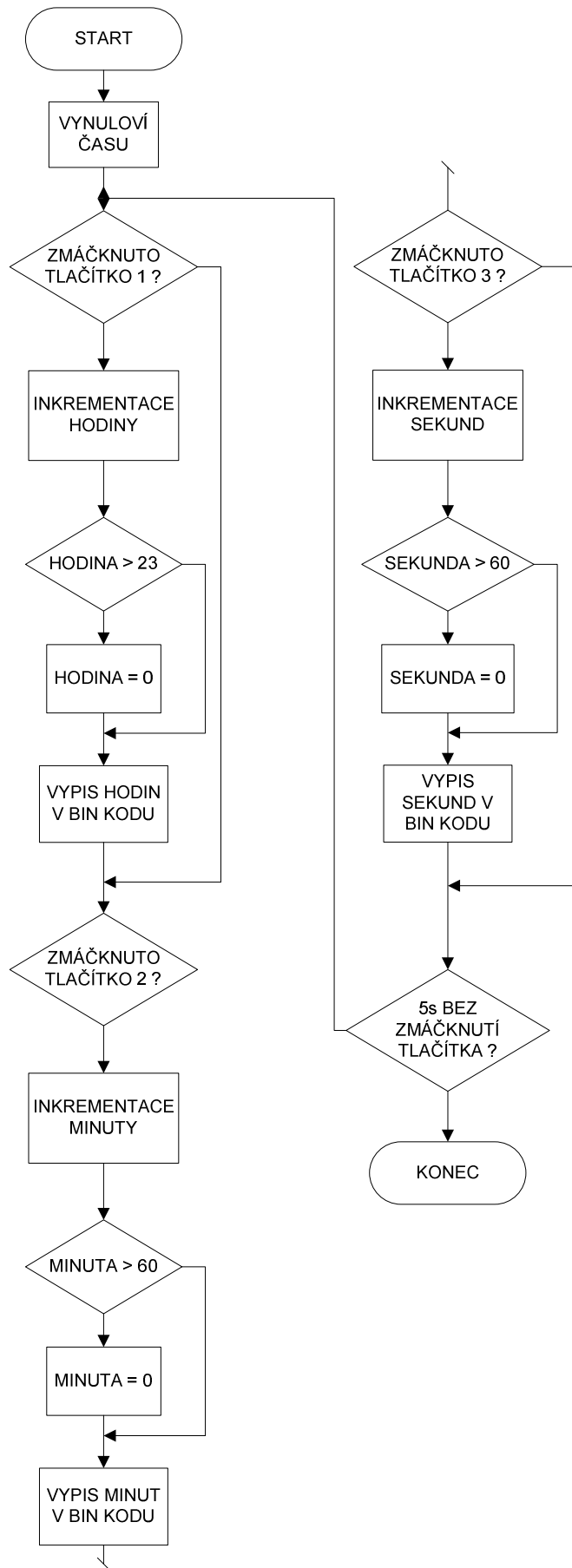
Vývojový diagram slouží pro snazší představu funkce programu. Jde o grafické vyjádření, kde jsou pomocí blokových diagramů vysvětleny jednotlivé části programu. Tyto blokové digramy jsou propojeny čarami s orientací směru. Na následujících stranách jsou uvedeny vývojové digramy jak hlavního programu, tak i jeho některých funkcí.



Obrázek 5.3 Vývojový diagram zpracování otáčky



Obrázek 5.4 Vývojový diagram algoritmu hodin



Obrázek 5.5 Vývojový diagram nastavení hodin

6 Závěr

6.1 Zhodnocení

V této práci byl úspěšně navržen a sestaven rotující LED systém válcovitého zobrazení, který jde použít například jako efektní stolní hodiny nebo také jako reklama (výpis textu). Pro rotující systém byl upraven do vhodné podoby ventilátor z PC, který pohání celou rotační část systému. Dále je pro tento motorek z ventilátoru navržena jednostranná DPS, která obsahuje nejen napájení motorku, ale také buzení primární cívky přenášející energii vzduchem do rotující části.

Další realizací byla rotační část, která obsahuje mikroprocesor C8051F236 spolu s elektronikou potřebnou k chodu zobrazení. DPS pro rotační část byla vyrobena fotocestou. Tato deska byla navržena s ohledem na to ji co nejvíce vyvážit tak, aby při rotaci nevznikaly rušivé vibrace. Obě desky plošných spojů byly navrženy v programu EAGLE.

Pro mikroprocesor byl dále napsán ovládací program v jazyce C. Ovládací program, se do mikroprocesoru nahrál pomocí rozhraní JTAG USB programátorem od firmy Silicon Laboratories. Nahraný ovládací program obsahuje zobrazení digitálních hodin včetně jejich nastavení a dále předem zvolený textový řetězec.

6.2 Další vývoj

Vývoj ohledně mechanické konstrukce by měl být nejdříve zaměřen na výměnu motorku z ventilátoru, přestože je jeho rotorová konstrukce vhodná pro navinutí cívky. Učiněno by tak mělo být proto, že svoji mechanickou konstrukcí ložisek není tento motor stavěn na otáčení rotujícího displeje. Dále by na rotující část bylo vhodné přidat zařízení pro bezdrátový přenos dat například pomocí bluetooth nebo IrDa. Bezdrátový přenos proto, aby se mohly nastavovat digitální hodiny za běhu a také pro přepínání funkcí aplikace. Jako další mechanické vylepšení by vhodné osadit rotující část více LED diodami a konkrétně RGB diodami pro různobarevné obrazce.

Vývoj ohledně ovládacího programu by mohl být zaměřen na pohyblivé barevné obrazce. S vylepšením hardwaru o dálkové ovládání by bylo možno naprogramovat i jednoduchou hru v podobě například odrážející se kuličky od stěny.

7 Seznam použité literatury

- [1] HEROUT, Pavel. *Učebnice jazyka C*. 5. vyd. České Budějovice: Kopp, 2008, 271, viii s. ISBN 978-80-7232-383-8.
- [2] KOSTA. *EC2clone - Cygnal/SiLabs JTAG adaptér - MCU-mikroelektronika* [online]. 2005 [cit. 2012-06-05]. Dostupné z: <http://mcu.cz/news.php?extend.516.3>
- [3] KOWALEWSKI, Daniel L. *Rotating display system* [patent]. United States. US 6,856,303 B2. Zapsáno 15. února 2005.
- [4] PHILIPS. *CF8583 Datasheet pdf: - Clock/calendar with 240 x 8-bit RAM* [online]. 1977 [cit. 2012-06-05]. Dostupné z: http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/philips/PCF8583_5.pdf
- [5] PINKER, Jiří. *Mikroprocesory a mikropočítače*. 1. vyd., 1. dot. Praha: BEN - technická literatura, 2008, 159 s. ISBN 978-80-7300-110-0.
- [6] NATIONAL SEMICONDUCTOR. *LM1117-ADJ: datasheet and application note* [online]. 2006 [cit. 2012-06-05]. Dostupné z: www.datasheetarchive.com/LM1117-ADJ-datasheet.html
- [7] NATIONAL SEMICONDUCTOR. *M317 Datasheet pdf: 3-Terminal Adjustable Regulator* [online]. 1996 [cit. 2012-06-05]. Dostupné z: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS009063.PDF>
- [8] ON SEMICONDUCTOR. *TL494 Datasheet pdf: Pulse-Width-Modulation (Pwm) Control Circuit* [online]. 2004 [cit. 2012-06-05]. Dostupné z: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/c/0hoe562z3844z85q9ppxcz3t33ky.pdf>
- [9] NATIONAL SEMICONDUCTOR. *LM1117-3.3 MDC Datasheet pdf: 800mA Low-Dropout Linear Regulator* [online]. 2004 [cit. 2012-06-05]. Dostupné z: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/8/0uzr32fcc5ych0637cho90kh7f3y.pdf>
- [10] SILICON LABORATORIES. *C8051F2xx: Mixed Signal 8 kB ISP Flash MCU Family* [online]. 2005 [cit. 2012-06-05]. Dostupné z: <http://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/C8051F2xx.pdf>
- [11] HAWLICZEK, Petr. *Světlo: Točící se hodiny* [online]. 2005 [cit. 2012-06-05]. Dostupné z: <http://hawelson.blog.cz/0705/virtualni-tocici-se-hodiny-propeller-clock>
- [12] SLIŽ, Jiří. *Rotující LED zobrazovač*. Ostrava, 2010. Dostupné z: fsinet.fsid.cvut.cz/stretech/2010/stretech_2010_sbornik/.../1061.pdf. Středoškolská odborná činnost. Střední průmyslová škola elektrotechniky a informatiky.
- [13] KREJČÍŘÍK, Alexandr. *Napájecí zdroje II. Integrované obvody ve spínacích zdrojích*. 1. vyd. Praha: BEN, 1996, 351 s. ISBN 80-860-5603-1.

Přílohy

Příloha A – Schéma zapojení statické části

Příloha B – Schéma zapojení rotující části

Příloha C – DPS statické části

Příloha D – DPS rotující části horní potisk

Příloha E – DPS rotující části spodní potisk

Příloha F – Osazení statické části

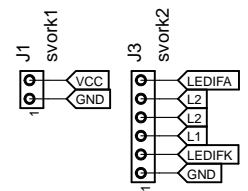
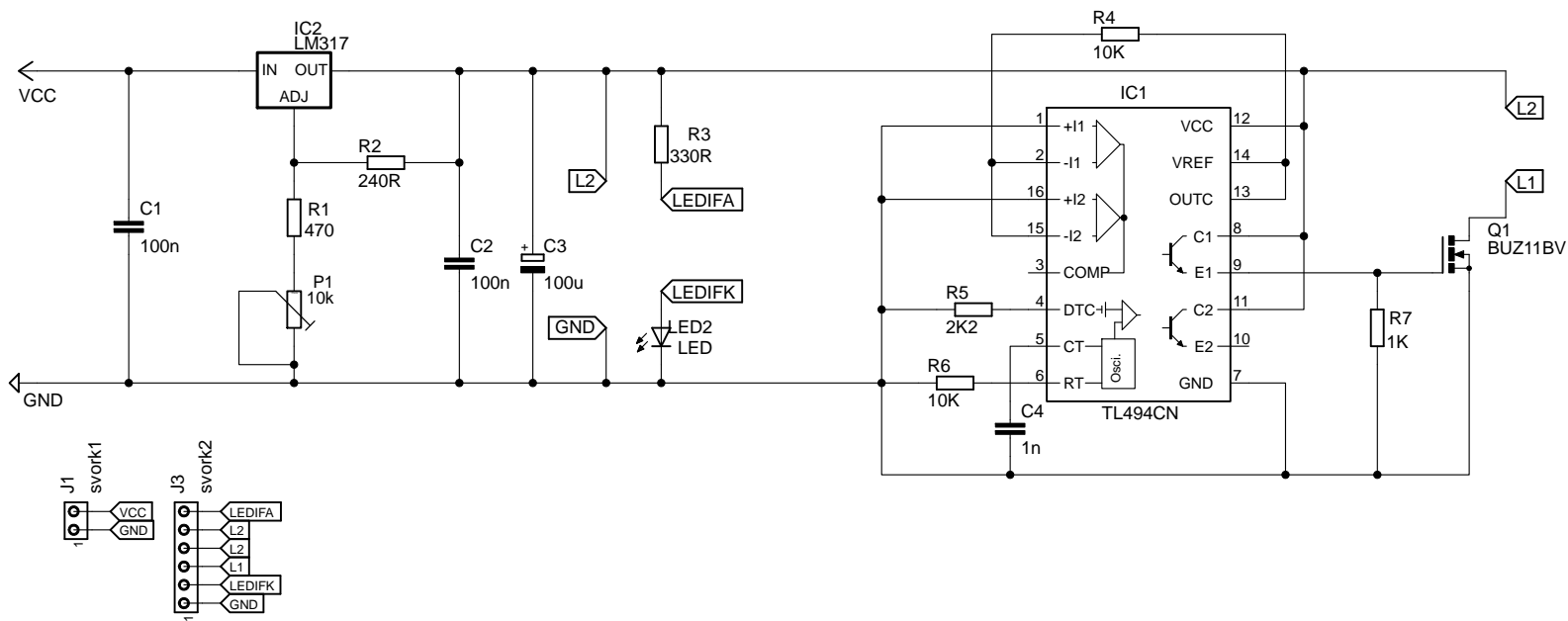
Příloha G – Osazení rotující části horní

Příloha H – Osazení rotující části spodní

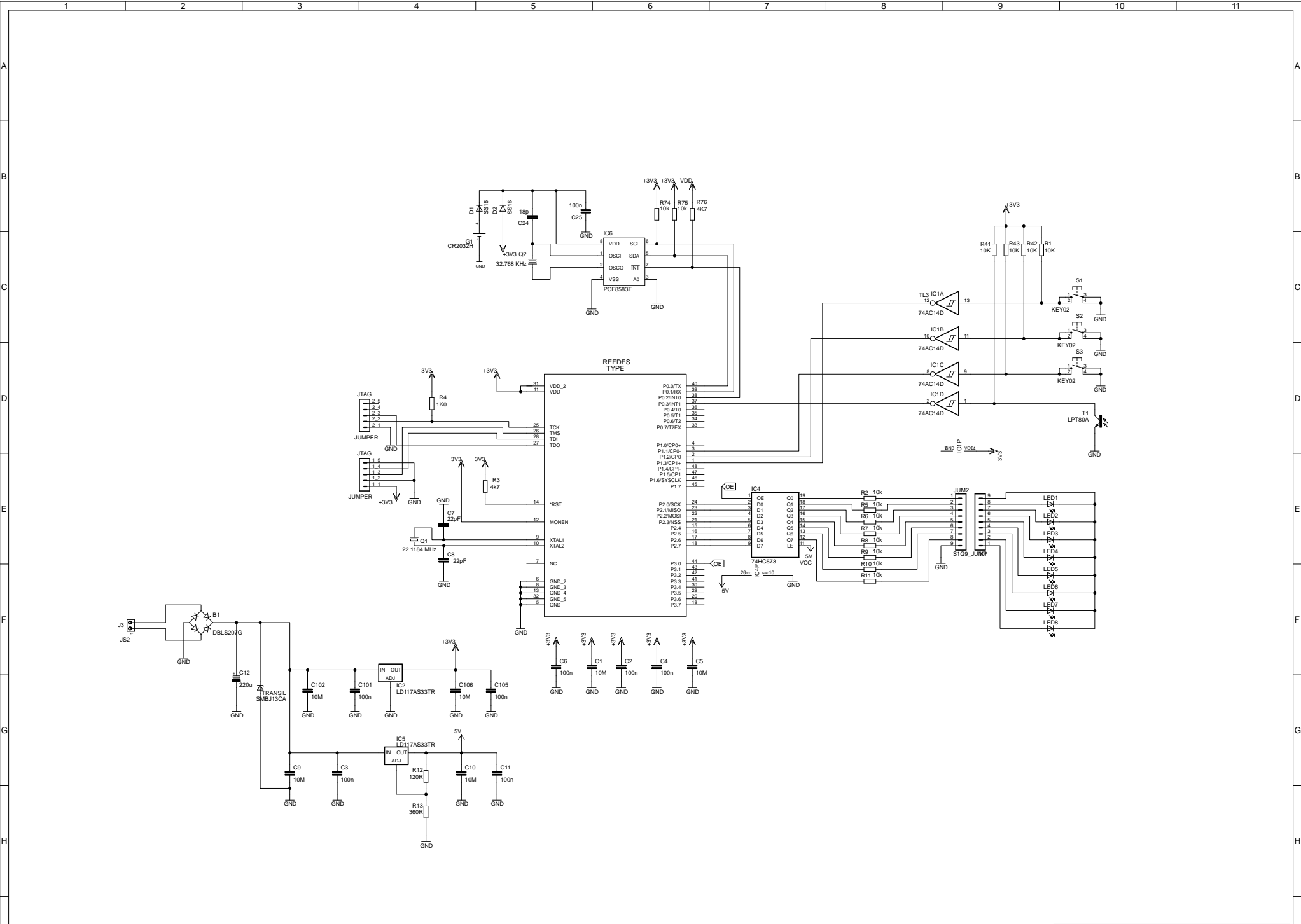
Příloha I – Zobrazení displeje

Příloha J – Celková konstrukce

Příloha K – Výpis programu v jazyce C (na CD)



TITLE: Schema zapojeni staticke casti (A)	
Document Number:	REV:
Date: not saved!	Sheet: 1/1



TITLE: Schema zapojeni rotujici casti(B)	
Document Number:	REV:
Date: not saved!	Sheet: 1/1

1

2

3

4

5

6

A

A

B

B

C

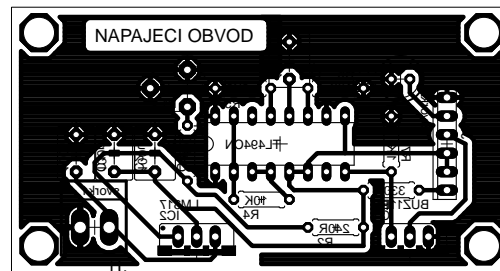
C

D

D

E

E



TITLE: DPS staticka cast (C)	
Document Number:	REV:
Date: not saved!	Sheet: >SHEET

1

2

3

4

5

6

A

A

B

B

C

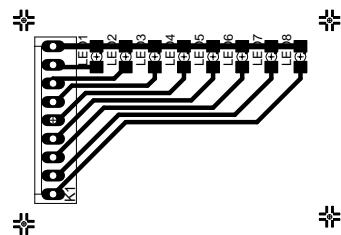
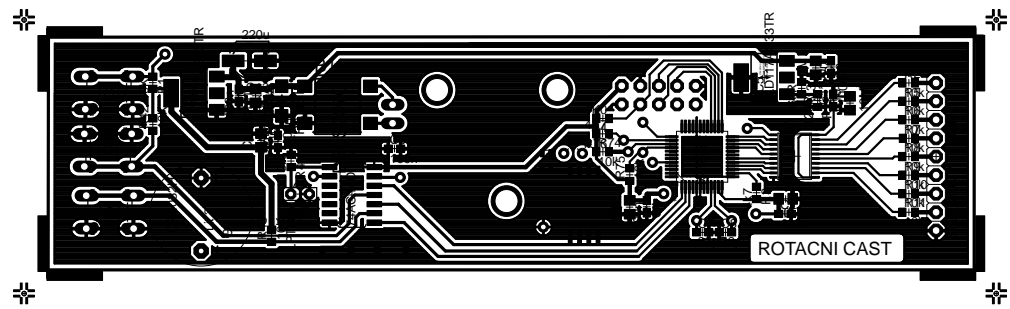
C

D

D

E

E



TITLE: DPS rotujici cast horni potisk (D)	
Document Number:	REV:
Date: 4.6.2012 22:48:54	Sheet: >SHEET

1

2

3

4

5

6

A

A

B

B

C

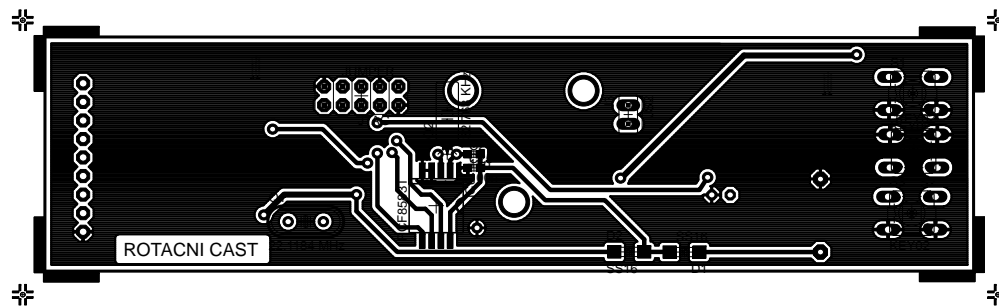
C

D

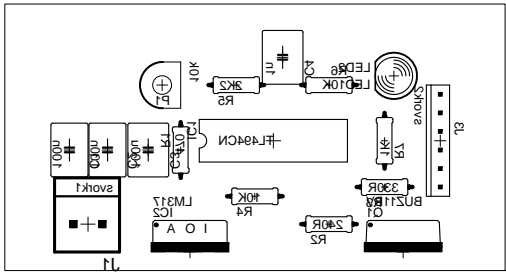
D

E

E



TITLE: DPS rotujici cast spodni potisk (E)	
Document Number:	REV:
Date: not saved!	Sheet: >SHEET



TITLE: Osazeni staticke casti (F)

Document Number:

REV:

Date: 4.6.2012 23:33:06

Sheet: >SHEET

A

B

C

D

E

1

2

3

4

5

6

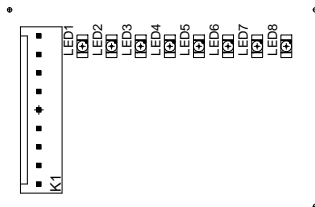
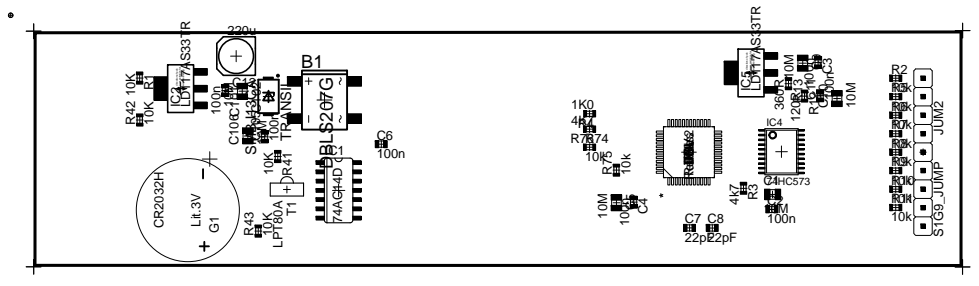
A

B

C

D

E



TITLE: Osazeni rotujici casti (G)	
Document Number:	REV:
Date: 4.6.2012 23:05:35	Sheet: >SHEET

1

2

3

4

5

6

A

A

B

B

C

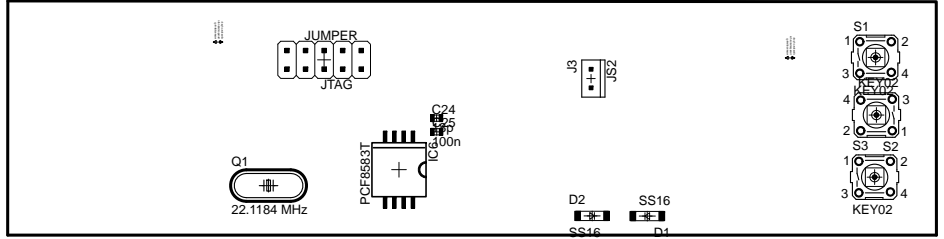
C

D

D

E

E



>SHEET Sheet:	not saved! Date:
REV:	Document Number:
Osazeni rotujici casti dolni (H) TITLE:	



