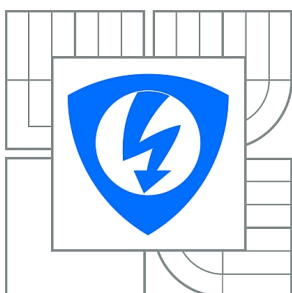




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ**

**ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

# **ČÍSLICOVÉ HODINY S POVRCHOVĚ MONTOVANÝM MATICOVÝM DISPLEJEM**

DIGITAL CLOCK WITH SURFACE MOUNTED MATRIX DISPLAY

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**TOMÁŠ FILKA**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. JOSEF ŠANDERA, Ph.D.**

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav mikroelektroniky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
**Mikroelektronika a technologie**

**Student:** Tomáš Filka

**ID:** 125418

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2012/2013

## NÁZEV TÉMATU:

**Číslicové hodiny s povrchově montovaným maticovým displejem**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte a realizujte funkční vzorek číslicových hodin s budíkem které budou řízeny radiovým signálem DCF77. Jako zobrazovací jednotku použijte maticový displej s hranovým připojením na základní desku.

Použijte mikrokontrolér PIC, odlaďte obslužný program a rozpracujte technologii připojení displeje na základní desku. Použijte seriově vyráběný přijímač DCF.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

**Termín zadání:** 11.2.2013

**Termín odevzdání:** 6.6.2013

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Josef Šandera, Ph.D.

**Konzultanti bakalářské práce:**

**doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.**

*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:**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem číslicových hodin řízených DCF77 signálem vysílaným z německého Mainflingu, jejichž úkolem je použití jako stolní hodiny. K zobrazování je použit maticový LED displej velikosti 8x32 ve formě modulu připájeného pomocí hranového připojení k základní desce. V práci jsou popsána možná technická řešení ovládání maticového LED displeje, způsob osazení modulu maticového LED displeje a dalších důležitých součástí a jejím výstupem je funkční vzorek těchto hodin.

## **Abstract:**

This bachelor's thesis deals with a draft of digital clock controlled by DCF77 signal transmitted from deutschland Mainflingen, designed as table clock. Matrix LED display, size 8x32, in form of a module that is soldered to a basic plate, and is used for displaying. Possible technical solutions for driving dot LED matrix, mounting technology and other parts are described and the outcome is a designed schema with printed circuit board.

## **Klíčová slova:**

Maticový LED displej, digitální hodiny, DCF77, přesný čas

## **Keywords:**

Matrix LED display, digital clock, DCF77, real time clock

## Bibliografická citace díla:

FILKA, T. *Číslicové hodiny s povrchově montovaným maticovým displejem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 38 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Josef Šandera, Ph.D..

## Prohlášení autora o původnosti díla:

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „**Číslicové hodiny s povrchově montovaným maticovým displejem**“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne 6. června 2013

.....  
(podpis autora)

## Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Josefu Šanderovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne 6. června 2013

.....  
(podpis autora)

# Obsah

<b>Obsah.....</b>	<b>5</b>
<b>Úvod.....</b>	<b>7</b>
<b>1 Teoretický úvod.....</b>	<b>8</b>
1.1 Signál DCF77.....	8
1.1.1 Modulace DCF77 signálu .....	8
1.2 Zobrazovací zařízení .....	11
LCD displej .....	11
OLED displej.....	11
LED displeje.....	11
Sedmisegmentové displeje .....	12
1.3 Mikrokontrolér .....	12
1.4 Komunikační rozhraní.....	13
1.4.1 I <sup>2</sup> C rozhraní .....	13
1.4.2 SPI rozhraní.....	14
1.5 Kapacitní snímání dotyku .....	15
<b>2 Teoretický návrh a konstrukce.....</b>	<b>17</b>
2.1 Blokové schéma .....	17
2.2 Ovládání LED displeje.....	18
2.3 Obvod času.....	19
2.4 DCF77 přijímač.....	20
2.5 Tlačítka.....	21
<b>3 Realizace zařízení.....</b>	<b>22</b>
3.1 Displej .....	22
3.2 Písmo displeje .....	23
3.3 Program mikroprocesoru.....	23
3.4 Základní deska .....	24
<b>4 Praktická měření a postřehy.....</b>	<b>27</b>
4.1 DCF77 modul.....	27
4.2 Spotřeba zařízení.....	27
<b>5 Závěr.....</b>	<b>29</b>

<b>6</b>	<b>Seznam literatury.....</b>	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>Seznam zkratk, symbolů.....</b>	<b>32</b>
<b>8</b>	<b>Seznam obrázků a tabulek.....</b>	<b>33</b>
	<b>Příloha A: Vývojový diagram hlavního programu mikroprocesoru.....</b>	<b>34</b>
	<b>Příloha B: Vývojový diagram DCF77 části programu mikroprocesoru.....</b>	<b>35</b>
	<b>Příloha C: Soupiska součástek.....</b>	<b>36</b>
	<b>Příloha D: Osazovací plán DPS.....</b>	<b>37</b>
	<b>Příloha E: Pohled na osazenou DPS.....</b>	<b>38</b>

# Úvod

Tato bakalářská práce zpracovává využití maticového SMD LED displeje a časového signálu DCF77. Cílem práce je navrhnout a sestavit zařízení pro zobrazování časové informace získané ze signálu DCF77 a její zobrazení v digitální podobě.

V první části bakalářské práce je rozebrán signál DCF77, především jeho původ, šíření, způsob modulace a kódování. Dále jsou popsány jeho hlavní výhody a nevýhody a popsány způsoby pro jeho příjem a dekodování.

Ve druhé části se práce zabývá realizací číslicových hodin na maticovém SMD LED displeji, které jsou synchronizovány pomocí DCF77 signálu. Také jsou zde popsány další důležité součásti obvodu, především řídicí obvody pro řízení displeje, přijímací část DCF77 signálu, obvod času a použitý mikroprocesor.

Třetí část je věnována praktické a softwarové části, která byla implementována do řídicího mikroprocesoru.

# 1 Teoretický úvod

V současné době lze na trhu nalézt velké množství digitálních hodin, které jsou ve většině případů složeny pouze ze 7-segmentových LED displejů, případně s LED podsvícením. I když je na trhu spousta modulů s maticovými LED displeji, jejich použití pro domácí hodiny nebo budíky je téměř nulové. Pravděpodobně je to dáno vyšší cenou LED diod a jejich spotřebou, díky které je provoz na baterie velmi nevhodný.

## 1.1 Signál DCF77

DCF77 je rádiová stanice vysílající dlouhovlnný (tzv. frankfurtský) časový signál, podle kterého se mohou synchronizovat zařízení vybavená odpovídajícím přijímačem (např. některé rádiové hodiny, hodinky a především budíky) [1].

Signál DCF77 vychází z rádiové vysílací stanice v Mainflingenu, asi 25 km východně od Frankfurtu nad Mohanem ve Spolkové republice Německo [2]. Toto umístění bylo zvoleno záměrně díky velice dobrým šířícím vlastnostem a umístění přibližně ve středu Evropské unie.

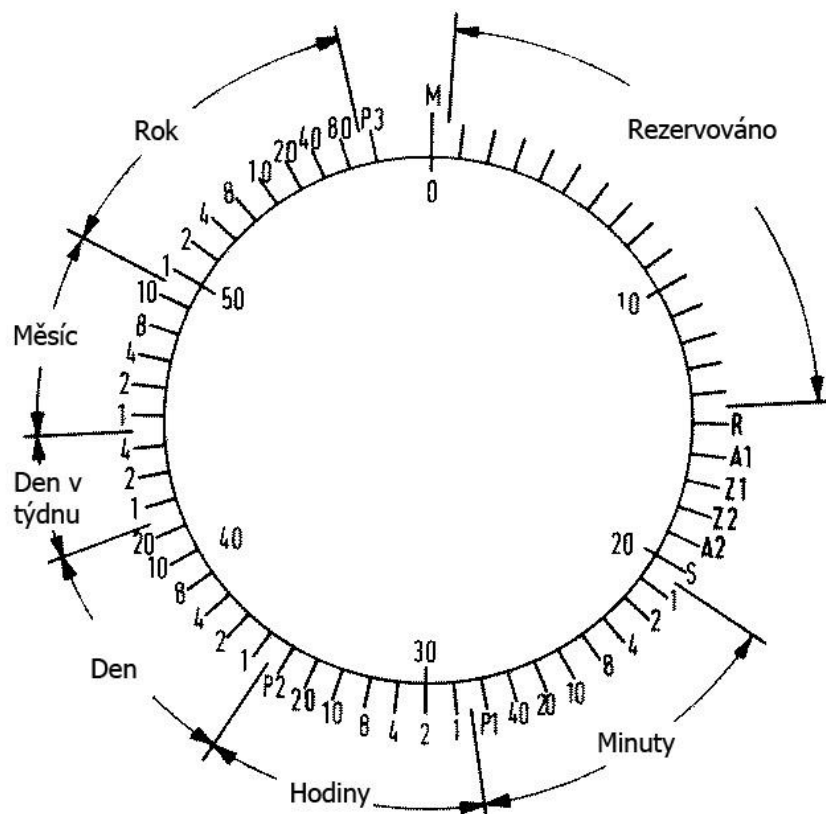
Stanice začala vysílat již v roce 1959. Vysílač má výkon 50 kW s odhadovaným vyzářeným výkonem (ERP) asi 30 kW. Dosah vysílače je dle údajů Spolkového fyzikálně-technického ústavu (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, dále jen PTB) kolem 2000 km. K vysílání je určena 150 m vysoká (případně 200 m vysoká záložní) vertikální všesměrová anténa [2].

Nosná frekvence je 77,5 kHz a tato hodnota se neodchyluje od jmenovité hodnoty o více než  $10^{-12}$  týdně. Relativní nepřesnost za více než 100 dní je pouze  $2 \cdot 10^{-13}$ . Přesnou frekvenci zajišťují atomové hodiny umístěné přímo ve vysílací stanici [1].

Zhruba od roku 2003 obsahuje DCF77 signál také informaci o předpovědi počasí pro některé regiony v Evropě [3].

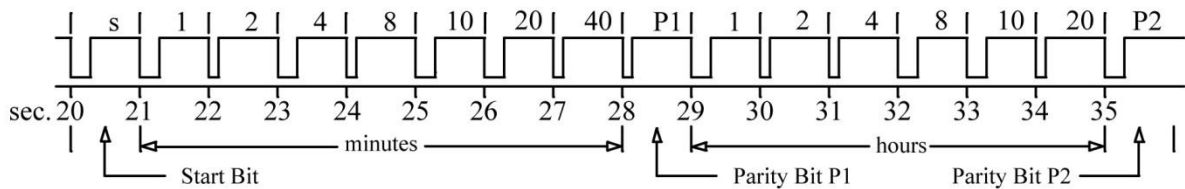
### 1.1.1 Modulace DCF77 signálu

Nosná frekvence je modulována amplitudově sekundovými znaky. Na začátku každé sekundy (s výjimkou 59. sekundy) je amplituda nosné snížena na dobu 100 ms (logická nula) nebo 200 ms (logická jednička) asi na 25% maxima. Začátek snížení nosné je přesný začátek sekundy. Nesnížení 59. sekundy oznamuje následující minutový znak. Každou minutu jsou tedy přenesena data obsahující informaci o minutě, hodině, dni, dni v týdnu, měsíci a poslední 2 čísla roku (pro rok 2013 je to 13). Tyto informace jsou přenášeny v BCD (Binary Code Decimal) kódu. Minutový rámeček obsahuje vždy informace pro nadcházející minutu. Pořadí přenosu jednotlivých bitů je na obr. 1, sekundové znaky jsou fázově synchronní s nosnou. Díky radiovému přenosu mohou být jednotlivé body sekundových znaků přijímány s větší nejistotou než u řízených atomových hodin. Příčinou toho je nepatrná šířka pásma vysílací antény, vlivy prostorových vln a možné interference. Přesto jsou při příjmu sekundových znaků ve vzdálenosti několika stovek kilometrů od vysílače dosažitelné nejistoty přijímaných časových bodů nižší než 0,1 ms [2]. Detail reálného signálu DCF77 je na obr. 2.



Obr. 1 - Kódování časové informace (převzato z [1], upraveno)

Example: 19.35 h



Obr. 2 - Příklad části přijatého DCF77 signálu (převzato z [4])

Kompletní popis jednotlivých bitů je vidět v tab. 1.

Tab. 1 - Význam bitů DCF77 signálu (převzato z [5], upraveno)

Bit	Název	Popis	Význam
0-14			Vysílání varovných zpráv, počasí
15	R	Vysílací anténa	0 – standartní anténa 1 – záložní anténa
16	A1	Oznámení 1	1 – Následující hodinu dojde k přestupu na letní čas
17	Z1	Časová zóna 1	01 - CET (Central European Time)
18	Z2	Časová zóna 2	10 – CEST (Central European Summer Time)
19	A2	Oznámení 2	1 – Následující hodinu bude vložena přestupná vteřina
20	S	Startovní bit	Vždy 1 – Indikace začátku přenosu kódované časové informace
21-27		Minuty	7-bitů v BCD formátu pro přenos minuty (00...59)
28	P1	Paritní bit 1	Sudá parita pro minuty
29-34		Hodiny	6-bitů v BCD formátu pro přenos hodiny (00...23)
35	P2	Paritní bit 2	Sudá parita pro hodiny
36-41		Den v měsíci	6-bitů v BCD formátu pro přenos dne v měsíci (01...31)
42-44		Den v týdnu	3-bity v BCD formátu pro přenos dne v týdnu (001 – Pondělí až 111 – neděle)
45-49		Měsíc	5-bitů v BCD formátu pro přenos měsíce (01...12)
50-57		Rok	8-bitů v BCD formátu pro přenos posledního dvojčíslí roku (00...99)
58	P3	Paritní bit 3	Sudá parita pro datum

Prvních 14 bitů bylo do roku 2003 využíváno pro přenos servisních informací. Tyto informace nebyly přenášeny pravidelně a pro lepší využití těchto bitů je od roku 2003 na jejich pozicích vysílána informace veřejného varování (např. před přírodními katastrofami), předpověď počasí nebo data třetí strany. Za tyto bity nenese PTB žádnou zodpovědnost [3].

Dodatečně k amplitudové modulaci sekundovými značkami je nosná DCF77 klíčována od roku 1983 pseudonáhodnou posloupností PRPSK (Pseudo-random phase-shift keying). Toho je dosaženo tak, že je fáze nosné klíčována pseudonáhodnou binární sekvencí délky 511 ( $2^9-1$ ), přičemž střední hodnota fáze nosné zůstane nezměněna díky stejnému počtu nulových i jedničkových bitů[3].

Pseudonáhodná sekvence je generována devítibitovým posuvným registrem, jehož výstupy na 5. a 9. bitu jsou vedeny přes hradlo XOR zpět na vstup posuvného registru. Pokaždé po uplynutí 200 ms od počátku sekundy je spuštěn posuvný registr ze stavu nula. Registr se zastaví po uplynutí úplného cyklu, což je přibližně 7 ms před dalším sekundovým znakem. Registr je taktován frekvencí 645,8333333 Hz což je 120. subharmonická nosné frekvence 77,5 kHz. Doba celého cyklu posuvného registru je necelých 793 ms [2].

V souladu s předpisy Mezinárodní telekomunikační unie (ITU - International Telecommunication Union) je nutná identifikace vysílacích stanic, jejichž rozsah překračuje státní hranice. Tyto vysílače musí být identifikovány volací značkou v souladu se sérií volacích značek přidělených každé zemi a musí být zapsána v mezinárodním seznamu frekvencí. Série volacích značek přidělených Spolkové republice Německo začíná na DAA a končí na DRZ. Pro vysílač DCF77 jsou volací značky určeny následovně: D jako označení Německa (Deutschland), C je určeno pro identifikaci dlouhovlnných vysílačů, F je zvoleno pro vysílače vysílací stanice Mainflingen (vzhledem k její blízkosti k Frankfurtu nad Mohanem) [6]. Vzhledem k tomu, že tato stanice vysílá na více dlouhovlnných kmitočtech, bylo ke značce přidáno číslo 77, protože nosná signálu DCF77 je na kmitočtu 77,5 kHz [3]. V současné době je volací značka DCF77 vysílána v Morseově abecedě třikrát za hodinu, pokaždé dvakrát za sebou, v 19., 39. a 59. minutě, během sekund 20–32. Každé písmeno (resp. číslo) je vysíláno mezi dvěma sekundovými značkami, obdélníkovou modulací nosné o frekvenci 250 Hz, pokles amplitudy nosné je ze 100 % na asi 85 %. Volací značka je vysílána bez přerušení vysílání časových značek [2].

## 1.2 Zobrazovací zařízení

V této části jsou popsány druhy zobrazovacích zařízení, které lze dnes snadno koupit a popsány jejich vlastnosti.

### LCD displej

LCD (anglicky Liquid Crystal Display – displej z tekutých krystalů) displeje jsou dnes velmi kvalitní a umožňují dosáhnout i vysokých rozlišení. Princip LCD displejů spočívá v umístění roztoku s tekutými krystaly mezi dvě vrstvy polarizačního materiálu a dva polarizační filtry, kdy průchodem elektrického proudu jsou krystaly natočeny a dochází k polarizaci světla, které následně může projít filtrem. Jako podsvětlení se u těchto displejů používají buď CCFT trubice nebo LED diody. Nevýhodou těchto panelů může být nižší svítivost a špatná viditelnost z větší vzdálenosti.

### OLED displej

OLED (Organic light-emitting diode – elektroluminiscenční diody na organické bázi) technologie vznikla teprve v roce 1987 a dnes se její modifikace používají především u mobilních telefonů díky jejich vysokému rozlišení, viditelnosti i na slunci a vysoké tepelné odolnosti. Bohužel i tato technologie má jisté nevýhody jako například ztráta intenzity a velmi vysoká cena.

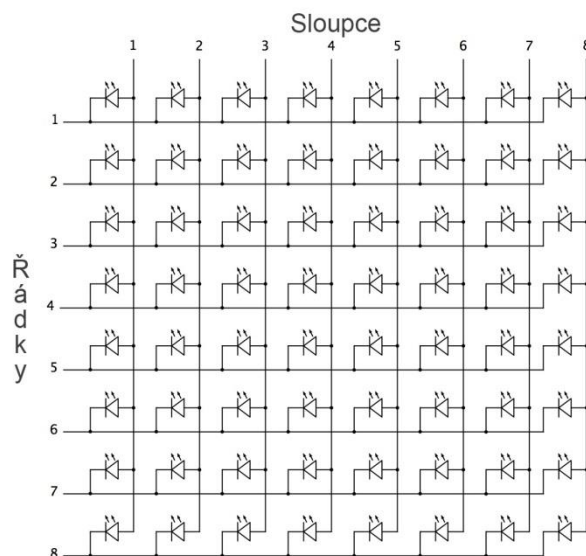
### LED displeje

LED (z anglického Light Emitting Diode - diody emitující světlo) displeje jsou založeny na elektroluminiscenčních diodách. Elektroluminiscenční dioda obsahuje PN přechod, na kterém po přiložení napětí v propustném směru dojde k injekci nosičů náboje přes tento přechod. Při následné rekombinaci elektronu a díry dojde k emisi energie rovné přibližně šířce zakázaného pásu. Tato energie může být vyzářena ve formě fotonu. Pravděpodobnost vyzáření fotonu je výrazně větší pro polovodiče přímozónové. Pro výrobu LED diod se zpravidla používají materiály sloučenin prvků 3. a 4. skupiny periodické soustavy prvků jako je GaAs (Galium Arsenid), GaP (Galium Fosfit) nebo SiC (Karbid Křemíku).

K důležitým vlastnostem LED patří svítivost, jejíž základní jednotkou je Candela [Cd]. 1 Candela je svítivost světelného zdroje, který v daném směru emituje (vyzařuje) monochromatické záření o frekvenci  $540 \times 10^{12}$  Hz a jehož zářivost (zářivá intenzita) v tomto směru činí 1/683 wattů na

jeden steradián. Jedná se o katalogový údaj vztažený k hodnotě proudu protékající diodou (např. 45 mCd@20 mA).

Maticové LED displeje jsou speciální displeje, kdy je vždy několik LED diod zapojených do matice. Například modul 8x8, kdy osm anod LED diod je ve sloupci spojeno dohromady a stejně tak 8 katod v řádku (viz obr. 3). Tyto displeje vynikají velmi dobrou čitelností, a jelikož jsou LED diody samy zdrojem světelného záření, nevyžadují maticové displeje žádné další podsvícení. Jejich další výhodou může být cena, která je ovšem úměrná počtu bodů displeje. I když maticové LED displeje mají malé rozlišení, není to považováno za nevýhodu, protože takovéto displeje pozorujete z větší vzdálenosti. Nevýhodou ovšem může být vyšší spotřeba energie, kterou je ovšem možné snížit použitím novějších diod s vyšší svítivostí a nižším pracovním proudem. Tyto vysoce svítivé LED diody mají bohužel vyšší cenu.



Obr. 3 – Příklad zapojení matice 8x8 LED diod

## Sedmisegmentové displeje

Tento typ displejů je velmi oblíbený u levných domácích hodin. Jedná se o osm diod uspořádaných tak, že je možné zobrazit libovolnou číslici a desetinou tečku. Lepší segmentové displeje se mohou skládat i z více diod a umožňovat zobrazení nejen čísel, ale i písmen. Tyto displeje mají dobrou čitelnost, ovšem k jejich ovládnutí je ve většině případů nutný převodník pro snížení nároků na počet pinů.

## 1.3 Mikrokontrolér

Mikrokontroler (MCU) je monolitický integrovaný obvod skládající se z procesoru, paměti, programovatelným vstupně-výstupním rozhraním a případně dalšími periferními obvody. Mikrokontroléry se dělí podle několika hledisek, především podle architektury na Harvardskou a Von Neumannovu., dále podle instrukčních sad na RISC (Reduced Instruction Set Computing) a CISC (Complex Instruction Set Computers) [7]. Harvardská architektura je architektura, která fyzicky odděluje paměť programu a dat a jejich spojovací obvody. Mikrokontroléry s instrukční sadou RISC mají menší instrukční soubor než CISC, tedy na vykonání složitější operace potřebují více instrukcí. Dalším dělením může být šířka zpracovaného slova. Tedy lze mikrokontroléry rozdělit na 8-bitové, 16-bitové a 32-bitové mikroprocesory. Platí ale, že i na 8-bitovém mikrokontroléru je možné pracovat s 32-bitovými operandy. Avšak tuto operaci je nutné provést ve více instrukčních cyklech, což zabere delší čas.

## 1.4 Komunikační rozhraní

Komunikační rozhraní slouží pro přenos informace z jednoho zařízení (vysílače) do druhého (přijímače). Rozhraní je možné rozdělit na:

- Bezdrátové
- Drátové

Mezi bezdrátová patří například technologie Bluetooth, Wifi, IRDA atd. Hlavní výhodou tohoto přenosu je mobilita – není nutné fyzické propojení obou zařízení. Bohužel je ale tato technologie náchylnější k rušení.

Drátová rozhraní tedy používají přesně vymezený počet komunikačních kabelů a přenos mezi zařízeními může být buď sériový (jednotlivé bity jsou přenášeny po sobě) nebo paralelní (bity jsou posílány současně). Drátová rozhraní je možné dále rozdělit na elektrická či optická.

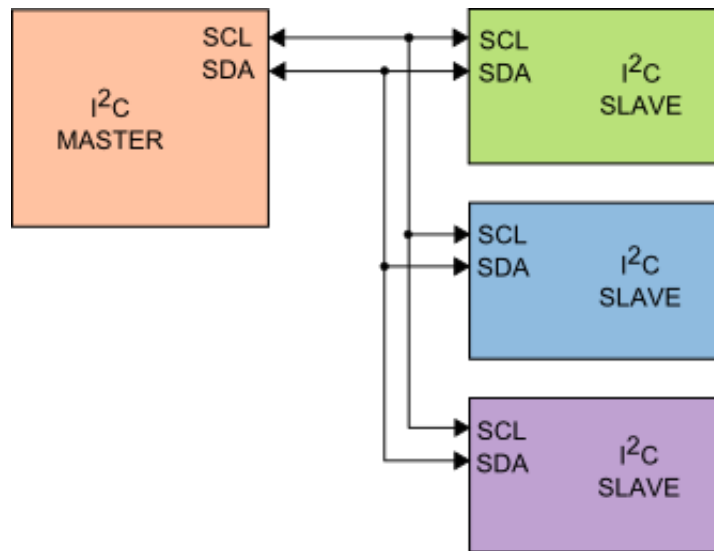
### 1.4.1 I<sup>2</sup>C rozhraní

I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit) je dvou vodičová sériová sběrnice vyvinutá firmou Phillips. Slouží pro komunikaci a přenos dat mezi jednotlivými integrovanými obvody, jako jsou teplotní čidla, paměti displeje ale i další mikrokontroléry, většinou v rámci jednoho zařízení [8].

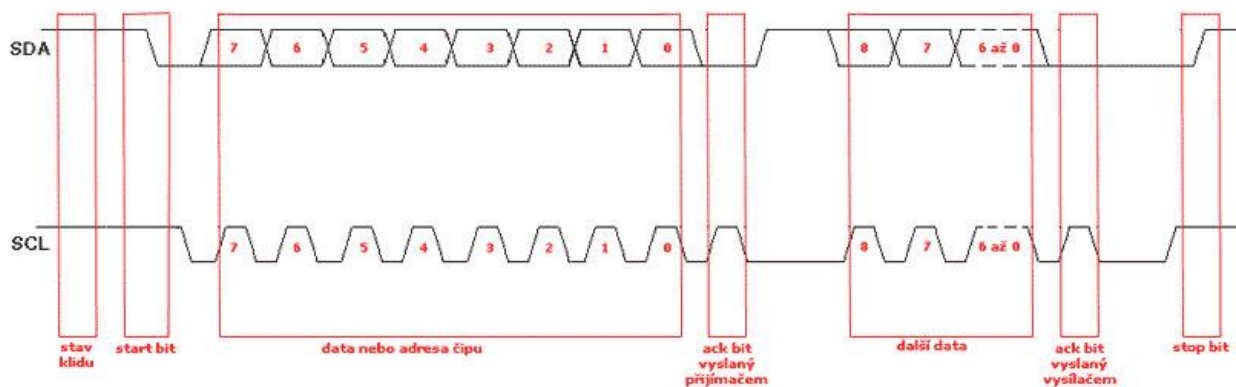
Sběrnice se skládá ze 2 vodičů: SDA (Seriál Data Line) a SCL (Serial Clock Line). Vodič SDA slouží pro přenos samotných dat a vodič SCL potom pro přenos hodinového signálu. Na jednu sběrnici může být připojeno více integrovaných obvodů. V základu jsou obvody adresovány 7-bitově a v rozšířené verzi 10-bitově. To umožňuje připojení 128 resp. 1024 čipů s různou adresou na jednu společnou sběrnici. V praxi jsou tato čísla však podstatně nižší, jelikož adresu čipu většinou nelze určit plnými 7 (10) bity, ale třeba jen třemi. Někdy ji nelze určit vůbec a je dána na pevně pro daný typ čipu - takových čipů tedy na jedné sběrnici nemůže být více než jeden. Přenosová rychlost sběrnice je v základní verzi 100kHz. Ve vylepšených verzích to může být 400kHz nebo dokonce 1MHz [8].

Přenos probíhá kombinováním následujících bloků:

- Stav klidu - Je zajištěn logickými jedničkami na obou vodičích, master tedy negeneruje na hodinový signál a neprobíhá žádný přenos.
- start bit - Zahajuje přenos nebo jeho další část. Je vygenerován tak, že se změní úroveň SDA z 1 na 0 zatímco je SCL v logické 1.
- stop bit - Ukončuje přenos. Je vygenerován podobně jako start bit. Logická úroveň SDA se změní z 0 na 1 zatímco je SCL v logické 1.
- přenos dat - Data jsou přenášena po 8 po sobě jdoucích bitech od nejvyššího po nejnižší. Při přenosu dat se může logická úroveň na SDA měnit pouze pokud je SCL v logické 0. Při každém pulzu na SCL je přenesen jeden bit.
- potvrzující bit ACK (Acknowledgement) - Tento bit slouží k potvrzení správného přijetí dat. ACK bit se odesílá stejným způsobem jako by se odesílal devátý bit dat, ale s tím rozdílem, že ho generuje čip, který přijímal (přijímač)



Obr. 4 - Sběrnice I<sup>2</sup>C: jedno řídicí (master) a tři podřízená (slave) zařízení

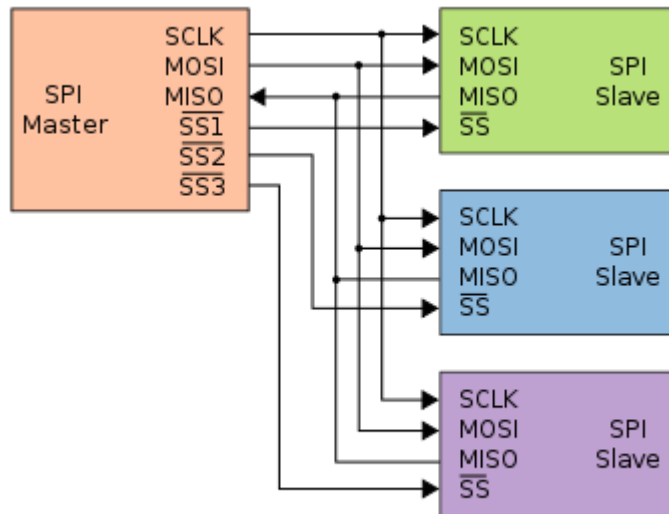


Obr. 5 - Časový průběh úrovní pro I<sup>2</sup>C komunikaci (převzato z [8])

## 1.4.2 SPI rozhraní

Komunikační rozhraní SPI (Serial Peripheral Interface) je velmi rozšířené jednosměrné nebo obousměrné komunikační rozhraní pro připojení celé řady periferních obvodů k mikroprocesoru. Ve své podstatě jde o synchronní jednosměrné (dvouvodičové) nebo obousměrné (třívodičové) rozhraní, které bývá ještě navíc vybaveno třetím (čtvrtým) vodičem pro výběr periferního obvodu (CE - Chip Enable) [9]. Pro svou "jednoduchost" je velmi oblíbené a často používané. Hodinový signál je rozváděn vodičem označovaným symbolem SCK. Kromě vodiče s hodinovým signálem jsou uzly propojeny dvojicí vodičů označovaných většinou symboly MISO (Master In, Slave Out) a MOSI (Master Out, Slave In), pomocí nichž se obousměrně přenáší data. Posledním signálem, který se u této sběrnice používá, je signál  $\overline{SS}$  (Slave Select), jenž slouží k výběru některého uzlu pracujícího v režimu slave [10].

V technické praxi také SPI často nahrazuje I<sup>2</sup>C, protože na rozdíl od něj je SPI schopné přenášet data větší rychlostí i v zarušeném prostředí. V praxi existuje několik variant SPI, princip přenosu dat je v podstatě stejný [9].



Obr. 6 - Sběrnice SPI: jedno řídicí (master) a tři podřízená (slave) zařízení

## 1.5 Kapacitní snímání dotyku

Kapacitní snímače měří změnu kapacity, která může být způsobena buď změnou vlastností dielektrika (např. změna permitivity) nebo změnou vzdáleností či konfigurace elektrod. První varianta umožňuje detekovat přítomnost širokého spektra nevodivých materiálů a látek (izolanty), pokud jejich permitivita je jiná než permitivita okolního prostředí. Druhý vliv, tedy změna vzdálenosti nebo konfigurace elektrod zase umožňuje detekovat elektricky vodivé látky, jako jsou kovy, tekutiny či části lidského těla, které vykazují velký obsah vody [11].

Pro kapacitu jednoduchého rovinného kondenzátoru platí [13]:

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_R \frac{S}{d} \quad (1)$$

kde  $S$  je plocha elektrod,  $d$  vzdálenost elektrod,  $\varepsilon_0$  permitivita vakua a  $\varepsilon_R$  relativní permitivita.

Zatímco pro detekci změny permitivity dielektrika je nutné využít dvou a víceelektrodového uspořádání, v případě detekce vodivých materiálů je možné použít jen jednu elektrodu, protože tu druhou tvoří samotný detekovaný předmět. Jeho přibližováním a oddalováním se pak mění vzájemná vzdálenost obou elektrod a tím i kapacita. Dielektrikem je pak volný prostor mezi nimi, tedy obvykle vzduch a nějaká krycí plocha, která chrání pevnou elektrodu před poškozením a zkratováním [11].

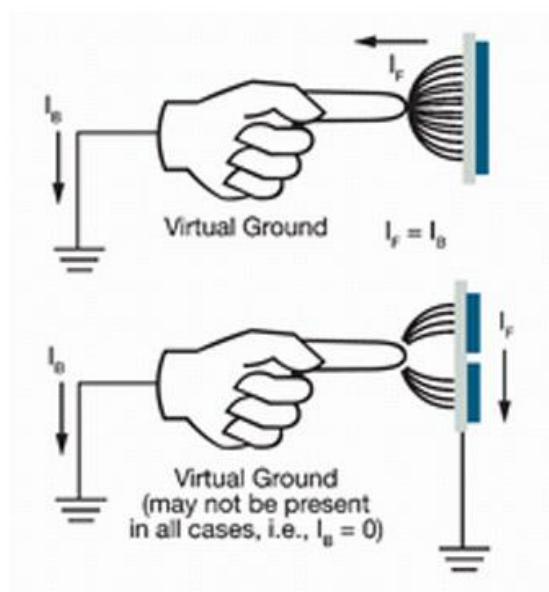
Za předpokladu, že  $S$ =konstanta a  $\varepsilon_R$ =konstanta platí při změně vzdálenosti elektrod o vzdálenost  $\Delta d$  pro kapacitu vztah [11]:

$$C_1 = \varepsilon_0 \varepsilon_R \frac{S}{d} = \varepsilon_0 \varepsilon_R \frac{S}{d + \Delta d} \quad (2)$$

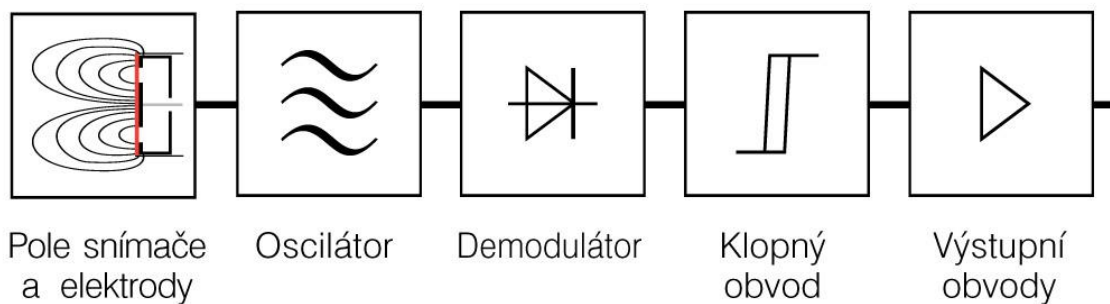
Potom platí [11]:

$$\frac{C_1}{C} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta d}{d}} \quad (3)$$

V případě víceelektrodového uspořádání vytváří vodivý předmět další virtuální elektrodu a tak například z původně jednoho kondenzátoru tvořeného dvěma elektrodami se vytvoří dva virtuální kondenzátory zapojené jakoby paralelně [11].



Obr. 7 - Detekce doteku lidského prstu v jednoelektrodovém (nahore) i víceelektrodovém (dole) uspořádání (převzato z [11])

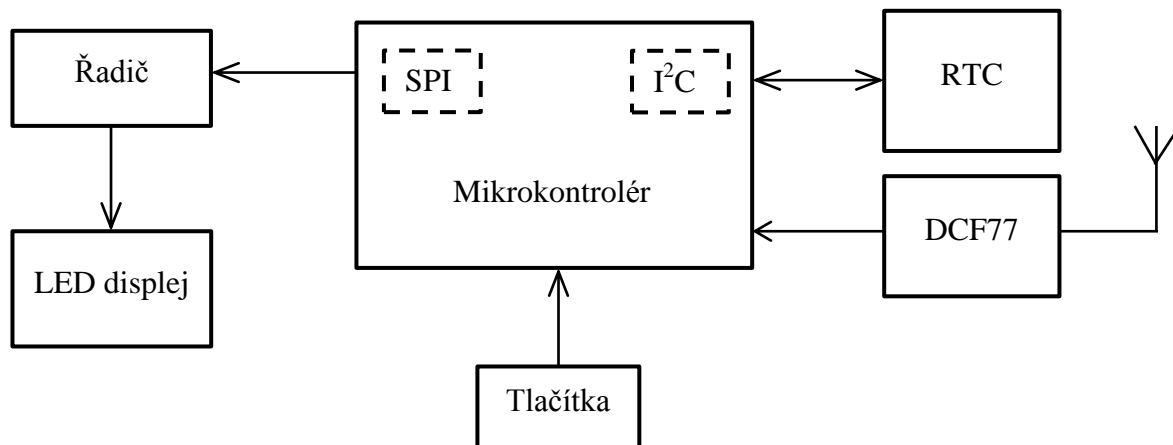


Obr. 8 - Principiální schéma kapacitního snímače (převzato z [12])

## 2 Teoretický návrh a konstrukce

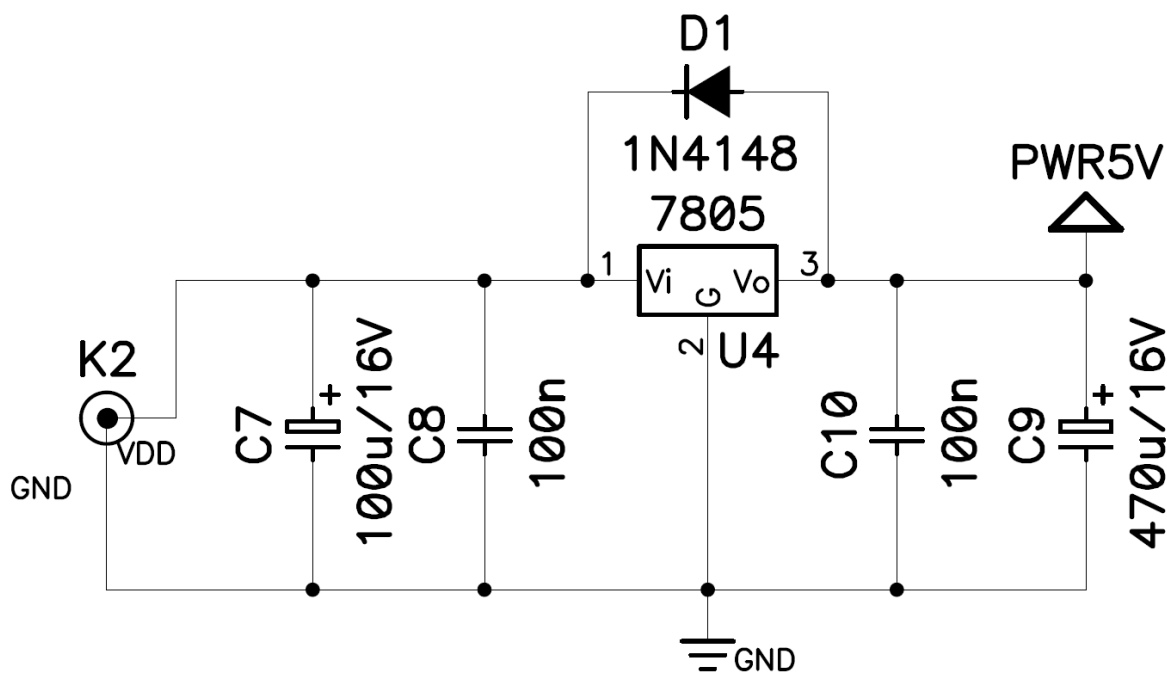
V této části budou popsány teoretické rozvahy nad možnými řešeními, popsány zvolené možnosti a vyhodnoceny výsledky simulací.

### 2.1 Blokové schéma



Obr. 9 - Blokové schéma zařízení

Jelikož se u zařízení počítá s nepřetržitým provozem a spotřeba displeje není nejnižší, není vhodné, aby bylo napájeno z baterií. Z tohoto důvodu bylo zvoleno externí napájení pomocí 5V adaptéru nebo externího napětí asi 6 – 15V, které je přes stabilizátor L7805 usměrněno na +5V (viz obr. 10).

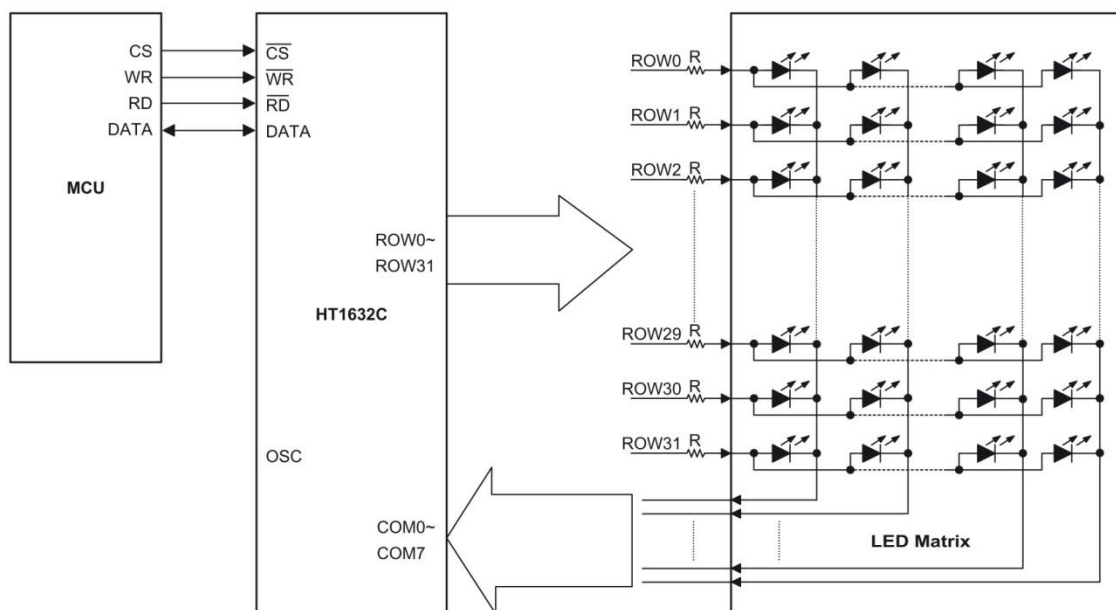


Obr. 10 – Schéma napájecí části

## 2.2 Ovládání LED displeje

LED displeje je možné ovládat dvěma způsoby. Buď kontinuálně, nebo multiplexováním. Pokud bychom uvažovali kontinuální ovládání, bylo by zapotřebí zapojit každou LED samostatně, což by vyžadovalo u modulu 8x32 LED 256 linek. Toto řešení ale není možné z důvodu omezeného počtu vývodů mikrokontroléru a obrovské proudové náročnosti (256 LED, 20mA na každou LED), kdežto multiplexním řízením klesne počet potřebných linek na 40 (32 pro sloupce a 8 pro řádky). V tomto případě klesne i proudová náročnost, jelikož v jednom okamžiku svítí pouze 1 řádek (32 LED) nebo 1 sloupec (8 LED). Bohužel ani tento počet linek není optimální, proto je nutné zapojit do obvodu prvek, který sníží počet potřebných linek mikrokontroléru. Zde je teoreticky možné použít jak již integrovaná řešení v podobě např.: MAX7219, která jsou drahá a v našem případě je není možné kaskádně spojovat, tak binární dekodéry 1z8 např.: 74HC138, které sice potřebují pouze 3 linky, ale v kaskádním zapojení potřebuje každý dekodér ještě navíc jednu linku pro výběr dekodéru. V našem případě bychom tedy potřebovali 4 linky pro výběr a 3 pro data pro řízení sloupců. Tedy také nejsou příliš vhodné. Další možností je použití posuvných registrů, jako např.: 74HC595, které obsahují sériový vstup a paralelní a sériový výstup. Díky tomu je lze velmi jednoduše zapojovat kaskádně a ke svému provozu jim stačí pouze 3 linky. Navíc jsou tyto obvody velmi levné v porovnání s integrovanými řešeními výše. Bohužel toto řešení by při přímém zapojení neumožňovalo pozdější řízení jasu displeje a např. již zmíněný obvod 74HC595 není schopen dodávat do obvodu dostatečný proud a musel by být mezi něj a displej zařazen výkonový prvek. Z toho důvodu byl v konečném řešení použit obvod HT1632.

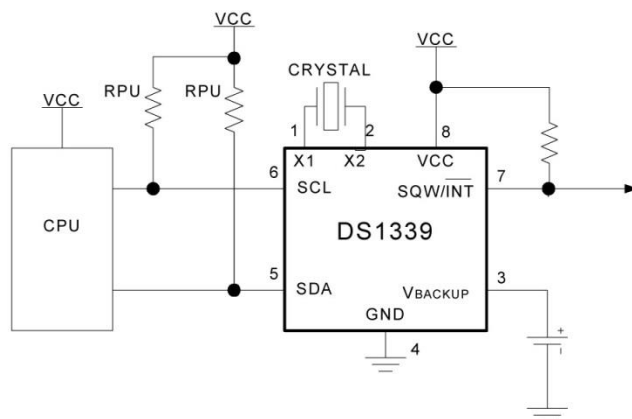
Obvod HT1632 pochází od firmy Holtek a slouží jako řadič přímo pro maticové LED displeje rozměrů 8x32 nebo 16x24. Navíc je možné ho případně zapojovat kaskádně. Tento obvod umožňuje snadné řízení jasu pomocí PWM modulace v 16-ti krocích a jeho ovládání je možné pomocí SPI-like rozhraní 3-mi vodiči: vodič  $\overline{CS}$  (Chip Select – výběr obvodu), vodič  $\overline{WR}$  (Write – hodinový signál) a vodič DATA (Datový). HT1632 navíc nepotřebuje žádné externí součástky, jelikož v sobě obsahuje jak 256 kHz systémový krystal, tak výstupní tranzistory typu NMOS i PMOS. Obvod je dostupný v SMD pouzdře QFP 52 a může být napájen napětím 2,4V až 5,5V. Což je v našem případě ideální. Jedno z možných zapojení obvodu HT1632 od výrobce je na obr. 11.



Obr. 11 - Jedno z možných zapojení obvodu HT1632 (převzato z [18])

## 2.3 Obvod času

Obvod času (Real-Time Clock – RTC). Jelikož je velmi pravděpodobné, že v průběhu chodu zařízení dojde k výpadku DCF signálu, je vhodné, aby dříve přijatý čas pokračoval v plynutí nezávisle. Z důvodu odlehčení mikroprocesoru, především úspore jeho časovačů, je vhodné použít externí obvod pro zálohu a následný běh času nezávisle na běhu mikroprocesoru nebo DCF signálu. Zde se jako vhodný obvod jeví DS1339, což je RTC čip integrující přesný čas (vteřiny, minuty, hodiny, den v týdnu, den, měsíc a rok) a 2 alarmy, z nichž jeden slouží v našem případě jako budík. Obvod komunikuje s okolím pomocí I<sup>2</sup>C rozhraní a po připojení záložní baterie pokračuje v chodu i při výpadku napájecího napětí. Doporučené zapojení obvodu je na obr. 12. Obvod obsahuje registry s adresou 00H – 10H, kterými je možné jej nastavit. Uspořádání registrů je na obr. 13.



Obr. 12 – Doporučené zapojení obvodu DS1339 (převzato z [15])

ADDRESS	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	FUNCTION	RANGE
00H	0	10 Seconds			Seconds				Seconds	00–59
01H	0	10 Minutes			Minutes				Minutes	00–59
02H	0	12/24	AM/PM	10 Hour	Hour				Hours	1–12 + AM/PM 00–23
03H	0	0	0	0	0	Day			Day	1–7
04H	0	0	10 Date		Date				Date	01–31
05H	Century	0	0	10 Month	Month				Month/ Century	01–12 + Century
06H	10 Year			Year				Year	Year	00–99
07H	A1M1	10 Seconds			Seconds				Alarm 1 Seconds	00–59
08H	A1M2	10 Minutes			Minutes				Alarm 1 Minutes	00–59
09H	A1M3	12/24	AM/PM	10 Hour	Hour				Alarm 1 Hours	1–12 + AM/PM 00–23
0AH	A1M4	DY/DT	10 Date		Day, Date				Alarm 1 Day, Alarm 1 Date	1–7, 1–31
0BH	A2M2	10 Minutes			Minutes				Alarm 2 Minutes	00–59
0CH	A2M3	12/24	AM/PM	10 Hour	Hour				Alarm 2 Hours	1–12 + AM/PM 00–23
0DH	A2M4	DY/DT	10 Date		Day, Date				Alarm 2 Day, Alarm 2 Date	1–7, 1–31
0EH	EOSC	0	BBSQI	RS2	RS1	INTCN	A2IE	A1IE	Control	
0FH	OSF	0	0	0	0	0	A2F	A1F	Status	
10H	TCS3	TCS2	TCS1	TCS0	DS1	DS0	ROUT1	ROUT0	Trickle Charger	

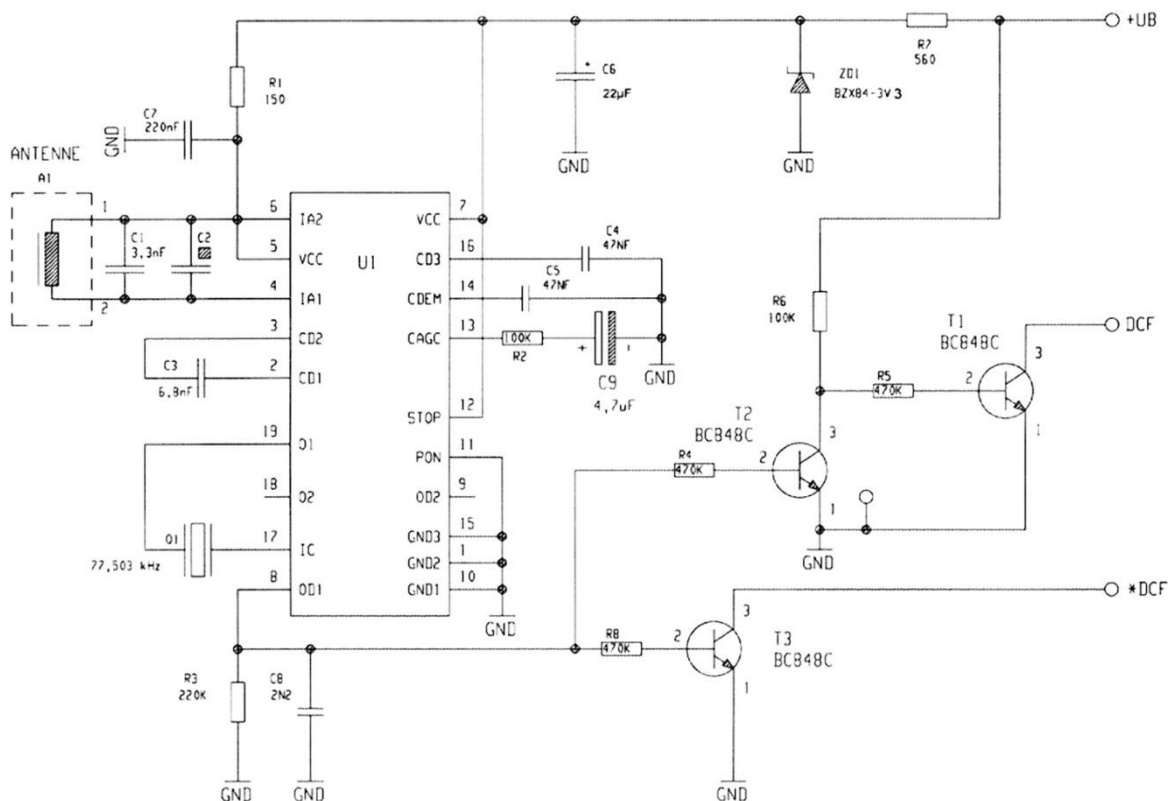
Obr. 13 - Uspořádání registrů DS1339 (převzato z [15])

## 2.4 DCF77 přijímač

Pro příjem a dekódování DCF signálu existuje spousta integrovaných obvodů, které potřebují minimum externích součástek (např. U4224B). I když tento obvod vyžaduje minimum součástek, jeho realizace by nebyla nejlevnější, jelikož krystaly 77,5kHz jsou dnes velmi drahé a velmi špatně dostupné. Proto se jako vhodnější řešení jeví použití již sestaveného modulu od firmy Conrad. Tento modul (obr. 14) sestává z DCF demodulátoru T4224 a feritové přijímací anténky a obsahuje jak normální, tak negovaný výstup posílený tranzistorem. Modul může být napájen napětím 2 až 15V při odběru 3mA a jeho připojení k základní desce je realizováno pomocí násuvné svorkovnice. Schéma modulu je na obr. 15.



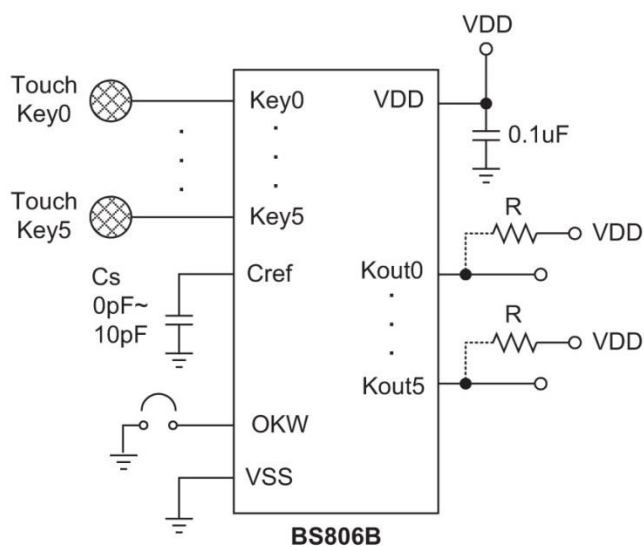
Obr. 14 – Modul pro příjem DCF77 signálu firmy Conrad



Obr. 15 - Schéma DCF77 modulu (převzato z [16])

## 2.5 Tlačítka

Pro ovládání celého zařízení bylo nutné integrovat nějaká tlačítka, např. pro nastavení budíku nebo nastavení jasu. Zde by bylo asi nejočekávanější použití např. SMD spínačů. Jak je ale známo, mechanické spínače trpí při změně stavu překmity, které by musely být ošetřeny v softwaru mikrokontroléru. Navíc mechanické spínače mají pouze omezený počet cyklů. Tyto neduhy odstraňují kapacitní snímače dotyku. Jako velmi elegantní se zde jeví obvod od firmy Holtek a to přesněji BS806B. Jedná se o šestinásobný snímač dotyku se šesti logickými výstupy v podobě otevřených kolektorů tranzistoru. Obvod má v klidovém stavu odběr pouze  $4\mu\text{A}$  a jako indikace dotyku je možné na jeho výstup jednoduše připojit LED diodu. Navíc disponuje dvěma druhy provozu – normální a stand-by. Pokud tedy není po dobu 20sec stisknuto žádné tlačítko, přejde obvod do stand-by módu a sníží se jeho spotřeba do doby, než je některé tlačítko sepnuto. Doporučené zapojení obvodu BS806 je na obr. 16.



Obr. 16 - Doporučené zapojení obvodu BS806 od výrobce (převzato z [17])

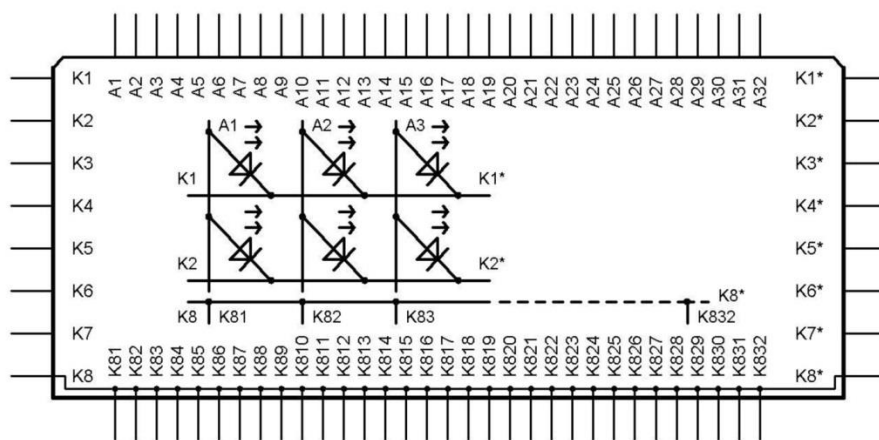
### 3 Realizace zařízení

V této kapitole je uvedeno schéma zapojení jednotlivých částí zařízení a návrh desky plošného spoje.

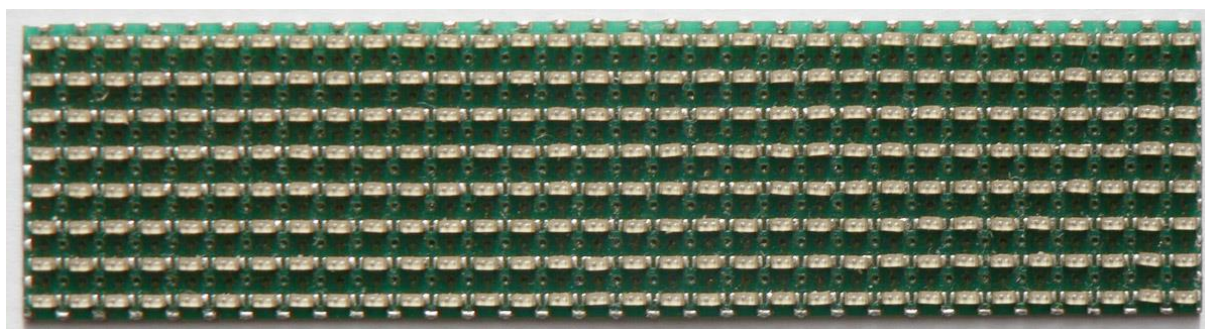
#### 3.1 Displej

Displej je řešen jako samostatný modul, v této práci je použit displej se společnou katodou (označení KR8x32/0603), který je vyráběn ve firmě SMTplus.CZ s.r.o. U tohoto displeje a zapojení jsou přepínány jednotlivé řádky. Polarita displeje je uvedena na obr. 17, pohled na modul displeje na obr. 18. Rozměr modulu displeje je 81,28 x 20,32 mm, tloušťka 2 mm. Připojení modulu displeje na základní desku je možné pomocí hranového spojení, kdy jsou pájecí plošky modulu řešeny pomocí prokovených otvorů. Tyto otvory jsou odfrézovány do asi poloviny jejich průměru. Firma Pragoboard s.r.o má speciální postup na výrobu těchto otvorů. Při montáži se doporučuje umístit pod displej izolační podložku, která jednak napomůže odvodu tepla z displeje a jednak díky tomu, že nepáživá maska primárně neslouží jako izolant a mohlo by dojít ke zkratu mezi základní deskou a modulem displeje.

Displej je možné osazovat jak ručně, tak na osazovacím automatu. Při osazování na osazovacím automatu by bylo nutné nejprve například šablonovým tiskem tloušťky 200 nebo 250 $\mu$ m nanést větší množství pájecí pasty kvůli vyplnění odfrézovaných otvorů a kvůli odsazení displeje od základní desky díky použití izolační podložky. Dále by bylo nutné navrhnout například plastové uchopení displeje, aby bylo možné displej na osazovacím automatu uchopit. Poté je již možné displej zapájet například přetavením.



Obr. 17 - Zapojení displeje se společnou katodou (převzato z [19])



Obr. 18 - Pohled na hotový modul displeje

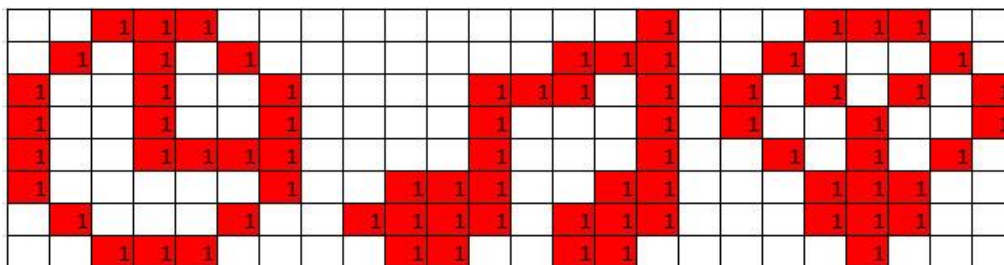
## 3.2 Písmo displeje

Protože u hodin je potřeba zobrazovat čas v číslicové podobě, musel být pro maticový displej navržen speciální tvar písma, které by umožňovalo zobrazení čísel pro čas i písmen pro název dne. Tento font byl vytvořen v programu GLCD font creator jako pole čtyř hexadecimálních hodnot, kdy každá hodnota odpovídá jednomu sloupci displeje. Ukázka čísel je na obr. 19.

	sl1	sl2	sl3	sl4		sl1	sl2	sl3	sl4		sl1	sl2	sl3	sl4		sl1	sl2	sl3	sl4
r1																			
r2	1	1	1	1				1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
r3	1			1				1					1					1	
r4	1			1				1					1					1	
r5	1			1				1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
r6	1			1				1		1									
r7	1			1				1		1									
r8	1	1	1	1				1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DEC	254	130	130	254	0	0	0	254		242	146	146	158		146	146	146	254	
HEX	FE	82	82	FE	0	0	0	FE		F2	92	92	9E		92	92	92	FE	
	0xFE, 0x82, 0x82, 0xFE				0x0, 0x0, 0x0, 0xFE					0xF2, 0x92, 0x92, 0x9E				0x92, 0x92, 0x92, 0xFE					

Obr. 19 – Grafická ukázka čísel a odpovídající hexadecimální hodnoty

Dále pro nastavení hodin, budíku nebo jasu je nutné nějakým způsobem zobrazit co právě uživatel nastavuje. Tyto akce namísto rolování textu s popisem nejlépe vystihuje jednoduchý obrázek v podobě hodin – nastavení času, noty – nastavení budíku a žárovky – nastavení jasu, viz obr. 20.



Obr. 20 – Ukázka zobrazení hodin, noty a žárovky

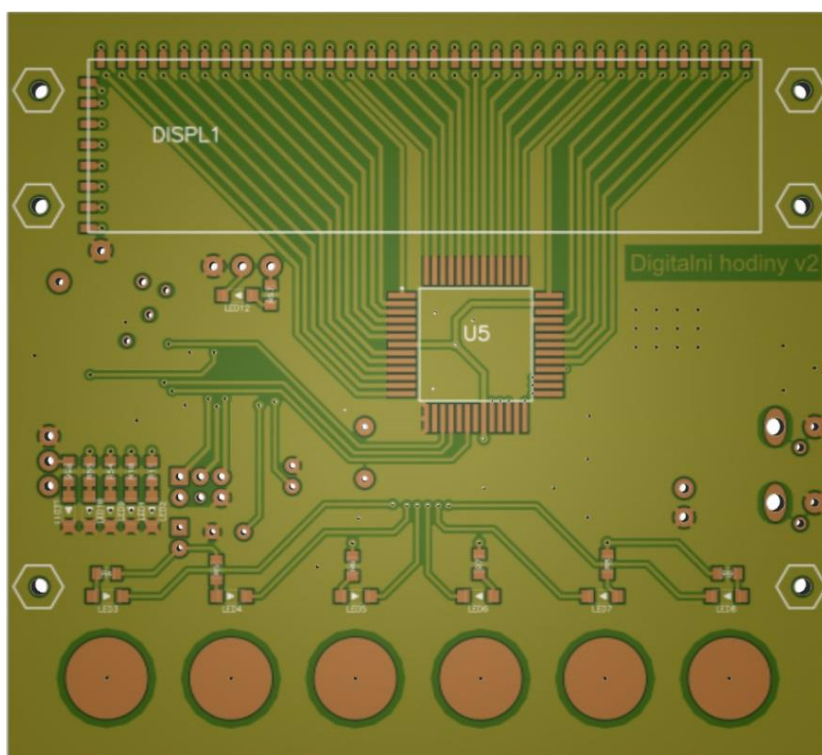
## 3.3 Program mikroprocesoru

Program pro mikroprocesor byl napsán v jazyce C++ ve vývojovém prostředí MikroC Pro for PIC. I když je výsledný program přeložen do assembleru, je psaní programu v C++ daleko jednodušší. Ovšem takto přeložený program nakonec zabírá více paměti a může i mikroprocesoru trvat delší dobu jeho vykonání. Tato skutečnost by měla být zohledněna především u vzorkovacích operací a operacích velmi náročných na čas. V příloze B a C jsou vloženy vývojové diagramy pro hlavní program a vedlejší program pro příjem a dekodování DCF77 signálu.

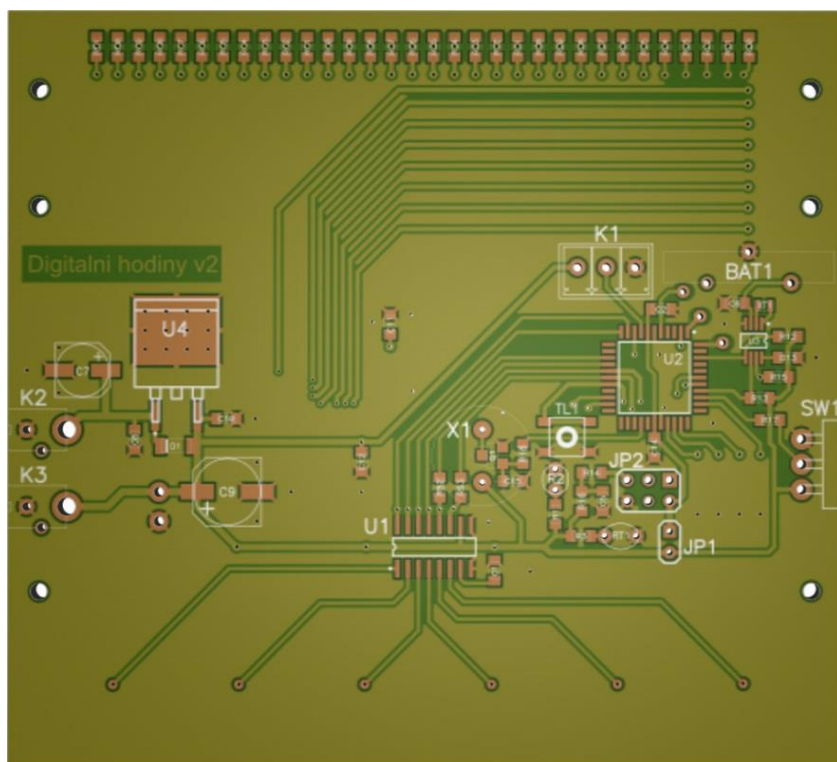
### 3.4 Základní deska

Základní deska byla navržena v programu P-CAD 2006 jako dvouvrstvá s nejmenší šířkou spojů 0,35mm a prokovů s průměrem vrtání 0,4mm. Deska byla vyrobena firmou HOKAMI CZ s.r.o. a na vyrobené desce je nanesena permanentní nepájivá maska, která omezuje tvorbu můstků a zkratů na vodičích a pájecích bodech a snižuje spotřebu pájky. Jako základní materiál byl použit materiál FR4 o tloušťce 1,5mm, který se skládá z epoxidové pryskyřice a skelné tkaniny. Tento materiál je sice 2x dražší než materiál FR2, má ale několikanásobně větší mechanickou a tepelnou odolnost, lze jej použít i na vyšších kmitočtech díky nižšímu ztrátovému činiteli a má mnohem menší teplotní roztažnost zejména v ose Z.

Pro co největší miniaturizaci byly voleny součástky v technologii SMT. Standartní součástky jako rezistory a kondenzátory byly voleny v rozměru 0805. Při návrhu DPS byl kladen důraz na umístění co nejvíce součástek na spodní stranu DPS (BOTTOM), vyjma indikačních LED. Rozměry DPS jsou 102 x 92 mm.

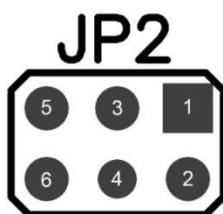


Obr. 21 - Pohled na DPS (strana TOP)



Obr. 22 - Pohled na DPS (strana BOTTOM)

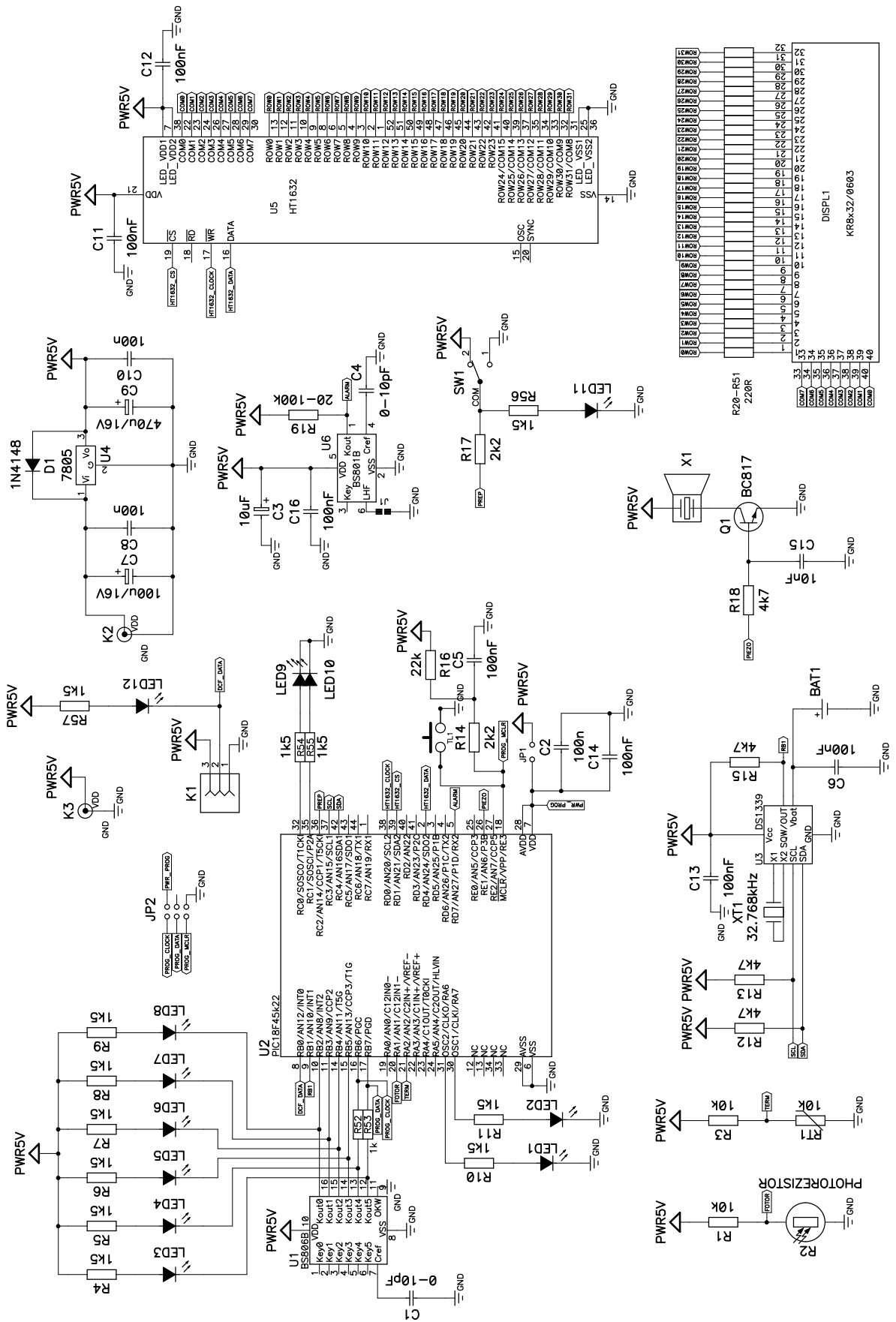
Programování mikroprocesoru je možné buď před osazením na desku, nebo pomocí ICSP konektoru (In-Circuit Serial Programming – Vnitřní sériové programování). Tento konektor je na desce řešen jako dvouřadá dutinková lišta s 2x3 piny. Jejich zapojení je znázorněno na obr. 23 a význam jednotlivých pinů v Tab. 4.



Obr. 23 – ICSP konektor integrovaný na DPS

Tab. 2 – Význam pinů ICSP konektoru

číslo pinu	označení
1	PGC (Clock)
2	VDD
3	PGD (Data)
4	NC
5	MCLR (Reset)
6	GND



Obr. 24 - Schéma zapojení základní desky

## 4 Praktická měření a postřehy

V této části budou ukázána praktická měření na zařízení a rozebrány zjištěné problémy.

### 4.1 DCF77 modul

Navzdory tomu že Brno leží přibližně 550km od Mainflingu, je již na některých místech kvalita přijímaného signálu se základní feritovou anténkou dodávanou k modulu velmi špatná i při kolmém natočení k vysílači. Navíc je modul ovlivňován okolními zařízeními, především spínanými zdroji, kdy dochází k rušení užitečného signálu. Proto je v zařízení umožněno připojení kvalitnější externí aktivní antény, která obsahuje kvalitnější feritovou anténu a navíc i aktivní filtry a předzesilovač signálu. Tato externí anténa může být umístěna i mimo budovu a poskytuje daleko kvalitnější příjem signálu.

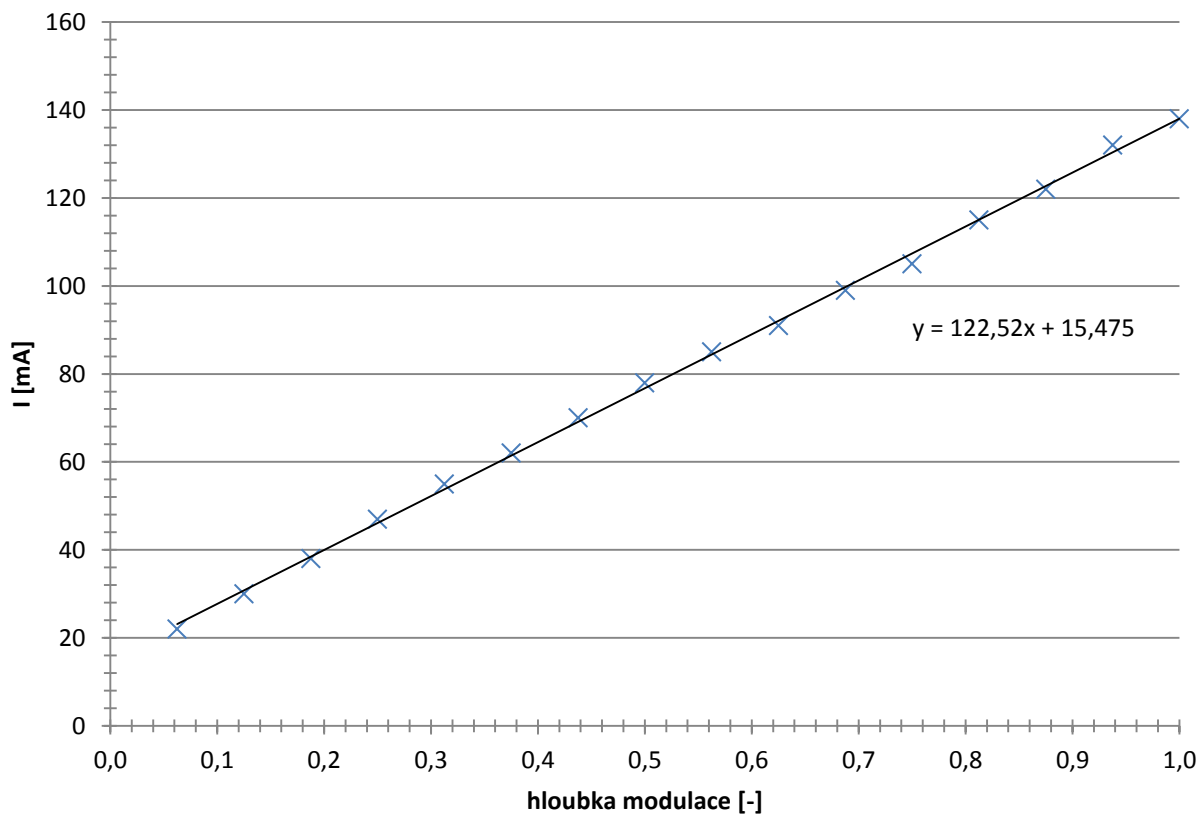
### 4.2 Spotřeba zařízení

I když hodiny byly primárně vyvinuty pro napájení ze síťového adaptéru, je spotřeba nezanedbatelnou částí návrhu zařízení. V případě těchto hodin leží většina celkové spotřeby právě na maticovém LED displeji. Proto bylo uskutečněno měření závislosti vstupního proudu hodin na jas displeje. Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tab. 3 a jejich průběh zobrazuje graf na obr. 25.

Tab. 3 – Naměřené hodnoty proudu pro PWM modulaci

hloubka PWM	I
[-]	[mA]
0,063	22
0,125	30
0,188	38
0,250	47
0,313	55
0,375	62
0,438	70
0,500	78
0,563	85
0,625	91
0,688	99
0,750	105
0,813	115
0,875	122
0,938	132
1,000	138

## Spotřeba hodin v závislosti na hloubce modulace jasu



Obr. 25 – Graf závislosti spotřeby hodin na hloubce modulace PWM

## 5 Závěr

V bakalářské práci byl v teoretické části popsán DCF77 signál, jak jeho historie, tak obecné údaje o vysílači, jeho modulaci a kódování časové informace. Dále byly popsány některé druhy displejů, které se v dnešní době nejčastěji využívají. Jsou to například OLED, LCD, nebo v této práci využitý maticový LED displej. Jako další důležitá část byly popsány druhy komunikačních rozhraní, které mohou být jak bezdrátová, tak drátová. V našem případě je použita drátová komunikace a to přesněji I<sup>2</sup>C a SPI. Tato komunikace slouží pro komunikaci mezi mikroprocesorem a okolními obvody. Jako poslední teoretická část je popsáno kapacitní snímání dotyku, které přináší značné výhody oproti mechanickým spínačům a je také v práci použito.

V druhé části práce jsou poté detailněji popsány jednotlivé důležité části zařízení, hlavně způsob ovládání maticového LED displeje. Jak již bylo řečeno v kap. 2.2, displej je řízen multiplexně za použití obvodu HT1632, kdy dochází k přepínání jednotlivých řádků displeje a motiv je nastaven rozsvícením/zhasnutím příslušného sloupce. V této části je dále popsán například obvod času DS1339, který slouží pro zálohu času v době výpadku DCF77 signálu, nebo použitý modul pro příjem DCF77 signálu od firmy Conrad.

Na základě těchto rozborů bylo provedeno navržení základní desky zařízení na dvoustranné desce plošných spojů v technologii SMT (viz. kap. 3.4). Po vyhotovení DPS byl napsán program pro mikrokontrolér PIC18F45k22, který se stará o chod celého zařízení a dekódování přijatého DCF77 signálu. Vývojové diagramy tohoto programu jsou přiloženy v příloze A a B.

Jako poslední kapitola bylo provedeno testování celého systému. Přesněji příjem a dekódování DCF77 signálu. Zde bylo zjištěno, že dodávaná feritová anténka k přijímacímu modulu DCF77 nemá uvnitř budov dostatečný příjem a je snadno rušena okolními zdroji a tedy je v určitých případech příjem DCF77 signálu buď téměř nemožný, nebo velmi obtížný. Z toho důvodu byla pořízena externí anténa s kvalitnější feritovou anténou, krystalovým filtrem a předzesilovačem, kterou je možné ze zadu k zařízení připojit a přijímat kvalitnější signál pomocí této externí antény. Bylo také uskutečněno měření spotřeby zařízení při normálním provozu a zobrazování pouze informace o času. Graf spotřeby je znázorněn na obr. 25 v kap. 4.2.

Tento výrobek je případně možné dále rozvíjet. Na základní desce je integrován vstup pro připojení téměř libovolného NTC nebo PTC odporového čidla pro měření teploty a vstup pro fotoodpor, který by mohl sloužit k automatické regulaci jasu displeje na intenzitě dopadajícího světla.

## 6 Seznam literatury

- [1] Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB). DCF77 [online]. 3.11.2002 [cit. 2012-11-11]. Dostupné z: <http://www.ptb.de/cms/en/fachabteilungen/abt4/fb-44/ag-442/dissemination-of-legal-time/DCF77.html>
- [2] Redakce HW serveru. Vysílání časového signálu a DCF77. [online]. 1.3.2002 [cit. 2012-10-16]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/vysilani-casoveho-signalu-a-dcf77.html>
- [3] ROLLINEK, J. Historické hodiny s digitrony řízené signálem DCF77. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 50 s. Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michal Kubíček, Ph.D.
- [4] TEMIC Semiconductors. U4224 datasheet [online]. 1996 [cit. 2012-11-12]. Dostupné z: <http://doc.chipfind.ru/pdf/temic/t4224.pdf>
- [5] Picbasic.nl. PIC Basic projects [online]. [cit. 2012-10-15]. Dostupné z: [http://www.picbasic.nl/indexes\\_uk.htm](http://www.picbasic.nl/indexes_uk.htm)
- [6] UNION, International Telecommunications. Radio regulations. 2008 ed. Geneva: International Telecommunications Union, 2008. ISBN 92-611-2451-8.
- [7] Wikipedia: the free encyclopedia. Procesor [online]. 29. 10. 2012 [cit. 2012-11-1]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Mikroprocesor>
- [8] Redakce HW serveru. Stručný popis sběrnice I2C a její praktické využití k připojení externí eeprom 24LC256 k mikrokontroléru PIC16F877. [online]. 19.5.2000 [cit. 2012-10-20]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/navrh-obvodu/strucny-popis-sbernice-i2c-a-jeji-prakticke-vyuziti-k-pripojeni-externi-EEPROM-24LC256>
- [9] Redakce HW serveru. SPI řešené se dvěma mikroprocesory AT89C2051. [online]. 25.6.2011 [cit. 2013-5-5]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/soucastky/embedded-systemy/mcu/spi-resene-se-dvema-mikroprocesory-at89c2051.html>
- [10] Pavel Tišnovský. Externí sériové sběrnice SPI a I<sup>2</sup>C. [online]. 30.12.2008 [cit. 2013-5-5]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/externi-seriove-sbernice-spi-a-i2c/>
- [11] Redakce HW serveru. Nové kapacitní senzory pro dotyková i bezdotyková tlačítka. [online]. 17.12.2007 [cit. 2012-11-3]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/soucastky/nove-kapacitni-senzory-pro-dotykova-i-bezdotykova-tlacitka.html>
- [12] Balluff. Kapacitní snímače: Definice, princip snímače, vliv materiálu. [online]. [cit. 2012-11-3]. Dostupné z: <http://www.s-d-a.sk/balluff/pdf/kapacitne/bcs-principy.pdf>
- [13] J. Hubálek, M. Adámek, Mikrosenzory a mikromechanické systémy. [online]. [cit. 2012-11-11]. Dostupné z: <http://www.umel.feec.vutbr.cz/~adamek/uceb/Menufram.htm>
- [14] NXP Semiconductors. 74HC595 datasheet [online]. 12.12.2011 [cit. 2012-11-12]. Dostupné z: [http://www.nxp.com/documents/data\\_sheet/74HC\\_HCT595.pdf](http://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT595.pdf)

- [15] Maxim Integrated. DS1339 datasheet [online]. 4/2011 [cit. 2012-11-12]. Dostupné z: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1339-DS1339U.pdf>
- [16] Conrad Electronic. Přijímací DCF deska - schéma zapojení [online]. 1999 [cit. 2012-11-12]. Dostupné z: [http://www2.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/625000-649999/641138-sp-02-de-DCF\\_Empfaengerplatine.pdf](http://www2.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/625000-649999/641138-sp-02-de-DCF_Empfaengerplatine.pdf)
- [17] Holtek. BS806 datasheet [online]. July 7, 2009 [cit. 2012-11-12]. Dostupné z: <http://www.holtek.com/pdf/uc/bs80xbv100.pdf>
- [18] Holtek HT1632 datasheet [online]. June 28, 2011 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.holtek.com.tw/pdf/consumer/ht1632cv120.pdf>
- [19] SMTPlus. Realizace bodového LED displeje [online]. [cit. 2012-11-12]. Dostupné z: <http://www.smtplus.cz/pdf/Boddisp1c.pdf>
- [20] Microchip Technology Inc. PIC18F45k22 datasheet [online]. 2012 [cit. 2012-11-12]. Dostupné z: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41412F.pdf>

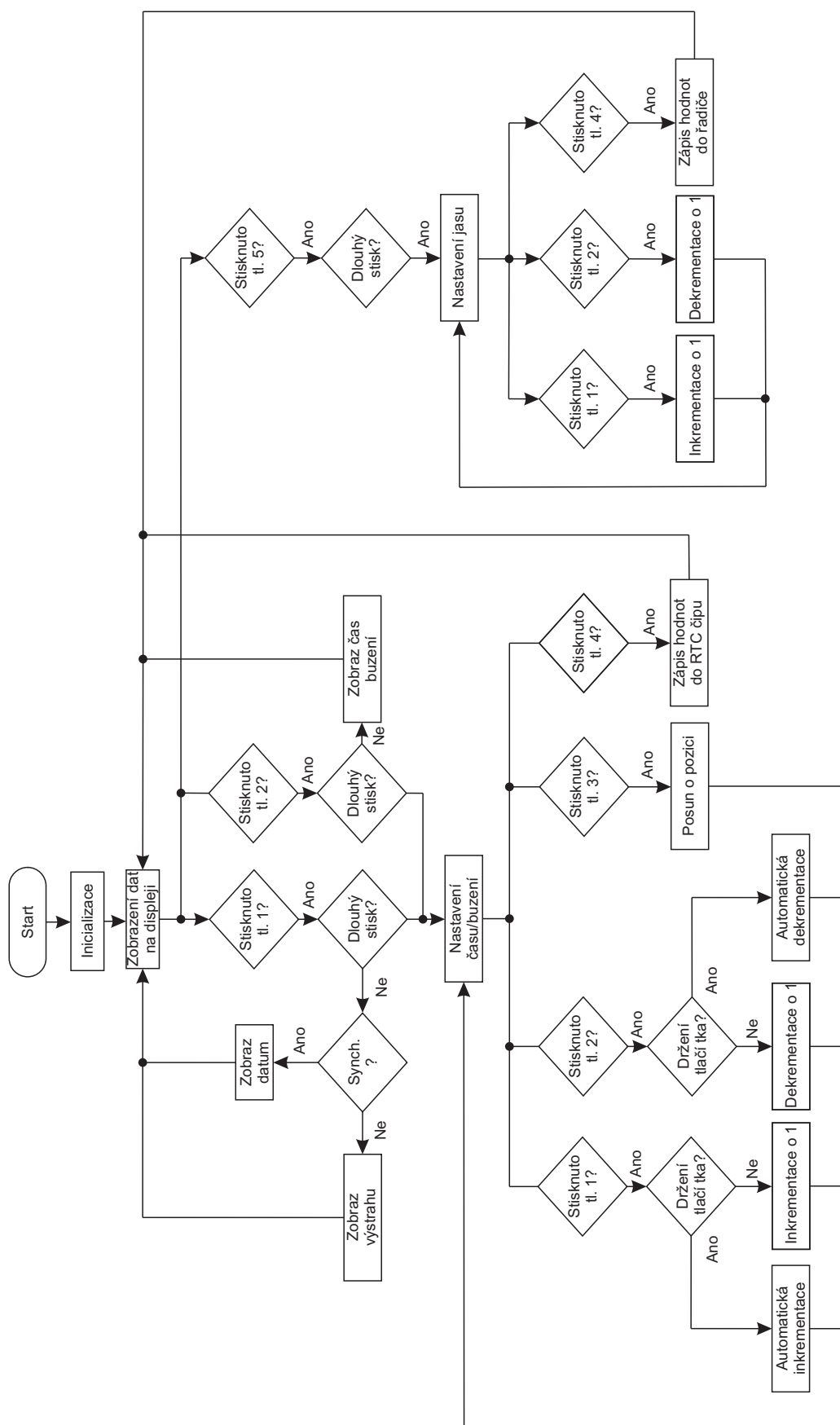
## 7 Seznam zkratek, symbolů

SMD	Surface Mount Device, součástka pro povrchovou montáž
SMT	Surface Mounted Technology, technologie povrchové montáže
DPS	Deska Plošných Spojů
DCF77	Deutschland Long wave signal Frankfurt, radiová stanice
ERP	Effective Radiated Power, efektivní vyzářený výkon
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Spolkový fyzikálně-technický ústav
CET	Central European Time, středoevropský čas
CEST	Central European Summer Time, středoevropský letní čas
BCD	Binary Coded Decimal, dvojkově reprezentované dekadické číslo
PRPSK	Pseudo-random phase-shift keying, pseudonáhodná posloupnost
XOR	Exclusive OR, exkluzivní logický součet
ITU	International Telecommunication Union, Mezinárodní telekomunikační unie
LCD	Liquid Crystal Display, displej z tekutých krystalů
OLED	Organic light-emitting diode, elektroluminiscenční diody na organické bázi
LED	Light-Emitting Diode, dioda emitující světlo
MCU	MicroController Unit, mikroprocesor
PIC	Peripheral Interface Controller, mikrokontrolér
RISC	Reduced Instruction Set Computing, redukováná instrukční sada
CISC	Complex Instruction Set Computer, komplexní instrukční sada
I <sup>2</sup> C	Inter-Integrated Circuit, komunikační sběrnice
SPI	Serial Peripheral Interface, sériové periferní rozhraní
SDA	Serial Data, datový vodič sběrnice I <sup>2</sup> C
SCL	Serial Clock Line, hodinový vodič sběrnice I <sup>2</sup> C
ACK	Acknowledgement Packet, pozitivně potvrzující paket
RTC	Real-Time Clock, obvod času

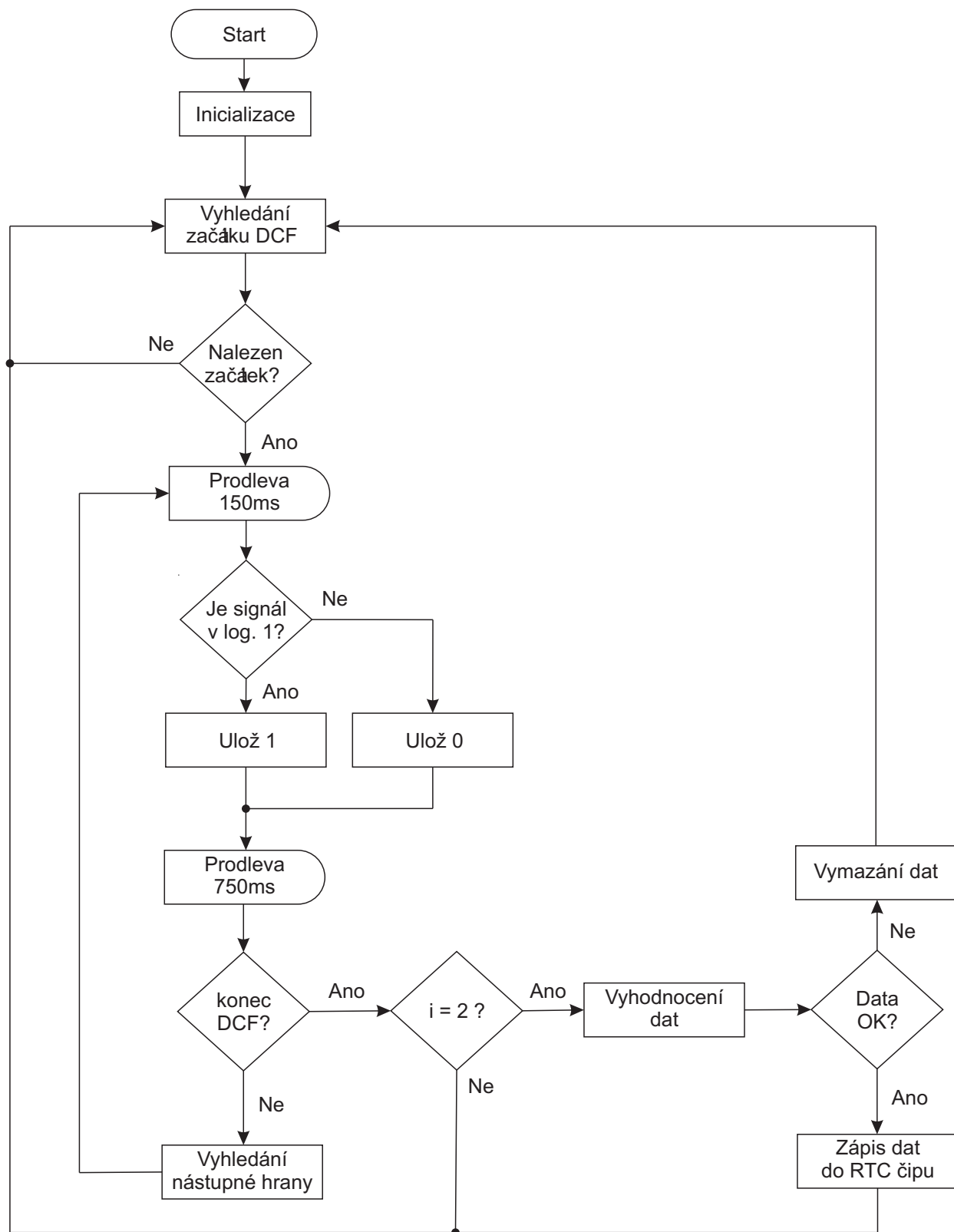
## 8 Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1 - Kódování časové informace (převzato z [1], upraveno) .....	9
Obr. 2 - Příklad části přijatého DCF77 signálu (převzato z [4]).....	9
Obr. 3 – Příklad zapojení matice 8x8 LED diod.....	12
Obr. 4 - Sběrnice I <sup>2</sup> C: jedno řídicí (master) a tři podřízená (slave) zařízení .....	14
Obr. 5 - Časový průběh úrovní pro I <sup>2</sup> C komunikaci (převzato z [8]) .....	14
Obr. 6 - Sběrnice SPI: jedno řídicí (master) a tři podřízená (slave) zařízení .....	15
Obr. 7 - Detekce doteku lidského prstu v jednoelektrodovém (nahore) i víceelektrodovém (dole) uspořádání (převzato z [11]) .....	16
Obr. 8 - Principiální schéma kapacitního snímače (převzato z [12]).....	16
Obr. 9 - Blokové schéma zařízení.....	17
Obr. 10 – Schéma napájecí části .....	17
Obr. 11 - Jedno z možných zapojení obvodu HT1632 (převzato z [18]).....	18
Obr. 12 – Doporučené zapojení obvodu DS1339 (převzato z [15]) .....	19
Obr. 13 - Uspořádání registrů DS1339 (převzato z [15]) .....	19
Obr. 14 – Modul pro příjem DCF77 signálu firmy Conrad.....	20
Obr. 15 - Schéma DCF77 modulu (převzato z [16]).....	20
Obr. 16 - Doporučené zapojení obvodu BS806 od výrobce (převzato z [17]) .....	21
Obr. 17 - Zapojení displeje se společnou katodou (převzato z [19]) .....	22
Obr. 18 - Pohled na hotový modul displeje .....	22
Obr. 19 – Grafická ukázka čísel a odpovídající hexadecimální hodnoty.....	23
Obr. 20 – Ukázka zobrazení hodin, noty a žárovky.....	23
Obr. 21 - Pohled na DPS (strana TOP) .....	24
Obr. 22 - Pohled na DPS (strana BOTTOM).....	25
Obr. 23 – ICSP konektor integrovaný na DPS.....	25
Obr. 24 - Schéma zapojení základní desky .....	26
Obr. 25 – Graf závislosti spotřeby hodin na hloubce modulace PWM.....	28
Tab. 1 - Význam bitů DCF77 signálu (převzato z [5], upraveno) .....	10
Tab. 2 – Význam pinů ICSP konektoru .....	25
Tab. 3 – Naměřené hodnoty proudu pro PWM modulaci.....	27

# Příloha A: Vývojový diagram hlavního programu mikroprocesoru



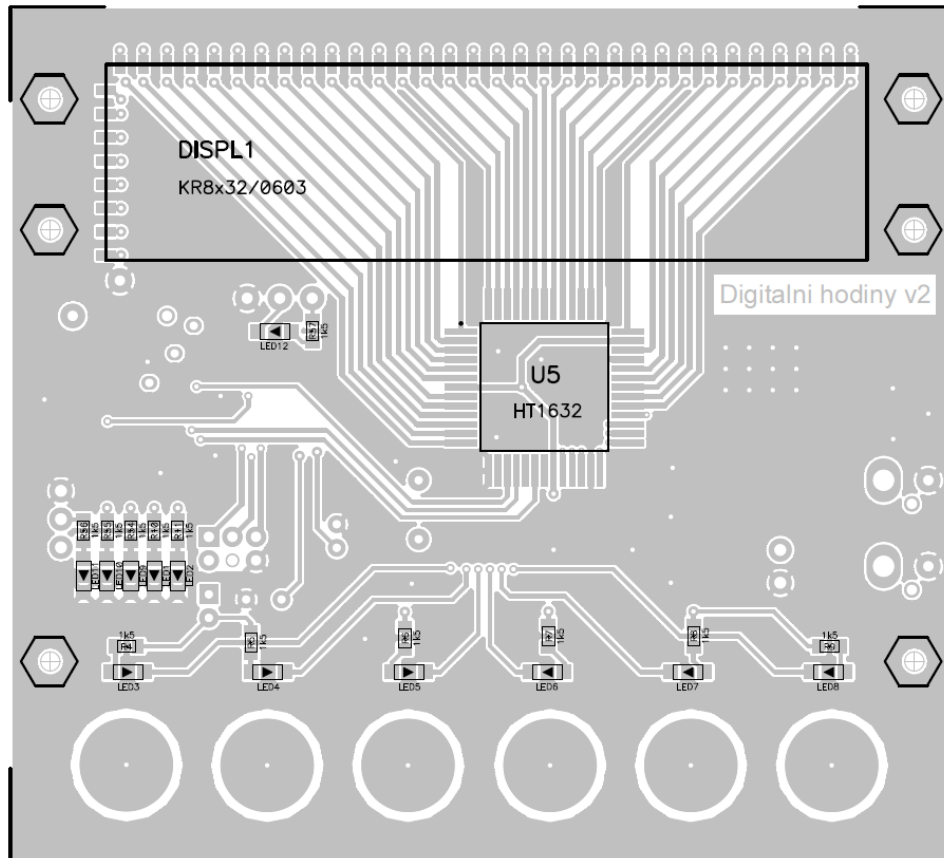
## Příloha B: Vývojový diagram DCF77 části programu mikroprocesoru



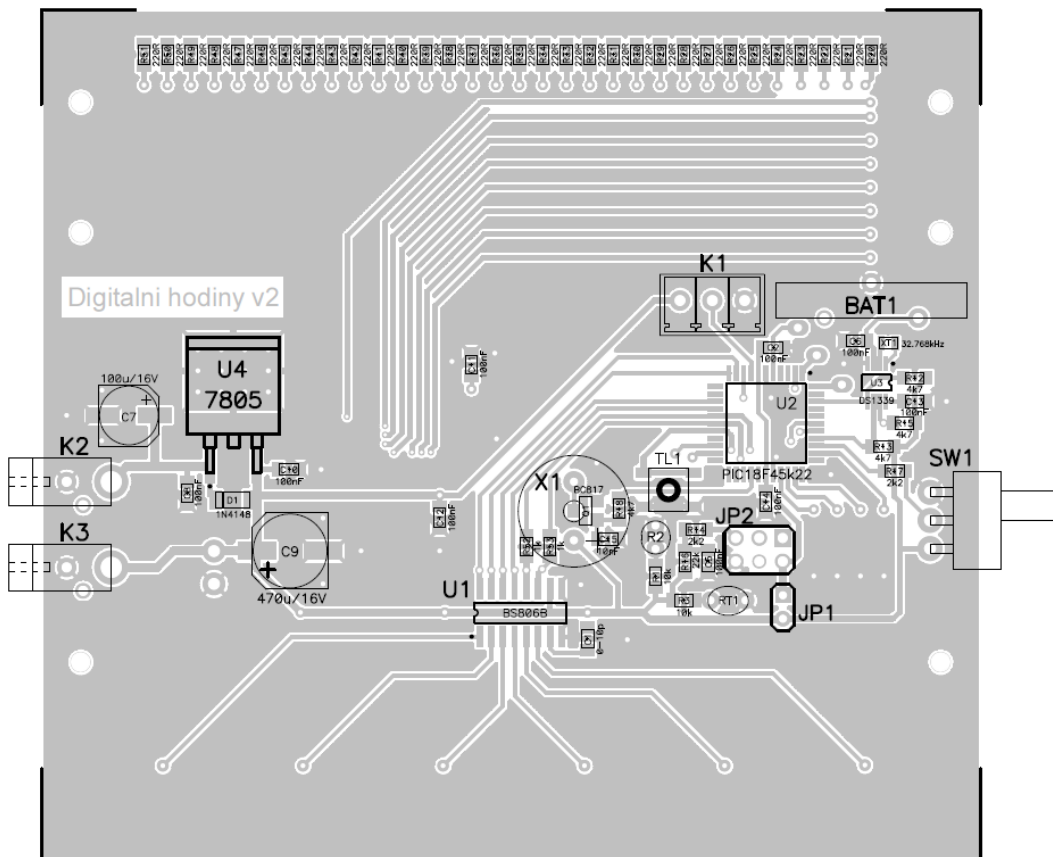
## Příloha C: Soupiska součástek

Kusů	Označení	Hodnota	Popis
1	U1	BS806B	NSO16
1	U2	PIC18F45k22-I/PT	TQFP-44
1	U3	DS1339	USOP8
1	U4	7805	D2PAK
1	U5	HT1632	QFP-52
1	U6	BS801	SOT23-6
2	R1, R3	10k	Rezistor SMD 0805
12	R4-R11, R54, R55, R56, R57	1k5	Rezistor SMD 0805
4	R12, R13, R15, R18	4k7	Rezistor SMD 0805
1	R16	22k	Rezistor SMD 0805
2	R14, R17	2k2	Rezistor SMD 0805
1	R19	100k	Rezistor SMD 0805
32	R20-R51	220R	Rezistor SMD 0805
2	R52, R53	1k	Rezistor SMD 0805
1	C1, C4	0-10p	Kondenzátor SMD 0805
10	C2, C5, C6, C8, C10-C14, C16	100nF	Kondenzátor SMD 0805
1	C3	10u/16V	ELRA RM2.5x6.6
1	C15	10nF	Kondenzátor SMD 0805
1	C7	100u/16V	ELRA SMD D=6.3mm
1	C9	470u/16V	ELRA SMD D=8mm
1	D1	1N4148	SOD80C
12	LED1-LED12		LED SMD-1206 červená
1	DISPL1	KR8x32/0603	
1	XT1	32.768kHz	SMD Crystal ABS06
1	Q1	BC817	SOT23
1	RT1	10k	Termistor
1	R2	10k	Fotorezistor
1	X1		Piezoreproduktor RM6
1	SW1		Přepínač 3-polohový
1	TL1	P-B1725	Mikrospínač SMD
1	K1	PV03-1	Svorkovnice nasouvací RM3.5
2	K2, K3		PCB DC Jack D=3.5
1	JP1		Dutinky 1x2 RM2.5
1	JP2		Dutinky 2x3 RM2.5
1	BAT1	3V	Varta 6430

## Příloha D: Osazovací plán DPS

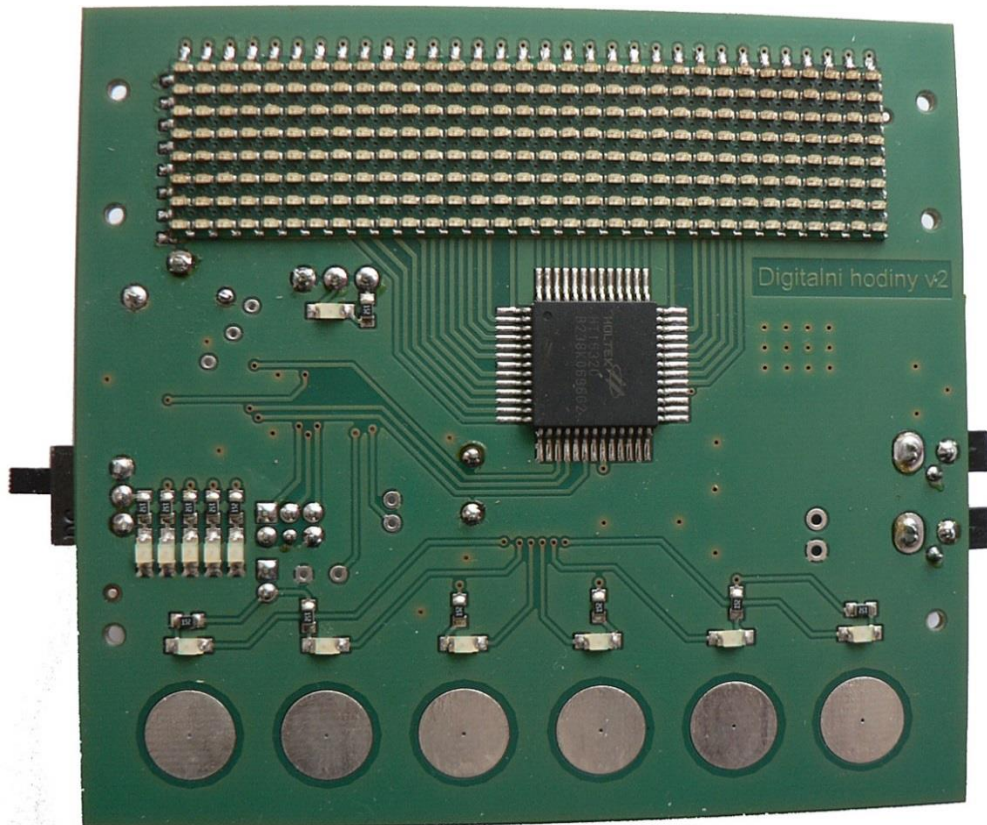


strana TOP

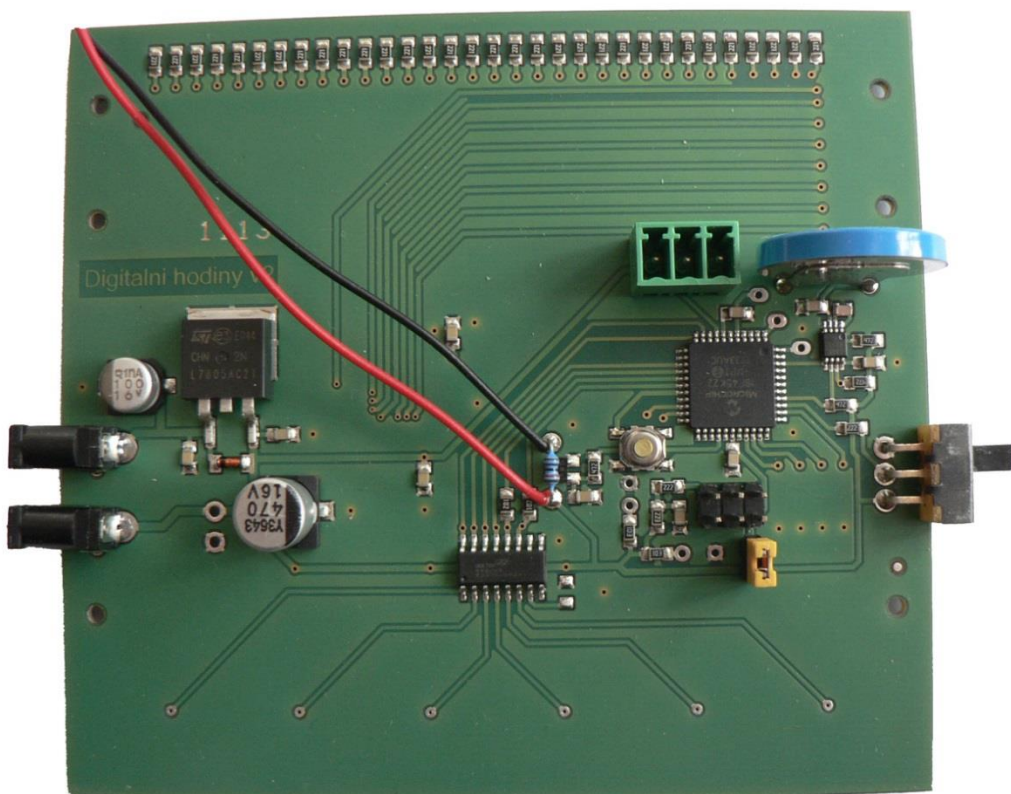


strana BOTTOM

## Příloha E: Pohled na osazenou DPS



strana TOP



strana BOTTOM