

# **Modulární systém pro vývoj mikroprocesorových aplikací**

## **A Modular Development System for Microprocessor Applications**

Petr Kůs

---

Bakalářská práce  
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr KŮS**

Osobní číslo: **A08235**

Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Téma práce: **Modulární systém pro vývoj mikroprocesorových aplikací**

Zásady pro vypracování:

1. Popište strukturu použitých mikroprocesorů, definujte jejich hlavní rozdíly a popište programování procesorů pomocí BDM rozhraní. Stručně popište také zapojení a funkci programátoru USBDM\_JS16 od firmy Freescale.
2. Vytvořte modulární systém pro vývoj mikroprocesorových aplikací s použitím mikroprocesorů MC9S08QE128 a MCF51QE128. Základem tohoto systému bude řídicí jednotka s možností záměny výše zmíněných mikroprocesorů připojitelná přes USB rozhraní k PC. Tato řídicí jednotka bude dále umožňovat připojení externích modulů s různými druhy periférií.
3. Vytvořte základní moduly periférií pro vývoj mikroprocesorových aplikací.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. ZÁHLAVA, V., VOBECKÝ, T.: Elektronika – Součástky a obvody, principy a příklady. Praha, Grada, 2006, 220s. ISBN 80-247-1241-5.
2. Highlander Technologies:  
MC9S08QG8 Quick Start Tips.pdf [online], Revision 1, November 2005, Dostupné z:  
<http://forums.freescale.com/freescale/attachments/freescale/8BITCOMM/581/1/MC9S08QG8%20Quick%20Start%20Tips1.pdf>
3. ZÁHLAVA, V.: Návrh a Konstrukce Desek Plošných spojů. Praha : Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2005, 77 s. ISBN 80-01-03351-1
4. Vána, Vladimír. Zacináme pracovat s mikrokontroléry Motorola HC08 NITRON. 1. vyd. Praha: BEN, 2003. ISBN 80-7300-124-1.
5. Pinker, J.: Mikroprocesory a mikropočítače. Praha : BEN – technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 80-7300-110-1

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Michal Brázda**

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**24. února 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**8. června 2012**

Ve Zlíně dne 24. února 2012

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
ředitel ústavu

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je vytvořit modulární kit pro vývoj mikroprocesorových aplikací. Při návrhu bylo dbáno na vysokou modulárnost systému, rozšiřitelnost a snadnou výměnu jednotlivých komponent. Dále byla zahrnuta možnost napájení z rozhraní USB i z externího zdroje napětí. Návrh modulárního systému byl proveden v návrhovém prostředí EAGLE 5.7.0. Systém se skládá ze základní desky, programátoru, desky s mikroprocesorem a jednotlivých periférií, které je možno libovolně rozšiřovat podle daných hardwarových omezení. Součástí práce jsou základní periferie jako řada 8 LED, řada 8 tlačítek, 8 sedmi-segmentových displejů řízených multiplexem, maticový displej 7x24 a maticová klávesnice 4x4.

Klíčová slova: CodeWarrior, Eagle, HCS08, mikrokontrolér, modulární,

## **ABSTRACT**

The objective of this bachelor's work is to create a modular kit for creation of microprocessing applications. The design focuses on the high modularity of the system, expansibility and easy exchange of particular components. The possibility of USB interface charging as well as external powersource charging have been included. The modular system design is concepted in designable interface EAGLE5.7.0. The system it self consists of motherboard, programmer, reduction board of the microcomputer and particular expansible peripheries while expansions are to be processed under the pre – set hardware restrictions. This work - design includes basic peripheries as generation 8 LED, generation 8 of push-buttons, 8 seven-segmental display emulated by multiplex, dot – matrix display 7x24 and matrix keyboard 4x4.

Keywords: CodeWarrior, Eagle, HCS08, microcontroller, modular

### Poděkování

Mé díky patří vedoucímu bakalářské práce ing. Michalu Brázdovi za odborné vedení, podporu a konzultace obvodových řešení. Poděkování patří také ing. Eriku Královi za pomoc při formálních úpravách bakalářské práce.

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....

podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 MIKROKONTROLÉR</b> .....	<b>11</b>
1.1    DEFINICE .....	11
1.2    ARCHITEKTURY .....	11
1.2.1    Von Neumannova.....	11
1.2.2    Harvardská .....	12
1.3    POPIS JÁDRA HCS08 A PROCESORŮ RODINY S08QE .....	12
1.3.1    Registry jádra HCS08.....	12
1.3.2    Architektura mikrokontroléru S08QE.....	13
1.3.3    Blokové schéma mikrokontroléru MC9S08QE128 .....	14
1.3.4    Popis Mikrokontroléru MC9S08QE128CLH.....	15
1.3.4.1    Základní vlastnosti .....	15
1.3.4.2    Mezní parametry mikrokontroléru .....	15
1.4    POPIS JÁDRA COLDFIRE® V1 CORE A PROCESORU MCF51QE .....	16
1.4.1    Registry jádra MCF51 .....	16
1.4.2    Architektura mikrokontroléru ColdFire® V1 Core z rodiny QE .....	16
1.4.3    Blokové schéma mikrokontroléru MCF51QE128 .....	18
1.4.4    Popis Mikrokontroléru MCF51QE128LH .....	19
1.4.4.1    Základní vlastnosti .....	19
1.4.4.2    Mezní parametry mikrokontroléru .....	19
<b>2 BDM ROZHRANÍ</b> .....	<b>20</b>
2.1    FUNKCE .....	20
2.1.1    Vlastnosti BDC (Background Debug Controller) .....	20
2.1.2    Vlastnosti DBG (Debug Module) .....	21
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>22</b>
<b>3 NÁVRH A VÝROBA DPS PRO VÝVOJOVÝ KIT</b> .....	<b>23</b>
3.1    EAGLE 5.7.0 .....	23
3.2    ZÁKLADNÍ DESKA .....	23
3.2.1    Schéma zapojení.....	23
3.2.2    Deska plošných spojů.....	26
3.3    REDUKCE PRO PROCESOR .....	27
3.3.1    Schéma zapojení.....	28
3.3.2    Deska plošných spojů.....	28
3.4    PROGRAMÁTOR A ONLINE EBUGGER USBDM.....	29
3.4.1    Schéma zapojení.....	30
3.4.2    Deska plošných spojů.....	30
3.5    STABILIZÁTOR NAPĚTÍ EXTERNÍHO ZDROJE.....	31
3.5.1    Schéma zapojení.....	32
3.5.2    Deska plošných spojů.....	32

3.6	PERIFERIE 8X LED DIODA .....	33
3.6.1	Schéma zapojení.....	33
3.6.2	Deska plošných spojů.....	34
3.7	PERIFERIE 8X TLAČÍTKO .....	35
3.7.1	Schéma zapojení.....	35
3.7.2	Deska plošných spojů.....	35
3.8	PERIFERIE MATICOVÁ KLÁVESNICE 4X4.....	36
3.8.1	Schéma zapojení.....	37
3.8.2	Deska plošných spojů.....	37
3.9	PERIFERIE MATICOVÝ DISPLEJ 7X24 LED .....	38
3.9.1	Schéma zapojení.....	39
3.9.2	Deska plošných spojů.....	39
3.10	PERIFERIE 8X SEDMI-SEGMENTOVÝ DISPLEJ.....	41
3.10.1	Schéma zapojení.....	42
3.10.2	Deska plošných spojů.....	42
<b>ZÁVĚR</b>	.....	<b>44</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	.....	<b>46</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b>	.....	<b>48</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	.....	<b>49</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	.....	<b>51</b>

## ÚVOD

V posledních letech výrazně klesla cena mikropočítačů což značně usnadnilo jejich rozšíření v různých odvětvích průmyslu i služeb. Dále došlo k výrazné miniaturizaci jednotlivých čipů na waferu (sloužící pro výrobu polovodičových součástek) a snížení počtu vyrobených vadných čipů, což úzce souvisí s výslednou cenou procesoru. K výpočetnímu jádru se na čip v posledních letech integruje daleko více ram i flash paměti. Podle typu procesoru bývá součástí i několik A/D převodníků, časovačů, čítačů, komunikačních rozhraní a velké množství dalších periférií, které se v minulosti musely řešit externími součástkami. Největší výhodou moderních mikropočítačů oproti jiným řešením je flexibilita nastavení pro danou aplikaci. Mikropočítače s jádrem HCS08 se dají programovat v assembleru, C a C++.

V současné době není k dispozici žádný vývojový kit, který by poskytoval širokou řadu periférií a přitom byl cenově dostupný.

Tento kit by měl sloužit začátečníkům i pokročilým. Začátečník pomocí tohoto kitu pronikne do problematiky mikroprocesorů v jazyku symbolických adres i ve vyšším programovacím jazyku C. Pokročilejším programátorům jsou k dispozici komplikovanější periferie.

## I. TEORETICKÁ ČÁST

# 1 MIKROKONTROLÉR

Jednočipový počítač je integrovaný obvod, který v sobě zahrnuje zpravidla vše potřebné k tomu, aby mohl obsáhnout celou aplikaci, aniž by potřeboval další podpůrné obvody. [1][9][11]

## 1.1 Definice

Jednočipový počítač (Mikrokontrolér, MCU,  $\mu\text{C}$ ) je většinou monolitický integrovaný obvod obsahující kompletní mikro počítač. Vyznačují se velkou spolehlivostí a kompaktností, proto jsou určeny především pro jed nouúčelové aplikace jako je řízení, regulace apod. Často jsou součástí vestavěných (embedded) systémů. [1][11]

## 1.2 Architektury

Existují základní dvě architektury mikroprocesorů – von Neumannova a Harvardská. Každá má svoje výhody i nevýhody. Při současném stupni integrace se častěji využívá Harvardská architektura, vysoký stupeň integrace do voluje připojit různé bloky paměti pomocí vlastních sběrnic. Dělení na „Harvardskou“ a „Von Neumannovu“ architekturu je však při dnešním stupni integrace již poněkud akademické. U moderních architektur se často uživateli adresový prostor jeví navenek jako lineární (Von Neumannovský), zatímco fyzicky jsou paměti k jádru připojeny pomocí několika nezávislých sběrnic (např. jedna sběrnice pro paměť programu v FLASH/ROM, druhá pro uživatelskou vnitřní RAM a zásobník, třetí pro připojení integrovaných paměťově mapovaných periférií, další pro připojení externí RAM). [1][9][11]

### 1.2.1 Von Neumannova

- Sdílí paměť dat a programu - Instrukce programu i operandy, s kterými program pracuje, jsou uloženy ve stejné paměti
- Program je vykonáván sekvenčně
- Změnu pořadí vykonávaných instrukcí lze změnit pouze podmíněným či nepodmíněným skokem nebo voláním podprogramu
- Neexistuje princip paralelismu - neefektivní při optimalizaci aplikace pro výkon

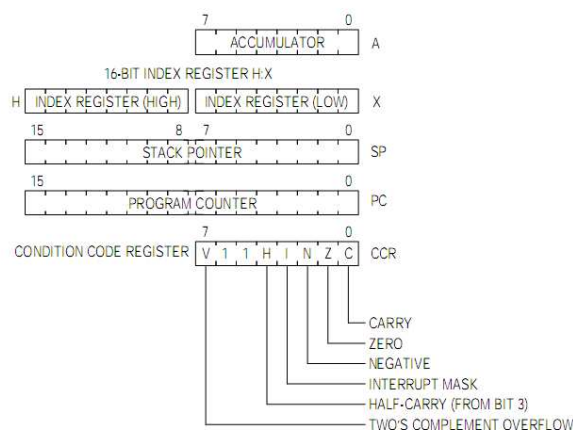
### 1.2.2 Harvardská

- Chronologicky navazuje na architekturu Von Neumannovu a odstraňuje některé její nedostatky
- Největší rozdíl je v oddělení paměti dat a programu
  - Program nemůže přepsat sám sebe
  - Možnost využití pamětí realizovaných různými technologiemi
  - Obsahuje dvě sběrnice – adresovou a datovou
  - Umožňuje současný přístup k instrukcím i datům
- Program je vykonáván sekvenčně

## 1.3 Popis jádra HCS08 a procesorů rodiny S08QE

### 1.3.1 Registry jádra HCS08

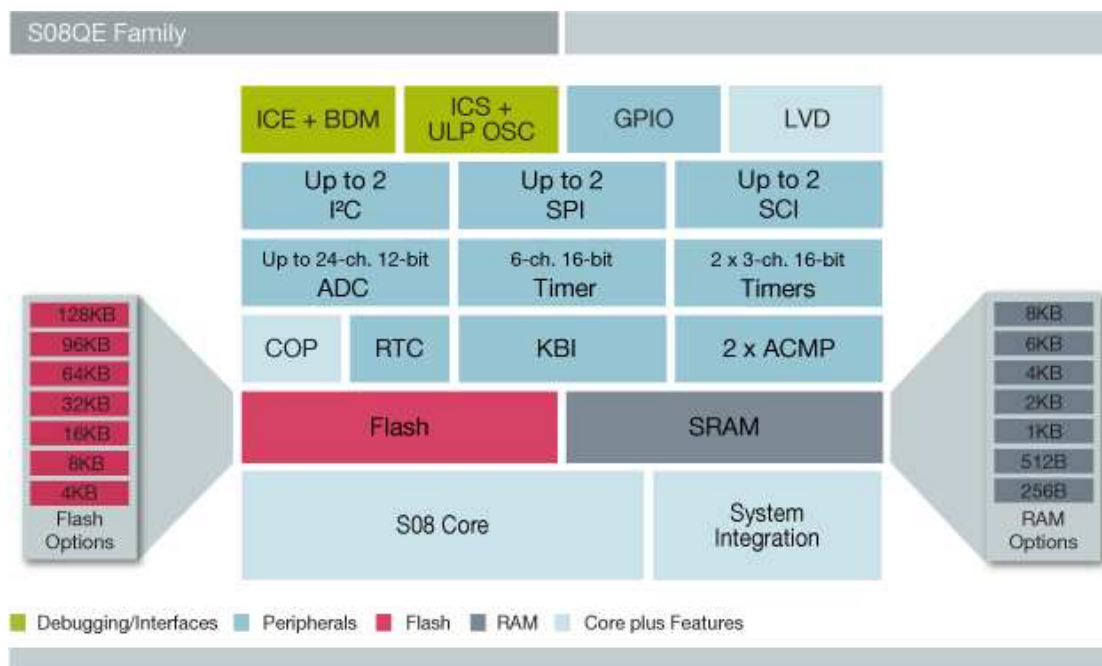
Jádro je postaveno na Von Neumannově architektuře tzn., procesor má společnou paměť dat s pamětí programu. Jádro obsahuje 8bitový akumulátor (Accumulator – A), 16bitový indexový registr (Index register H:X), 16bitový ukazatel zásobníku (Stack Pointer – SP), 16bitový registr programového čítače sloužícího jako ukazatel na právě prováděnou instrukci v paměti (Program Counter – PC), 8bitový příznakový registr (Condition Code Register – CCR). Nultý bit příznakového registru značí přenos (Carry - C), první bit značí příznak nuly (Zero – Z), druhý bit označuje negativní výsledek (Negative – N), třetí bit ukazuje povolení/zakázání přerušení (Interrupt Mask – I), čtvrtý bit informuje o polovině přenosu (Half-Carry – H) a sedmý bit ukazuje přetečení (Two's complement overflow - V).[4]



Obrázek 1: Znázornění uživatelských registrů

### 1.3.2 Architektura mikrokontroléru S08QE

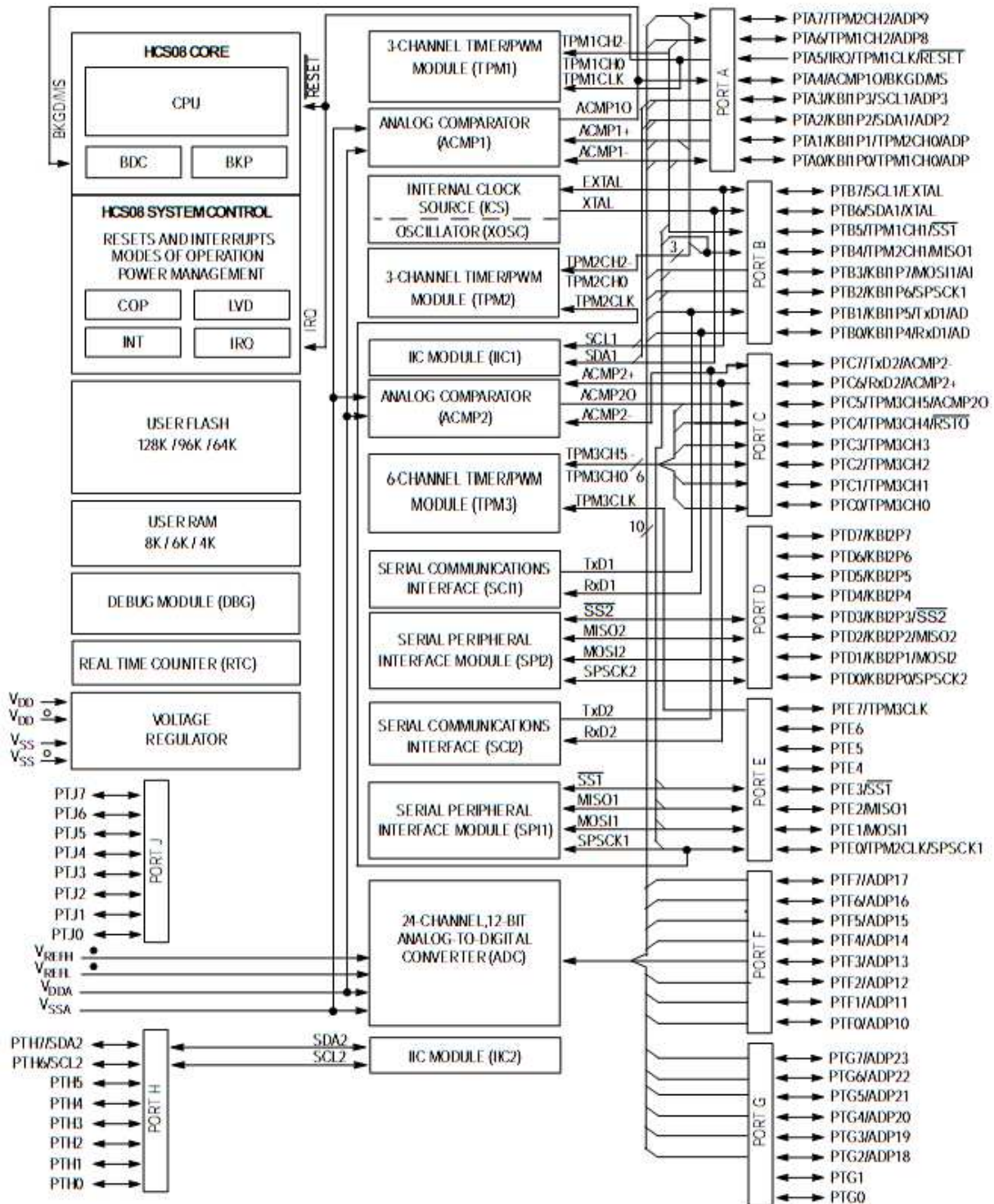
Na obrázku 1 je zobrazena architektura mikrokontroléru s jádrem S08QE. Mikropočítač obsahuje 4-128kB paměti Flash, 256B-8kB SRAM paměti, 2x SPI, 2x SCI, 2x I<sup>2</sup>C, modul přerušení od klávesnice KBI, 24 kanálový 12 bitový A/D převodník, 6 kanálový 16 bitový časovač, 2x3 kanálový 16 bitový časovač a rozhraní BDM. [2][3][7]



Obrázek 2: Architektura mikrokontroléru rodiny S08QE

### 1.3.3 Blokové schéma mikrokontroleru MC9S08QE128

Blokové schéma mikropočítače je uvedeno na obrázku 2. Tento mikropočítač bude základním prvkem vývojového kitu. [4]



Obrázek 3: Blokové schéma mikrokontroléru MC9S08QE128

### 1.3.4 Popis Mikrokontroléru MC9S08QE128CLH

#### 1.3.4.1 Základní vlastnosti

- 8bitové CPU s maximální taktovací frekvencí 50,33MHz
- Rozsah pracovní teploty od -40°C do 85°C
- Rozsah pracovního napětí 3,6 – 2,1V pro frekvenci CPU 50,33MHz, 2,1 – 1,8V pro frekvenci CPU 20MHz, rozsah nastavitelné frekvence je od 2MHz do 50,33MHz
- 128kB paměti Flash
- 8kB paměti SRAM
- Mikropočítač obsahuje interní oscilátor, má i možnost připojení externího oscilátoru o kmitočtu od 31,25kHz do 38,4kHz nebo 1MHz až 16MHz
- Procesor obsahuje Watchdog timer (automatický reset systému při uváznutí)
- Obsahuje jednodrátové zpětnovazební ladící rozhraní (BDM interface)
- 24kanálový až 12bitový A/D převodník s dobou převodu 2,5μs
- 2x analogový komparátor s nastavitelným přerušením na náběžnou nebo sestupnou hranu signálu
- 2x asynchronní sériová komunikační linka (SCI)
- 2x SPI
- 3x časovač - 1x šesti kanálový a 2x tří kanálový
- 8bitový čítač reálného času
- 16x KBI modul přerušení s volitelnou polaritou
- Zapouzdření 64-LQFP

#### 1.3.4.2 Mezní parametry mikrokontroléru

- Napájecí napětí -0,3 – 3,8V
- Maximální odběr proudu z napájecích pinů 120mA
- Maximální napětí na digitálním vstupu pro log „0“ -0,3V a log „1“  $U_{cc}+0,3V$

- Maximální špičkový proud odebíraný z jednoho pinu portu  $\pm 25\text{mA}$

## 1.4 Popis jádra ColdFire® V1 Core a procesoru MCF51QE

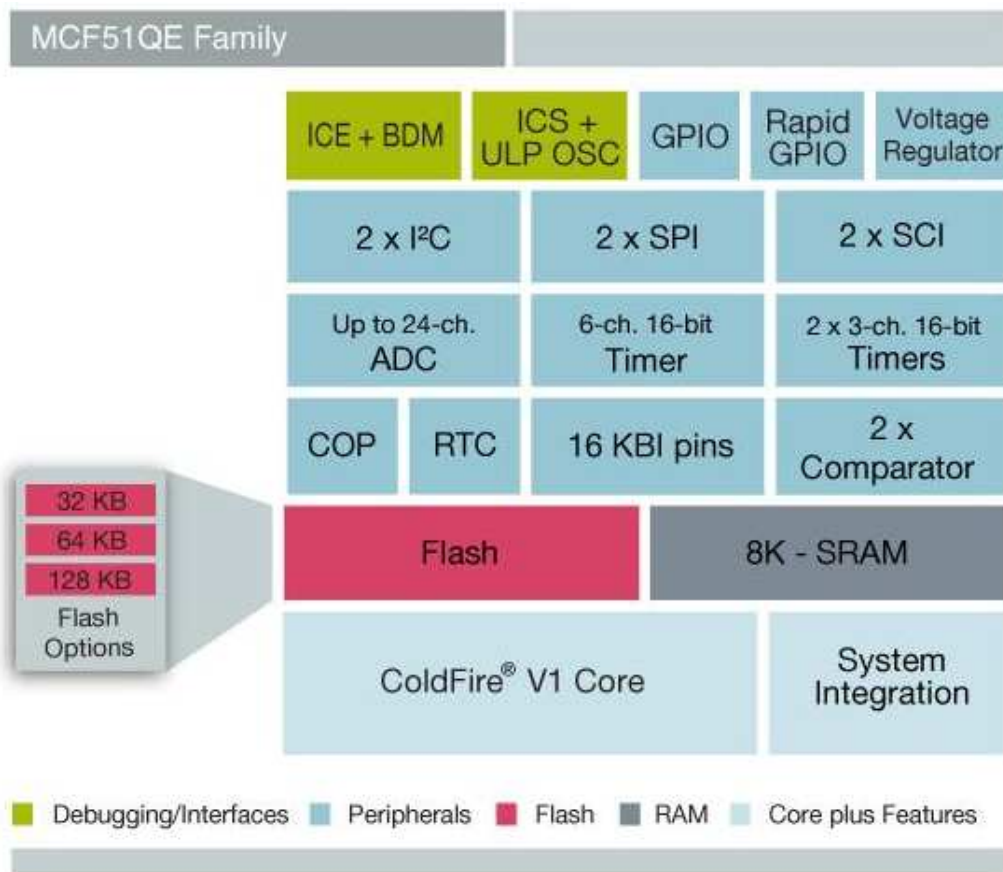
### 1.4.1 Registry jádra MCF51

Jádro je také postaveno na Von Neumannově architektuře, stejně jako jádro S08. Tím pádem má procesor společnou paměť dat s pamětí programu. Jádro obsahuje 16 univerzálních 32bitových registrů D0-D7, A0-A7, 32bitový systémový čítač (Program Counter - PC), 8bitový příznakový registr (Condition Code Register - CCR), 16bitový stavový registr (Status Register - SR), 32bitový ukazatel zásobníku (Supervisor Stack Pointer - SSP), 32bitový registr báze registr (Vector Base Register - VBR), 32bitový registr pro nastavení CPU (CPU Configuration Register - CPUCR).

Nultý bit příznakového registru značí přenos (Carry - C), první bit značí přetečení aritmetické implikace, při přetečení nastaven na 1 (Overflow Condition bit - V), druhý bit značí příznak nuly (Zero - Z), třetí bit označuje negativní výsledek (Negative - N), čtvrtý bit obsahuje rozšiřující podmínku pro přetečení v aritmetických operacích (Extend Condition Code bit - X), pátý až sedmý bit je rezervován pro systém, musí být vynulováno.

### 1.4.2 Architektura mikrokontroléru ColdFire® V1 Core z rodiny QE

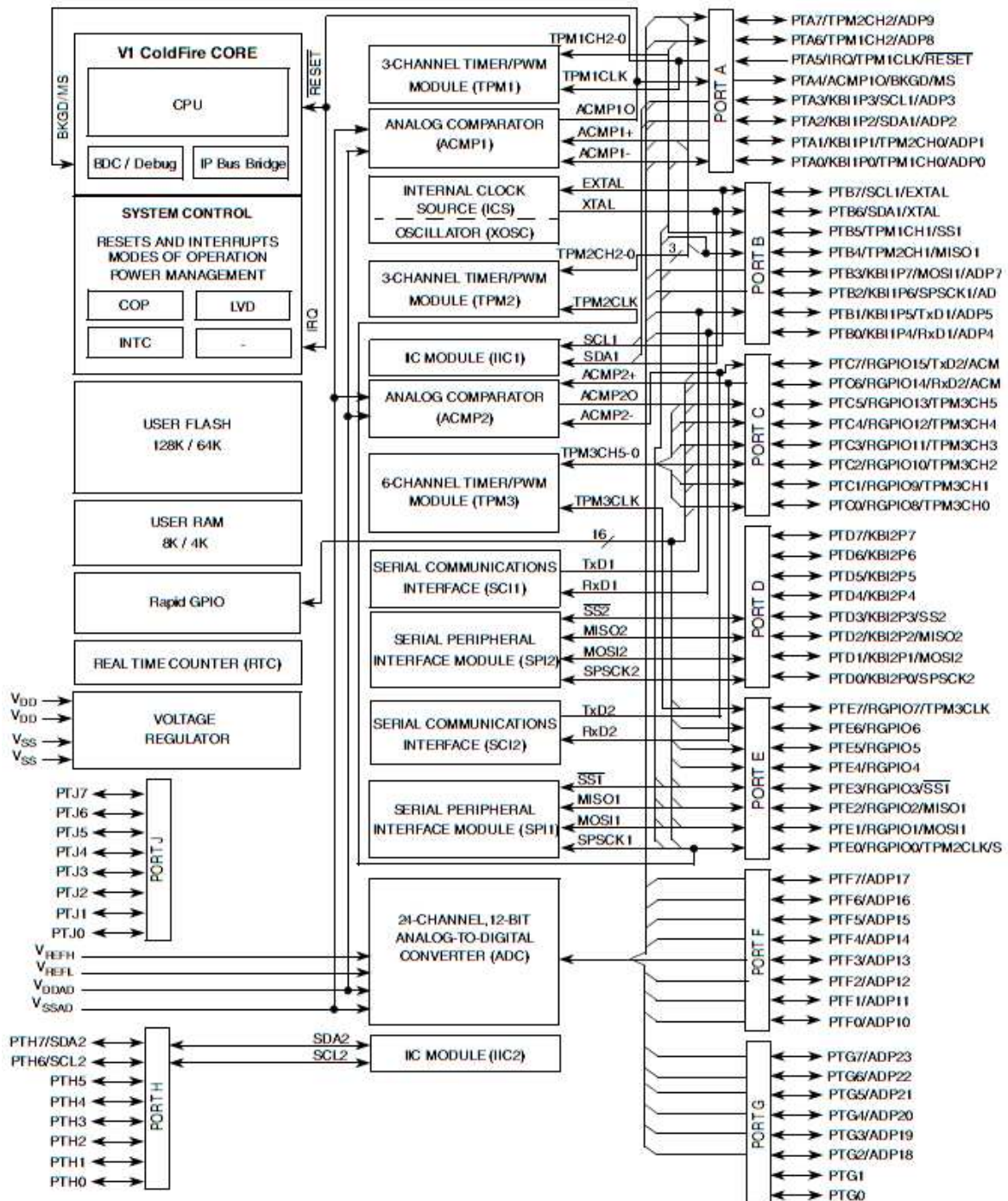
Na obrázku 4 je zobrazena architektura mikrokontroléru s jádrem ColdFire® V1 Core. Mikro počítač může obsahovat 32-128kB paměti Flash. Dále obsahuje mimo jiné také 8kB SRAM paměti, 2x SPI, 2x SCI, 2x I<sup>2</sup>C, modul přerušení od klávesnice KBI (16 pinů), 24 kanálový A/D převodník, 6kanálový 16bitový časovač, 2x3kanálový 16bitový časovač a rozhraní BDM. [5][7]



Obrázek 4: Architektura mikrokontroléru rodiny ColdFire® V1 Core z rodiny QE

### 1.4.3 Blokové schéma mikrokontroléru MCF51QE128

Na obrázku 5 vidíme blokové schéma mikropočítače, který bude možno bezproblémově zaměnit za MC9S08QE128CLH ve vývojovém kitu.[5]



Obrázek 5: Blokové schéma mikrokontroléru MCF51QE128

## 1.4.4 Popis Mikrokontroléru MCF51QE128LH

### 1.4.4.1 Základní vlastnosti

- 32bitové ColdFire<sup>®</sup> CPU s maximální taktovací frekvencí 50,33MHz
- Rozsah pracovní teploty od -40°C do 85°C
- Rozsah pracovního napětí 3,6 – 2,1V pro frekvenci CPU 50,33MHz, 2,1 – 1,8V pro frekvenci CPU 20MHz, , rozsah nastavitelné frekvence je od 2MHz do 50,33MHz
- 128kB paměti Flash
- 8kB paměti SRAM
- Mikropočítač obsahuje interní oscilátor, má i možnost připojení externího oscilátoru o kmitočtu od 31,25kHz do 38,4kHz nebo 1MHz až 16MHz
- Procesor obsahuje Watchdog timer (automatický reset systému při uváznutí)
- Obsahuje jednodrátové zpětnovazební ladící rozhraní (BDM interface)
- 2 kanálový 12bitový A/D převodník s dobou převodu 2,5 $\mu$ s
- 2x analogový komparátor s nastavitelným přerušením na náběžnou nebo sestupnou hranu signálu
- 2x asynchronní sériová komunikační linka (SCI)
- 2xSPI
- 3x časovač - 1x šesti kanálový a 2x tří kanálový
- 8bitový čítač reálného času
- 16x KBI modul přerušení s volitelnou polaritou
- Zapouzdření 64-LQFP

### 1.4.4.2 Mezní parametry mikrokontroleru

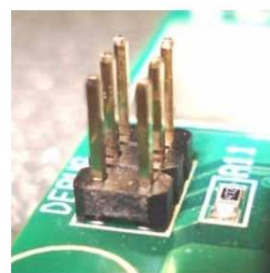
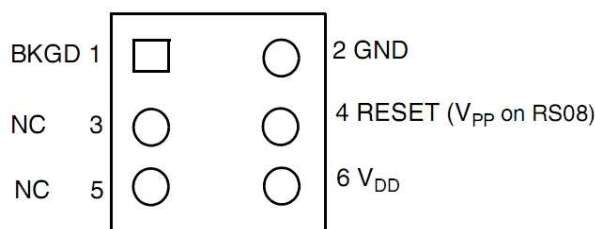
- Napájecí napětí -0,3 – 3,8V
- Maximální odběr proudu z napájecích pinů 120mA
- Maximální napětí na digitálním vstupu pro log „0“ -0,3V a log „1“  $U_{cc}+0,3V$

## 2 BDM ROZHRANÍ

Rozhraní BDM slouží k programování a online ladění mikroprocesorů od firmy Freescale Semiconductor. [12]

### 2.1 Funkce

BDM je realizována šestipinovým konektorem (jsou využívány pouze 4 piny). Komunikace je prováděna pinem BKGD. V případě potřeby slouží pin RESET k navázání komunikace mezi počítačem a mikroprocesorem. Piny  $V_{DD}$  a GND slouží pro napájení mikroprocesoru. [12]



Obrázek 6: Zobrazení vývodů BDM konektoru [12]

BKGD pin je pseudo plovoucí pin s integrovaným pull-up rezistorem tzn., není potřeba žádný externí pull-up rezistor pro odolnost proti rušení. Pomocí tohoto pinu lze také přistupovat do paměti RAM, Flash a jiné energeticky nezávislé paměti např. EEPROM. Zařízení pro ladění se skládá z hardwarové logiky. BDC nepotřebuje CPU nebo jeho instrukce. BDC umožňuje přístup do vnitřní paměti i za běhu programu.[12]

#### 2.1.1 Vlastnosti BDC (Background Debug Controller)

- BKGD pin slouží pro volbu režimu a pro zpětnovazební komunikaci
- BDC registry nejsou alokovány v paměťové mapě
- Příkaz SYNC určuje hodnotu cílové komunikace
- Netečné příkazy pro přístup do paměti
- Aktivní zpětnovazební příkazy pro přístup do CPU registrů

BDC je zodpovědný za komunikaci prostřednictvím jediného pinu BKGD. Hlavní výhodou, ve srovnání se starší řadou 8-bitových mikroprocesorů, je nevyužívání vnitřní paměti, adres v paměťové mapě a také nesdílení integrovaných periférií. Příkazy z PC jsou posílány sériově do BKGD.

Komunikaci zahajuje MSB užívající vlastní BDC protokol. Tyto příkazy nemají vliv na program vykonávaný mikro počítačem. Úplný seznam příkazů lze nalézt v dokumentaci. [12]

### **2.1.2 Vlastnosti DBG (Debug Module)**

- Dva synchronizované komparátory
- Flexibilní 8-slovní 16bitový FIFO zásobník
- Dva typy přerušení
- Devět synchronizačních metod

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 NÁVRH A VÝROBA DPS PRO VÝVOJOVÝ KIT

Bylo nutné najít co nejlepší kompromis mezi velikostí a dostatečnou multifunkčností vývojového kitu. Po prohlédnutí mnoha vývojových kitů a konzultací s vedoucím této práce jsem zvolil kompromisní velikost základní desky a jednotnou velikost periferních modulů. Konečně realizované řešení základní desky má rozměry 115x155mm. Velikost periférií byla zvolena 119x48mm.

#### 3.1 Eagle 5.7.0

Program Eagle je komplexní prostředek pro návrh a realizaci desek plošných spojů. Pro návrh tohoto projektu bylo nutné použít plné verze programu, protože rozsah práce přesáhl možnosti demoverze.

Přestože nástroj Eagle patří mezi levnější verze návrhových prostředků pro výrobu desek plošných spojů, jsou jeho možnosti dostačující pro realizaci této bakalářské práce.

Kvůli velkým nedostatkům v originálních knihovnách bylo nutné vytvořit knihovny vlastní, které jsou ve větší míře použity i v této práci. K návrhu bylo užito prokovených dvouvrstevných desek plošných spojů s tloušťkou mědi 18 $\mu$ m.

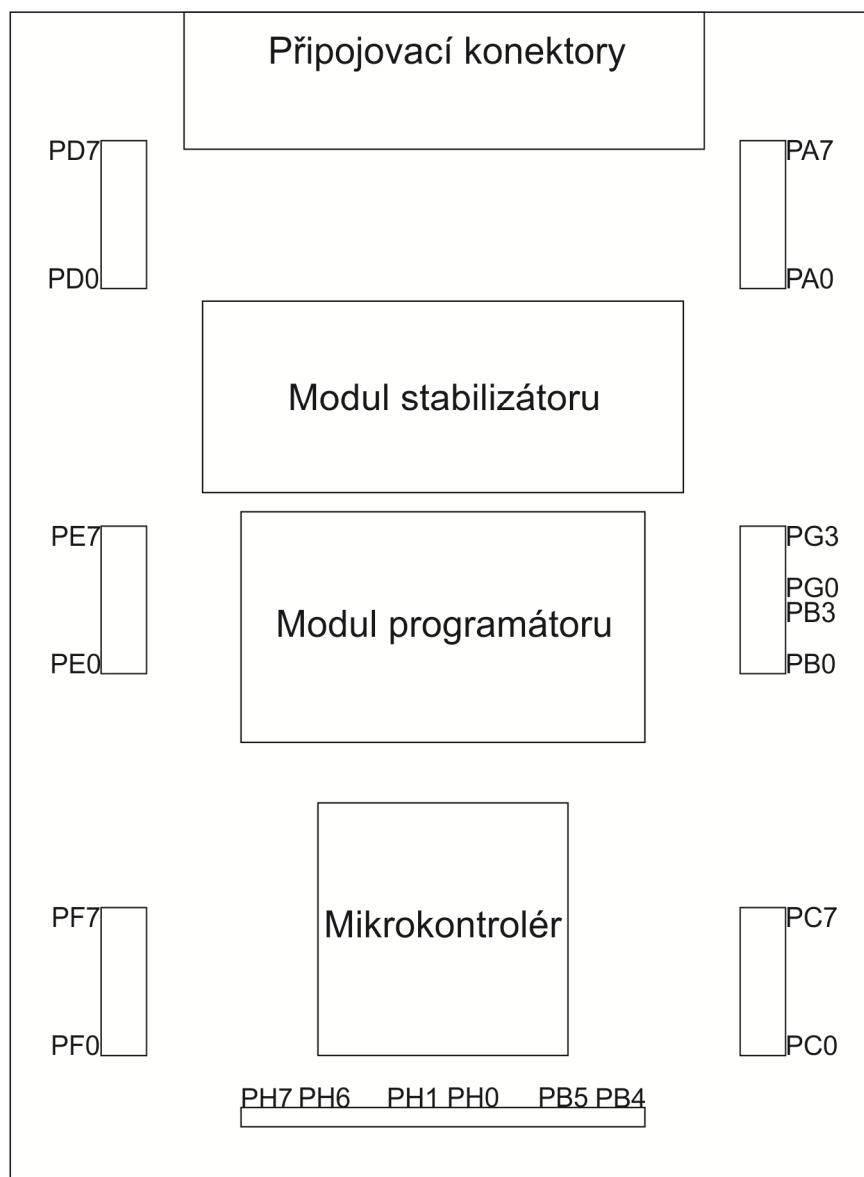
#### 3.2 Základní deska

Srdcem celého projektu je základní deska, která obsahuje patici pro mikrokontrolér, programátor, stabilizaci externího napájení, pět plnohodnotných portů a jeden port složený ze dvou polovičních portů. Dále deska obsahuje rozhraní USB pro komunikaci s PC. Vyvedena je také sériová linka na konektoru canon9 a na pinové liště přímo na základní desce.

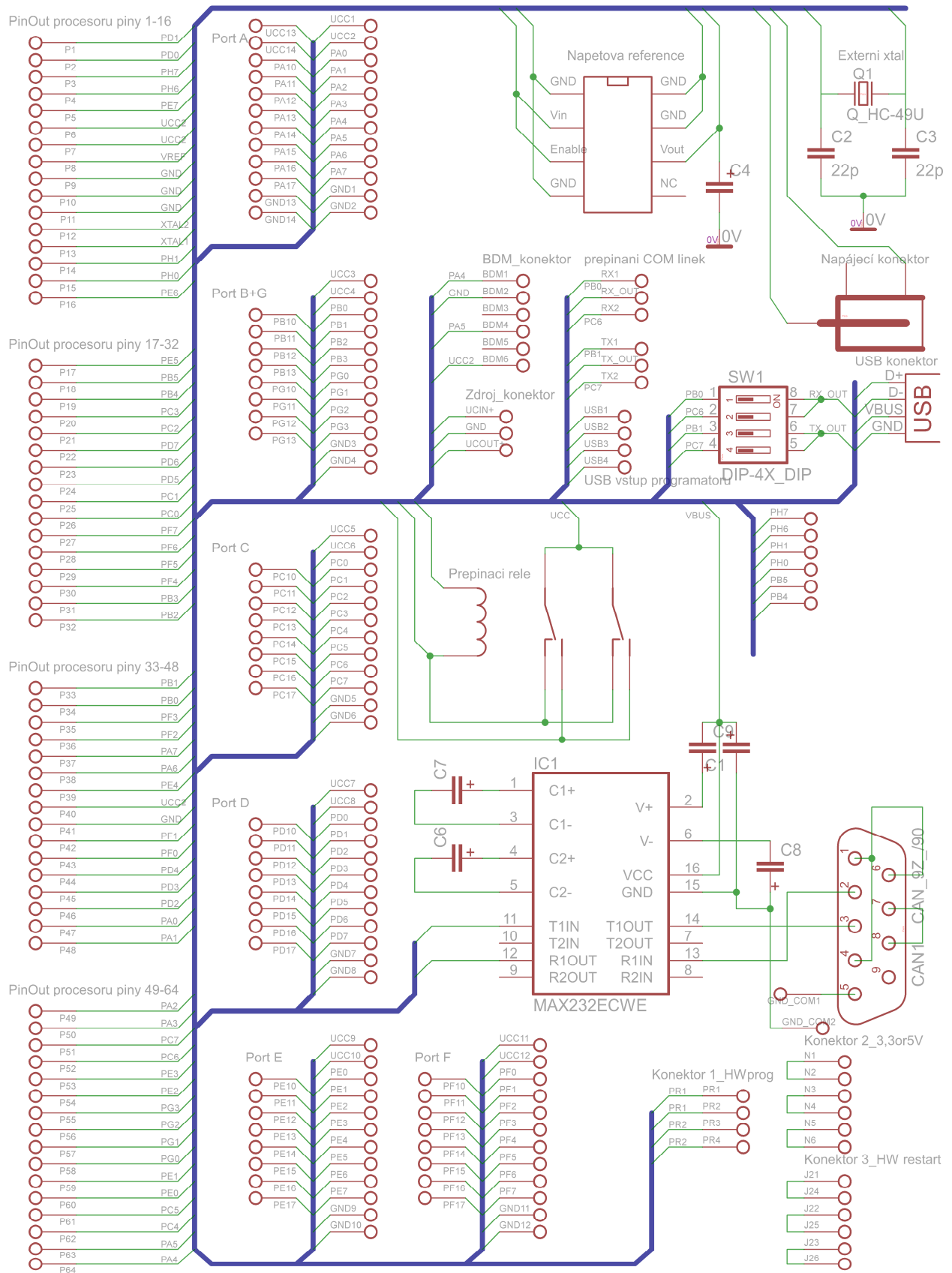
##### 3.2.1 Schéma zapojení

V levé části schématu jsou zobrazeny jednotlivé vývody mikroprocesorové patice. Pro tento vývojový kit byla zvolena velikost pouzdra 64 pinů v provedení LQFP. Porty A, C, D, E a F jsou 8bitové a port B+G je složen ze dvou 4 bitových. Tento popis platí v případě osazení mikropočítače HCS08QE128. Dále návrh obsahuje přesnou napěťovou referenci, kterou není nutné osazovat. Tato reference slouží ke zvýšení přesnosti A/D převodu v případě, že reference zabudovaná přímo v procesoru přestává být dostačující. Kit umožňuje i osazení externího krystalu pro hodinový kmitočet mikropočítače. Základní deska umožňuje jak napájení pouze z USB tak i napájení pomocí externího zdroje. Při připojení napájecího napětí 6-15V stejnosměrných do napájecího konektoru, sepne cívka relé do režimu napájení periférií z externího zdroje. Toto vstupní napětí je stabilizováno a vyfiltrováno modulem stabilizátoru

na 5,0V. Programátor a mikrokontrolér jsou dále napájeni z rozhraní USB. V režimu napájení pouze z USB jsou periferie, programátor i mikrokontrolér napájeni pouze stabilizovaným napětím 5V/500mA, které poskytuje rozhraní USB. Základní deska má vyvedené sériové linky přímo na jednotlivých portech, extra na pinových lištách a jednu sériovou linku pomocí převaděče úrovní vyvedenou přímo na konektor canon9. Pro výběr aktivní sériové linky se stará DIL přepínač. Deska dále obsahuje jumper „Hwprog“ pro možnost aktualizace firmware programátoru, „Hwrestart“ pro HW jeho restart a „3,3or5V“ pro volbu napájecího napětí mikroprocesoru osazeného do redukce.



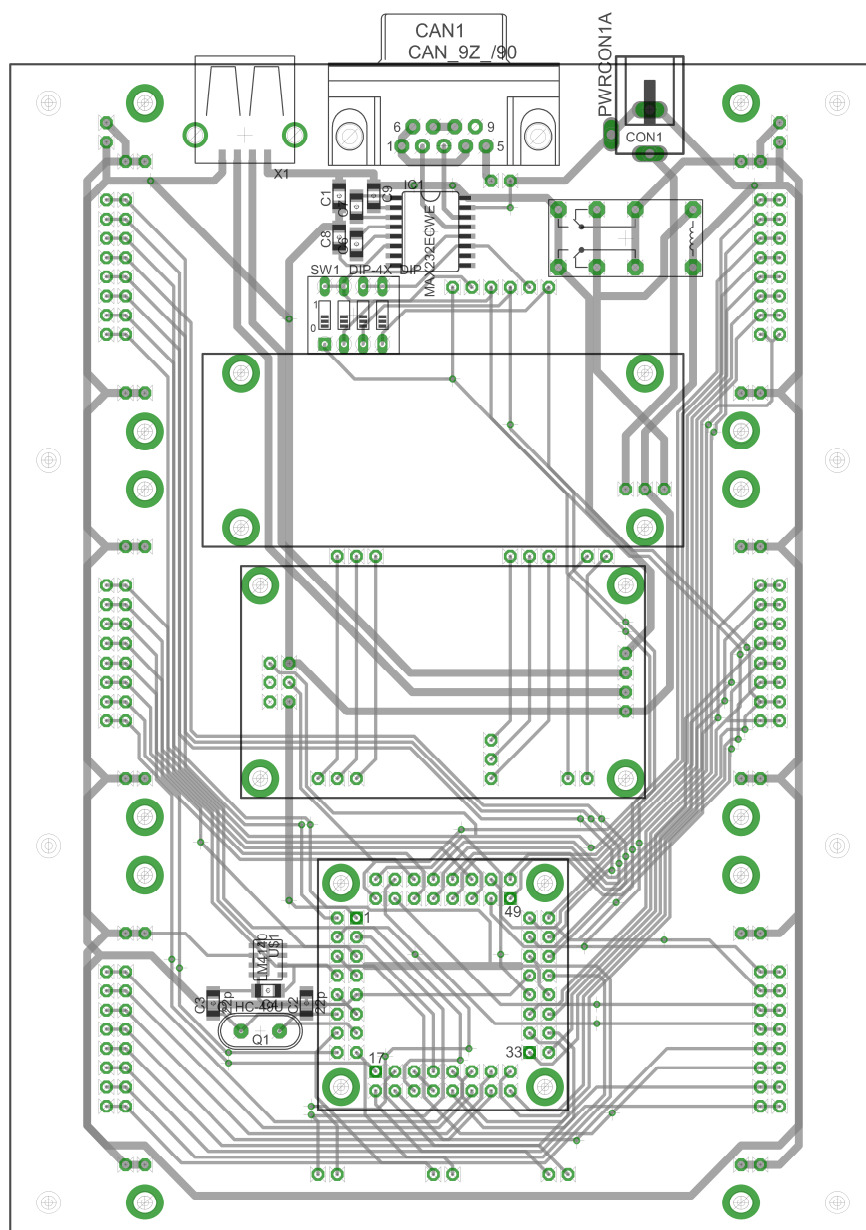
Obrázek 7: Blokové schéma základní desky



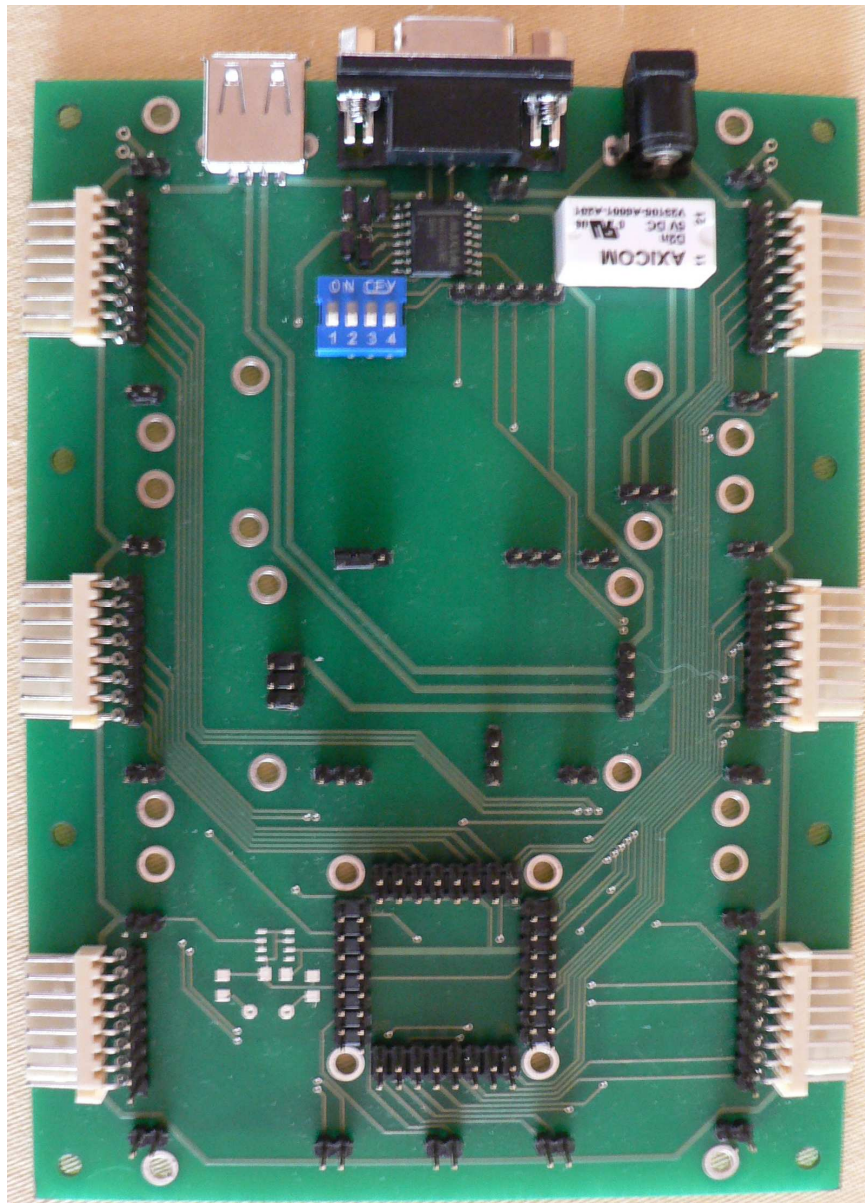
Obrázek 8: Úplné schéma základní desky vývojového kitu

### 3.2.2 Deska plošných spojů

Deska plošných spojů byla navržena tak, aby konektory byly vyvedeny u jedné hrany pro vysoký komfort obsluhy. Kvůli vyšší složitosti bylo pro návrh použito dvou signálových vrstev, které jsou navzájem vodivě spojeny pomocí prokovených otvorů. Tloušťka cest byla volena tak, aby periferie mohla odebírat až 700mA z externího zdroje. Vývody jednotlivých pinů portů jsou dimenzovány na cca 75mA. Kvůli vyšší spolehlivosti a odstranění problémů se zemní smyčkou nebylo užito tzv. rozlité země, která by v tomto případě byla spíše zdrojem problémů. Deska má rozměry 114x155mm.



Obrázek 9: Osazovací plán základní desky



Obrázek 10: Fotografie základní desky

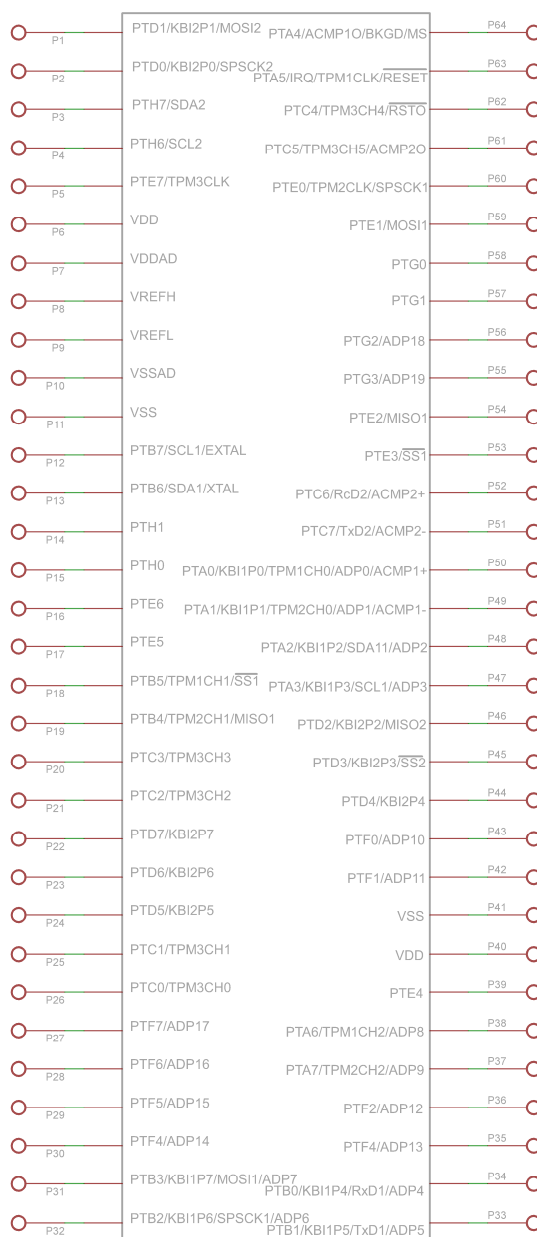
### 3.3 Redukce pro procesor

Aby bylo jednoduše možné měnit procesory mezi sebou, bez dílenského příslušenství, musela vzniknout redukce pouzdra LQFP na rozebíratelný konektorový spoj.

Tato redukce je navržena na jednostranném plošném spoji. Realizace proběhla na desce s tloušťkou měděného filmu 18 $\mu$ m a zelenou nepájivou maskou bez servisního potisku.

### 3.3.1 Schéma zapojení

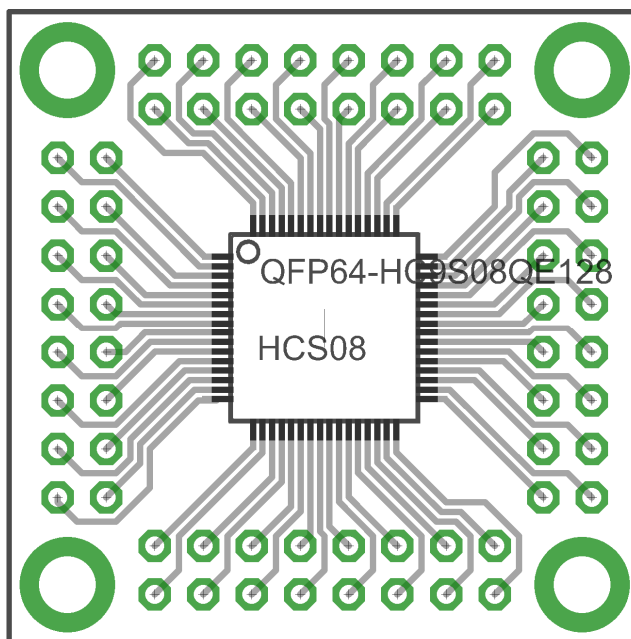
Jde o prosté propojení vývodů mikro počítače s jednotlivými piny redukčního konektoru.



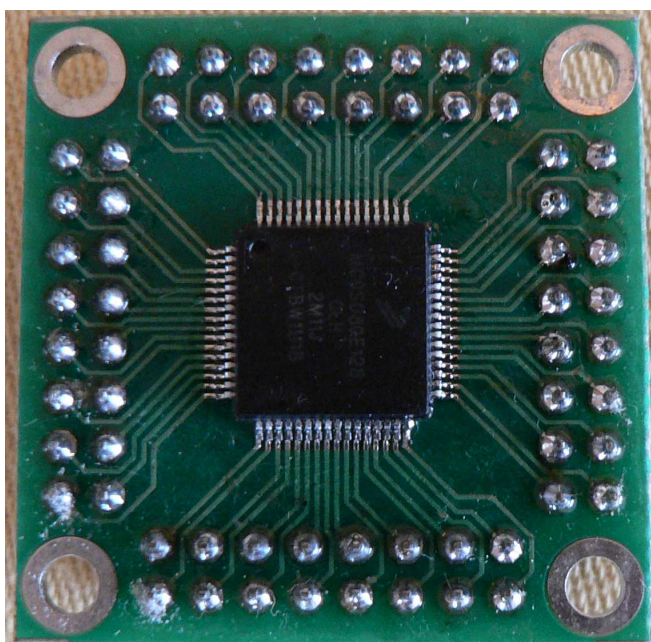
Obrázek 11: Schéma zapojení redukce pro mikrokontrolér

### 3.3.2 Deska plošných spojů

Deska byla navržena tak aby spoje měly co nejmenší délky. Při osazování desky je doporučeno nejprve osadit mikroprocesor a poté teprve redukční konektory.



Obrázek 12: Osazovací plán redukce



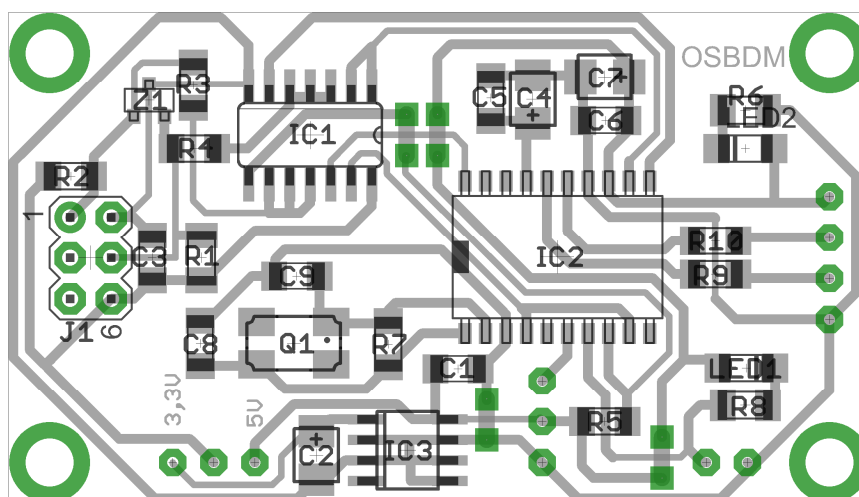
Obrázek 13: Fotografie redukce pro mikrokontrolér

### 3.4 Programátor a online ebugger USBDM

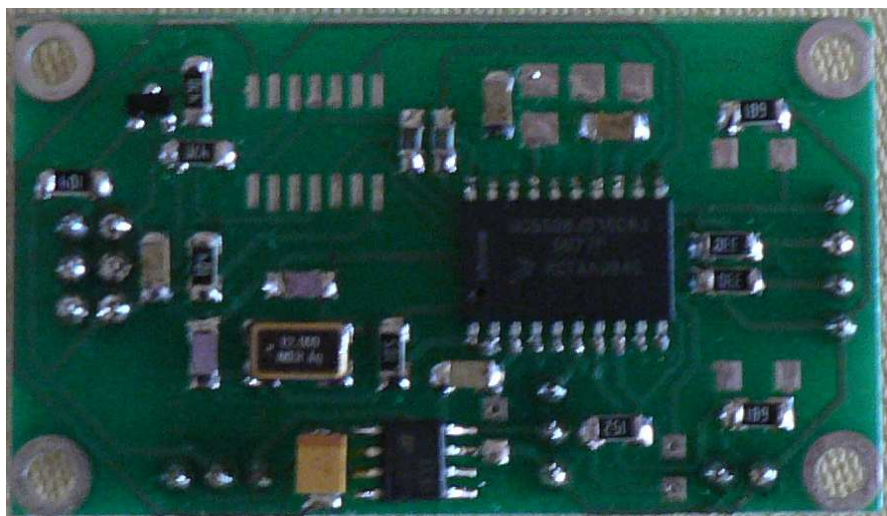
Aby bylo možné mikrokontrolér připojit k PC pomocí rozhraní USB s možností online debugu bylo použito a modifikováno zapojení Open source USBDM\_JS16. Řídící firmware a ovladače pro prostředí CodeWarrior jsou převzaty z tohoto projektu. Tento programátor umožňuje i online debug.



Realizace byla provedena na desce s tloušťkou měděného filmu 18 $\mu$ m a zelenou nepájivou maskou bez servisního potisku. Deska má rozměry 53,5x30,5mm.



Obrázek 15: Osazovací plán programátoru USBDM



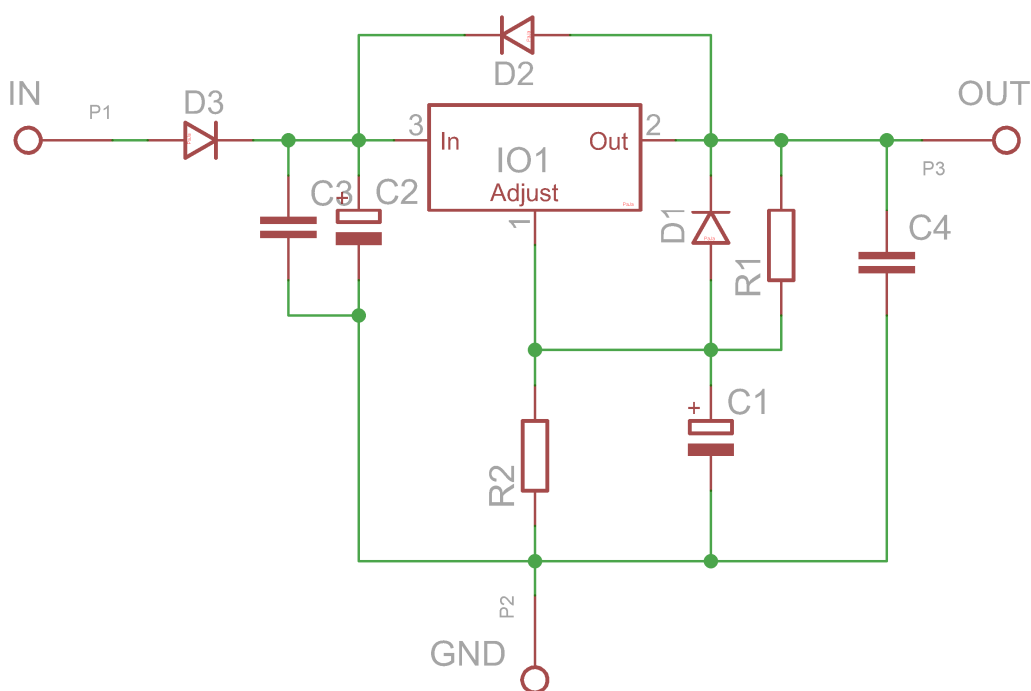
Obrázek 16: Fotografie programátoru USBDM

### 3.5 Stabilizátor napětí externího zdroje

Aby bylo možné použít více typů síťových adaptérů, byl kit vybaven stabilizací napájecího napětí z externího zdroje. K napájení kitu lze použít síťový adaptér dodávající napětí v rozmezí 6-15V stejnosměrných s proudovou zatížitelností 0,5-2,0A.

### 3.5.1 Schéma zapojení

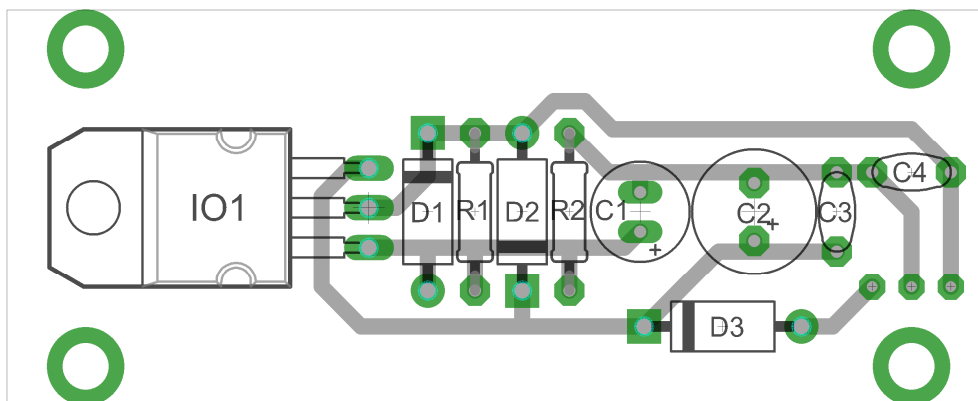
Stěžejní součástí stabilizátoru napětí je integrovaný stabilizační obvod LM317. Nastavení přesného výstupního napětí se provádí pomocí poměru rezistorů R1 a R2. Diody D1 a D3 slouží k ochraně stabilizátoru. Dioda D3 má za úkol chránit stabilizátor proti přepólování. Díky této diodě je celý vývojový kit odolný proti přepólování externího napájecího napětí a nehrozí jeho destrukce. Kondenzátorů C1, C2, C3 a C4 slouží k filtraci a blokování vstupního i výstupního napětí.



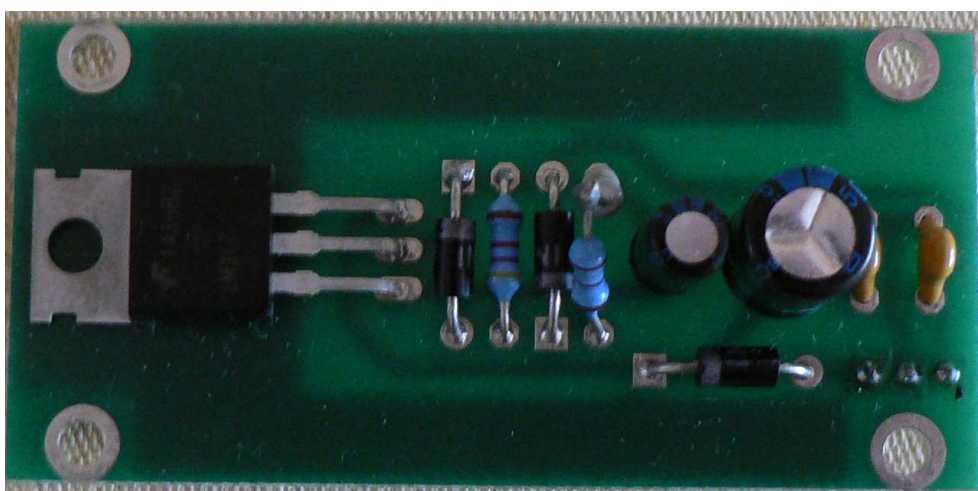
Obrázek 17: Schéma zapojení stabilizátoru napětí externího zdroje

### 3.5.2 Deska plošných spojů

Deska byla realizována na jednostranném plošném spoji o tloušťce měděného filmu  $18\mu\text{m}$  s nepájivou maskou bez servisního potisku. Je doporučeno nejprve osadit rezistory a diody, poté stabilizátor a nakonec kondenzátory s konektorem. Deska má rozměry  $63,5 \times 25,5\text{mm}$ .



Obrázek 18: Osazovací plán stabilizátoru napětí externího zdroje



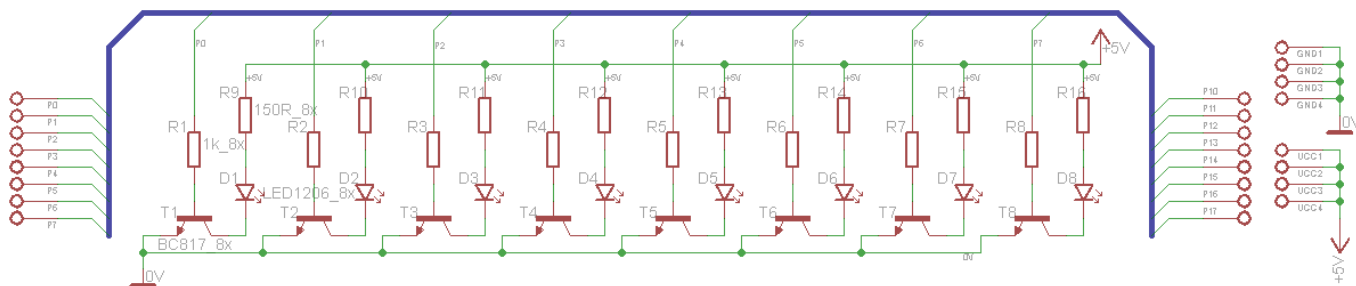
Obrázek 19: Fotografie stabilizátoru napětí externího zdroje

### 3.6 Periferie 8x LED dioda

Periferie 8x LED dioda patří mezi nejjednodušší periferie. Na každém pinu portu je osazena 1 LED dioda.

#### 3.6.1 Schéma zapojení

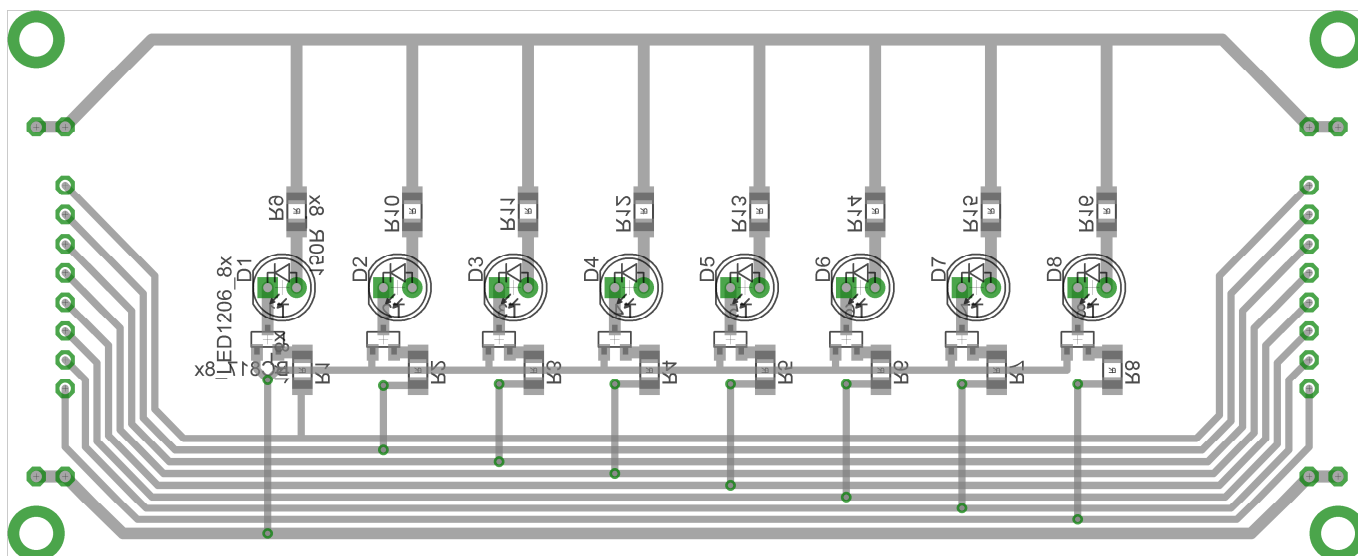
Každý výstup portu je přizpůsoben tranzistorem. Při přivedení log „1“ na jakýkoliv pin portu dojde k rozsvícení odpovídající LED diody. Rezistory R1-R8 slouží pro přizpůsobení úrovně do báze tranzistoru. Rezistory R9-R16 slouží pro omezení protékajícího proudu LED diodou na cca 18,5mA.



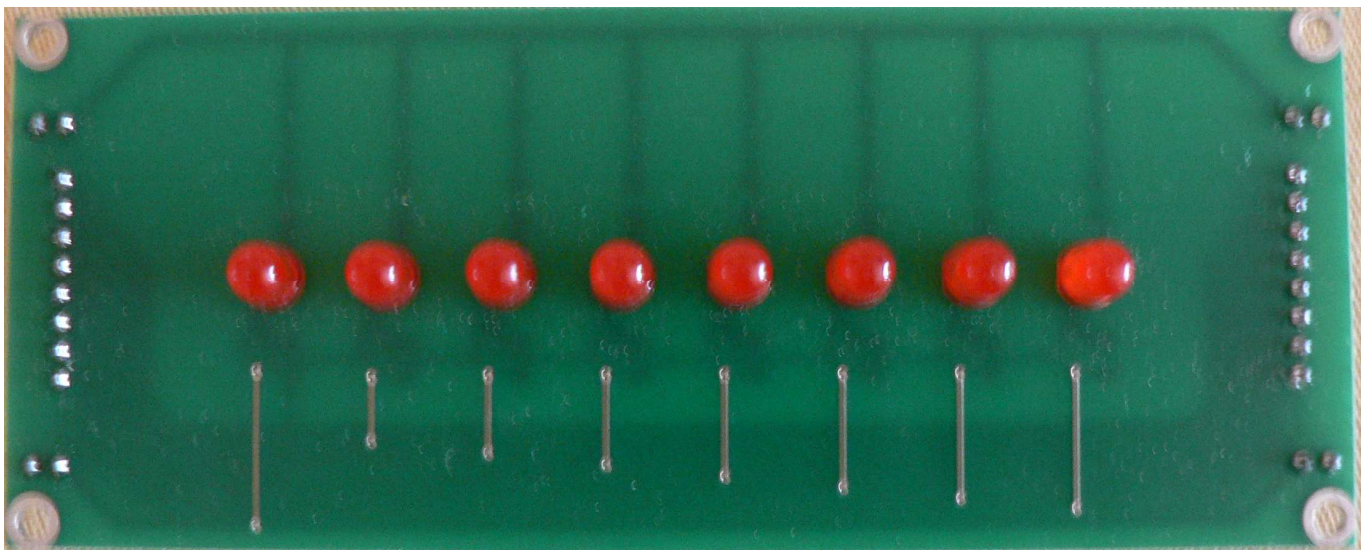
Obrázek 20: Schéma zapojení periferie 8x LED dioda

### 3.6.2 Deska plošných spojů

Deska plošných spojů byla navržena pomocí dvou signálových vrstev. Realizace proběhla na dvouvrstvé desce s tloušťkou měděného filmu 18 $\mu$ m s nepájivou maskou bez servisního potisku. LED diody byly umístěny symetricky doprostřed periferní desky. Tranzistory a rezistory byly zvoleny v pouzdrech pro povrchovou montáž. Je doporučeno nejprve osadit rezistory a tranzistory, poté LED diody a na závěr konektory. Deska má rozměry 119,4x48,3mm.



Obrázek 21: Osazovací plán periferie 8x LED dioda



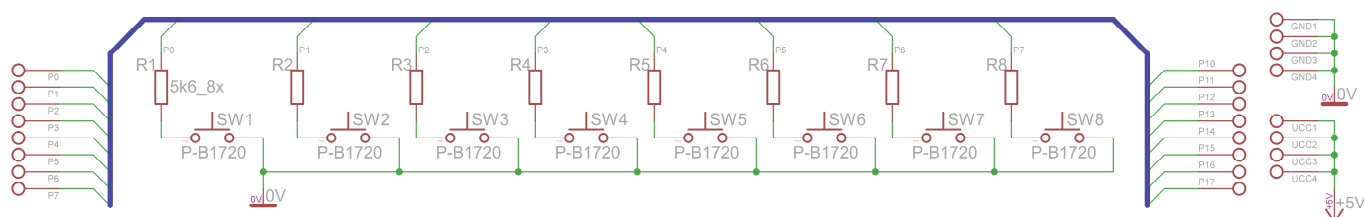
Obrázek 22: Fotografie periferie 8x LED dioda

### 3.7 Periferie 8x tlačítka

Periferie 8x tlačítka patří mezi nejjednodušší periferie. Na každém pinu portu je osazeno jedno tlačítko.

#### 3.7.1 Schéma zapojení

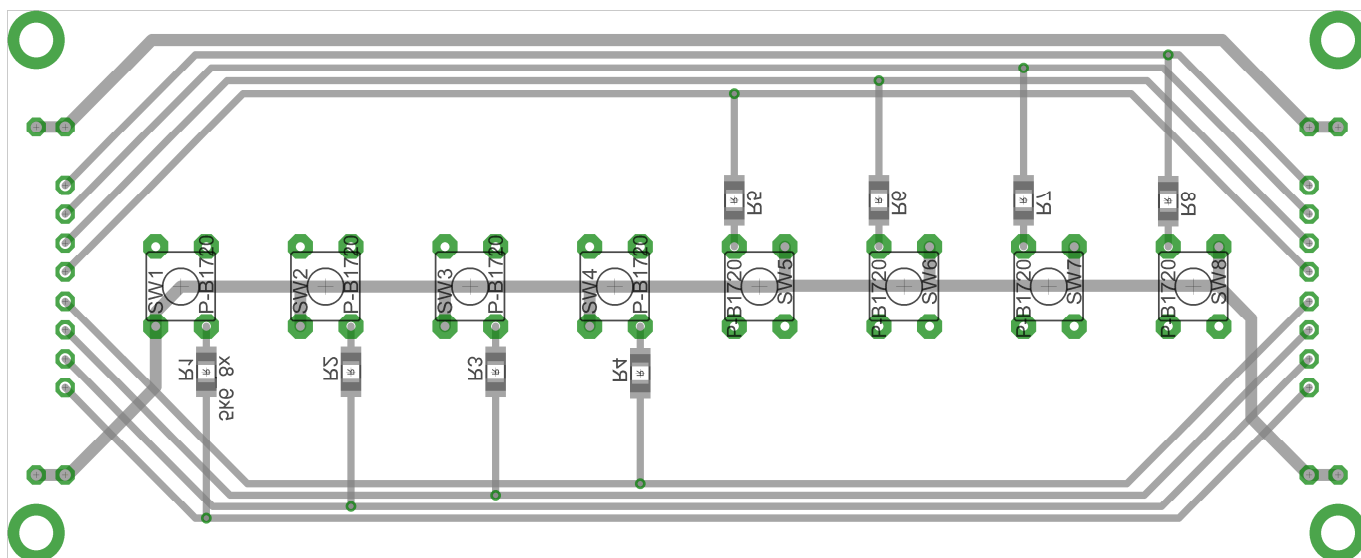
Rezistory R1-R8 slouží k omezení protékajícího proudu obvodem při stisku tlačítka. Každý pin portu má vyvedeno jedno tlačítko.



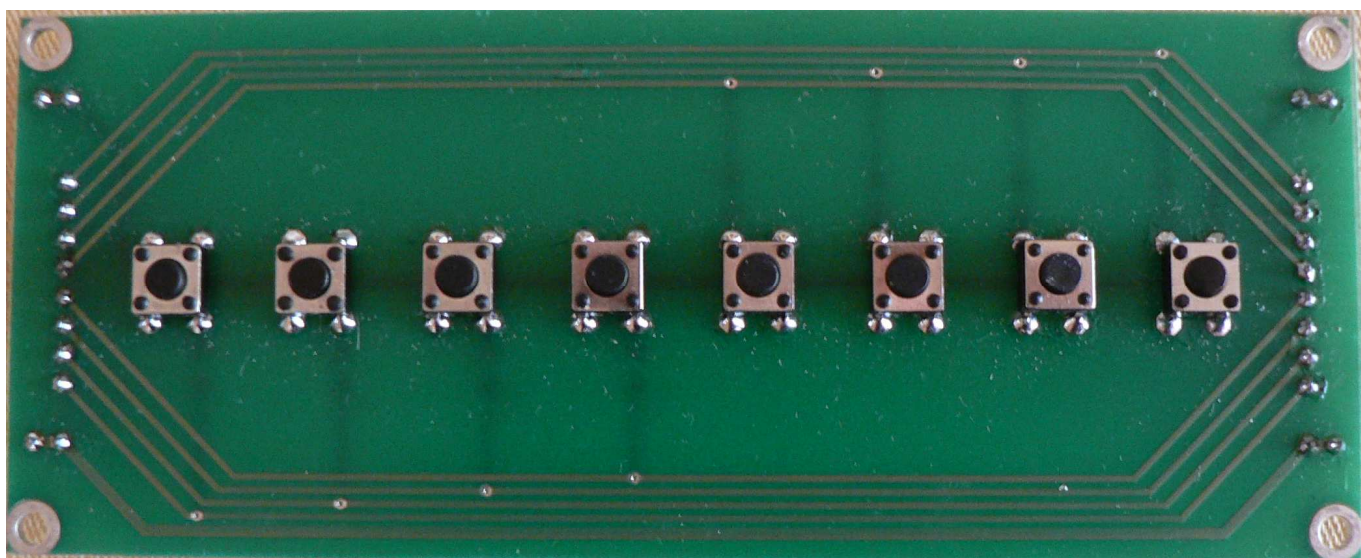
Obrázek 23: Schéma zapojení periferie 8x tlačítka

#### 3.7.2 Deska plošných spojů

Deska plošných spojů byla navržena pomocí dvou signálových vrstev. Realizace proběhla na dvouvrstvé desce s tloušťkou měděného filmu 18 $\mu$ m s nepájivou maskou bez servisního potisku. Tlačítka byly umístěny v řadě do osy periferní desky. Je doporučeno osadit nejprve rezistory, poté tlačítka a na závěr konektory. Deska má rozměry 119,4x48,3mm.



Obrázek 24: Osazovací plán periferie 8x tlačítka



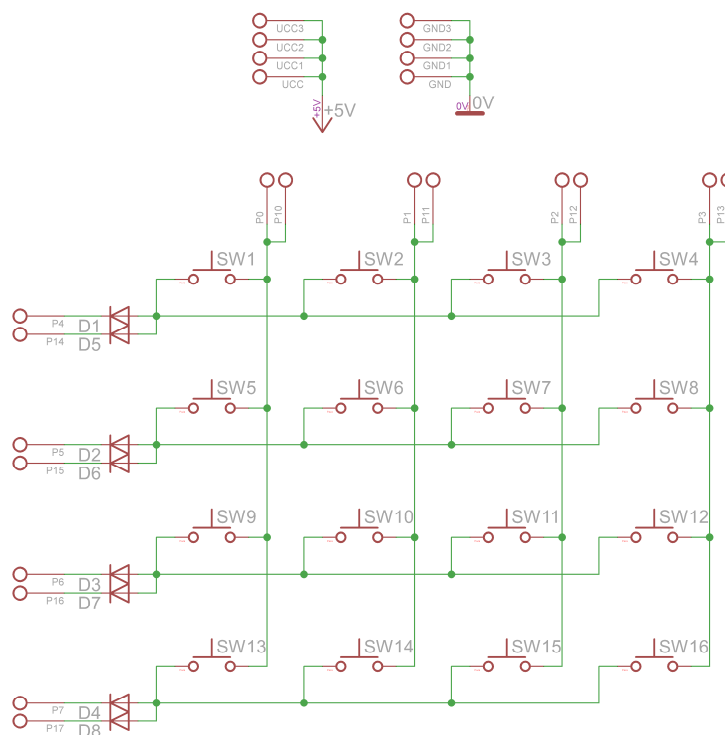
Obrázek 25: Fotografie periferie 8x tlačítka

### 3.8 Periferie Maticová klávesnice 4x4

Periferie maticová klávesnice 4x4 patří mezi složitější periferie na programování. Piny P0-P3 jsou navrženy jako vstupní. Piny P4-P7 jsou navrženy jako výstupní. Pro správnou funkci je nutno cyklicky přivádět na vstupní piny log „1“ a na výstupních pinech detekovat přítomnost log „1“. Protnutím daného sloupce vstupu a řádku výstupu detekujeme stisk konkrétního tlačítka.

### 3.8.1 Schéma zapojení

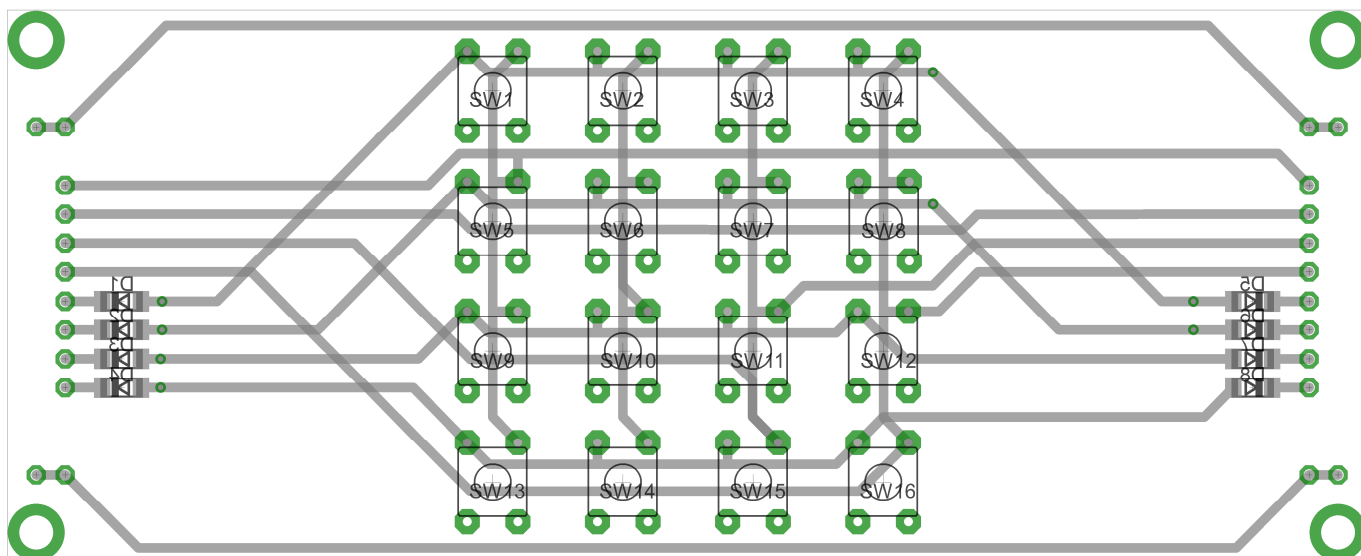
Tlačítka SW1-SW16 byly zapojeny do matice 4x4. Diody D1-D8 jsou na desce osazeny pro jednoznačné určení výstupů periferie.



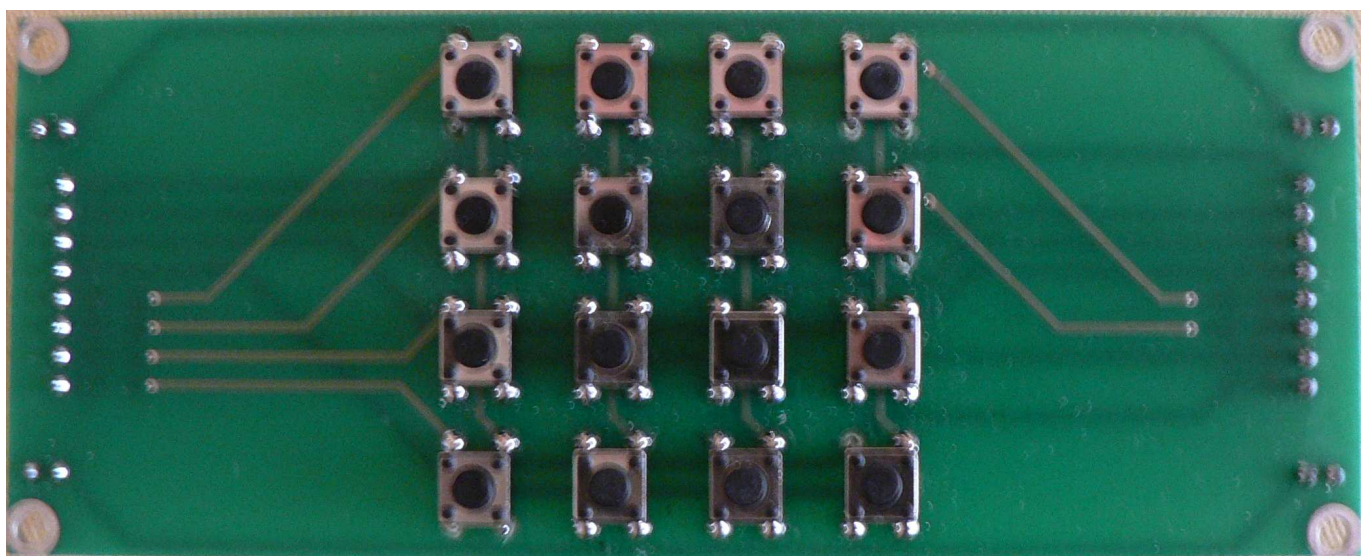
Obrázek 26: Schéma zapojení periferie maticové klávesnice 4x4

### 3.8.2 Deska plošných spojů

Deska plošných spojů byla navržena pomocí dvou signálových vrstev. Realizace proběhla na dvouvrstvé desce s tloušťkou měděného filmu 18 $\mu$ m s nepájivou maskou bez servisního potisku. Tlačítka byly umístěny maticově do osy periferní desky. Je doporučeno osadit nejprve diody, poté tlačítka a na závěr konektory. Deska má rozměry 119,4x48,3mm.



Obrázek 27: Osazovací plán periferie maticové klávesnice 4x4



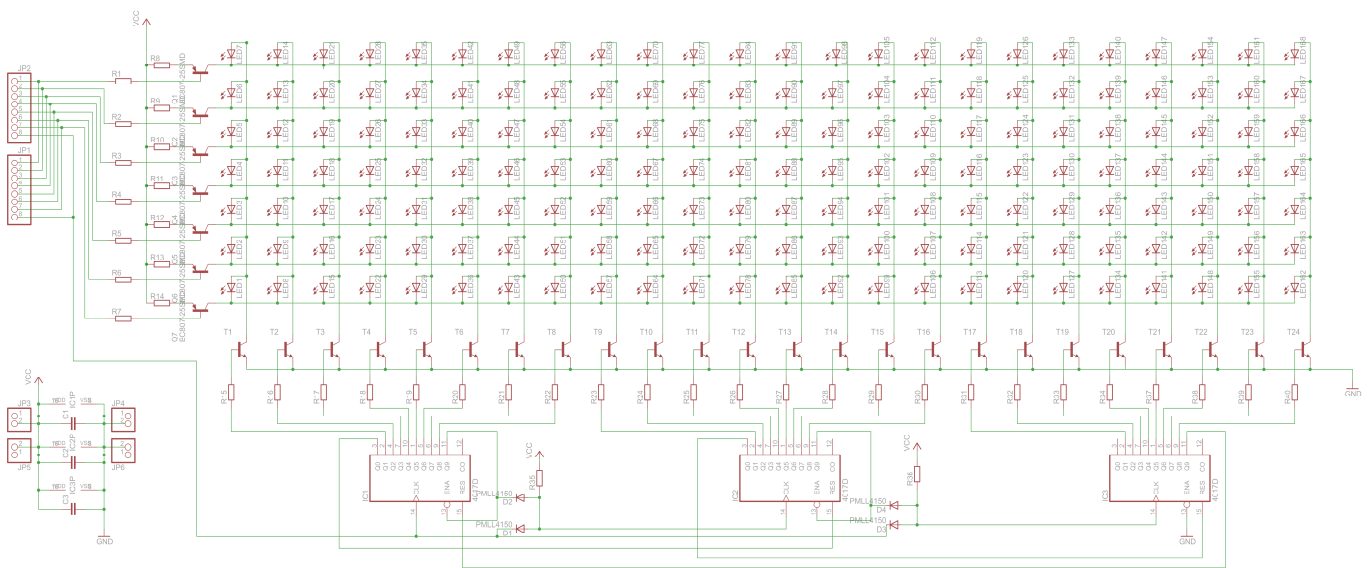
Obrázek 28: Fotografie periferie maticová klávesnice 4x4

### 3.9 Periferie Maticový displej 7x24 LED

Periferie maticový displej patří mezi složitější periferie na programování. Řádky displeje jsou vyvedeny přímo na piny portu. Sloupce jsou řízeny multiplexně pomocí spřažených Johnssových čítačů. Zobrazení probíhá vložení informace do řádku na krátký časový úsek. Poté musí dojít k vynulování informace. Příchodem řídicího impulsu dojde k posunu na další sloupec a procedura zobrazení se opakuje. Displej pracuje s vysokou frekvencí cyklu, díky tomu se lidskému oku zdá, že svítí.

### 3.9.1 Schéma zapojení

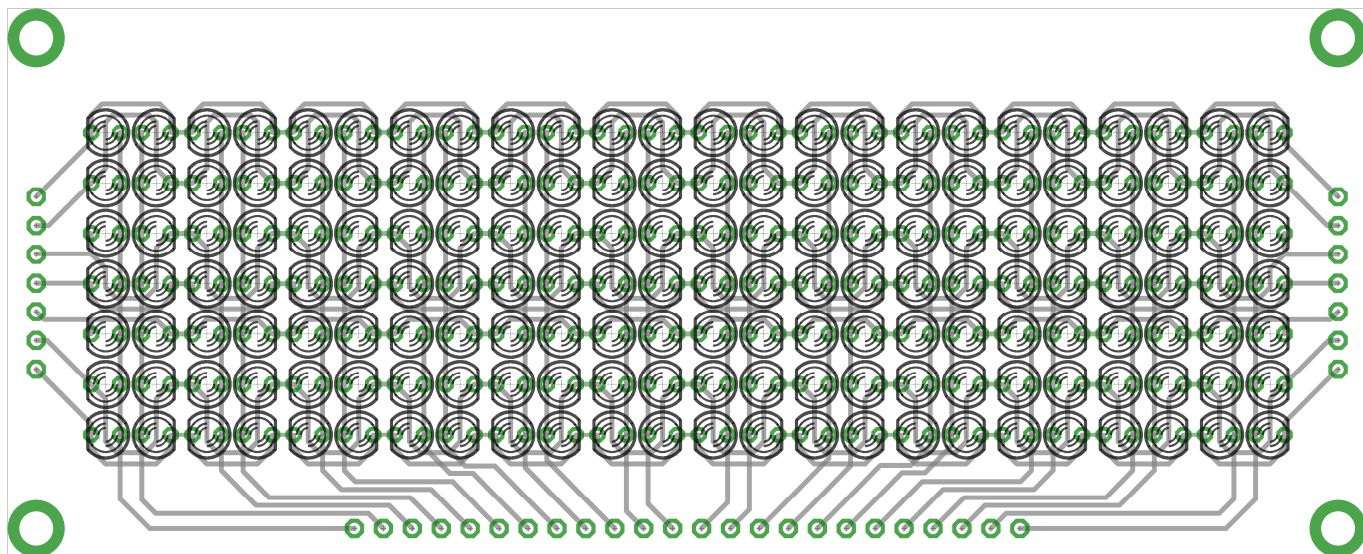
Každý pin portu je přizpůsoben tranzistorem. Tranzistory T1-T24 oddělují sloupce od výstupů Johnsnoých čítačů. Tranzistory Q1-Q7 oddělují řádky maticového displeje od pinů portů. Rezistory R1-R7 a R15-R40 slouží pro přizpůsobení úrovně do báze tranzistorů. Rezistory R8-R14 slouží pro omezení protékajícího proudu LED diodou. Kondenzátory C1-C3 slouží jako blokovací kapacita v napájení Johnsnoých čítačů. Tyto kondenzátory by měly být umístěny co nejbližší napájecím vývodům integrovaných obvodů. Diody D1-D4 a rezistory R35 a R36 slouží jako hradla logického součinu pro spřažení Johnsnoých čítačů.



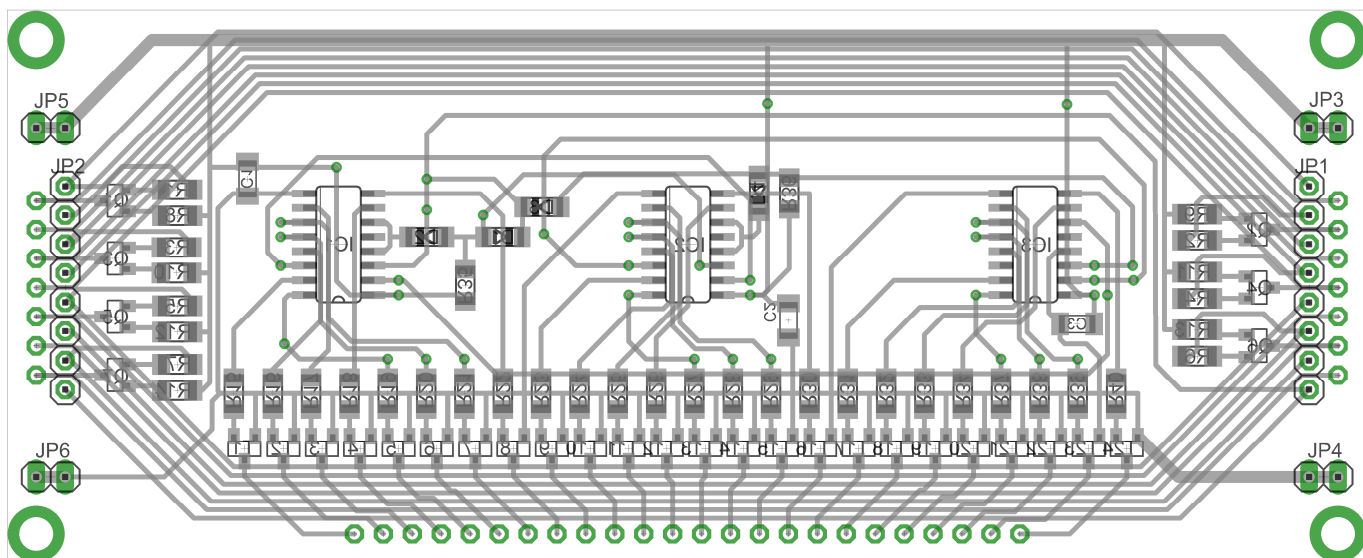
Obrázek 29: Schéma zapojení periferie maticový displej 7x24 LED

### 3.9.2 Deska plošných spojů

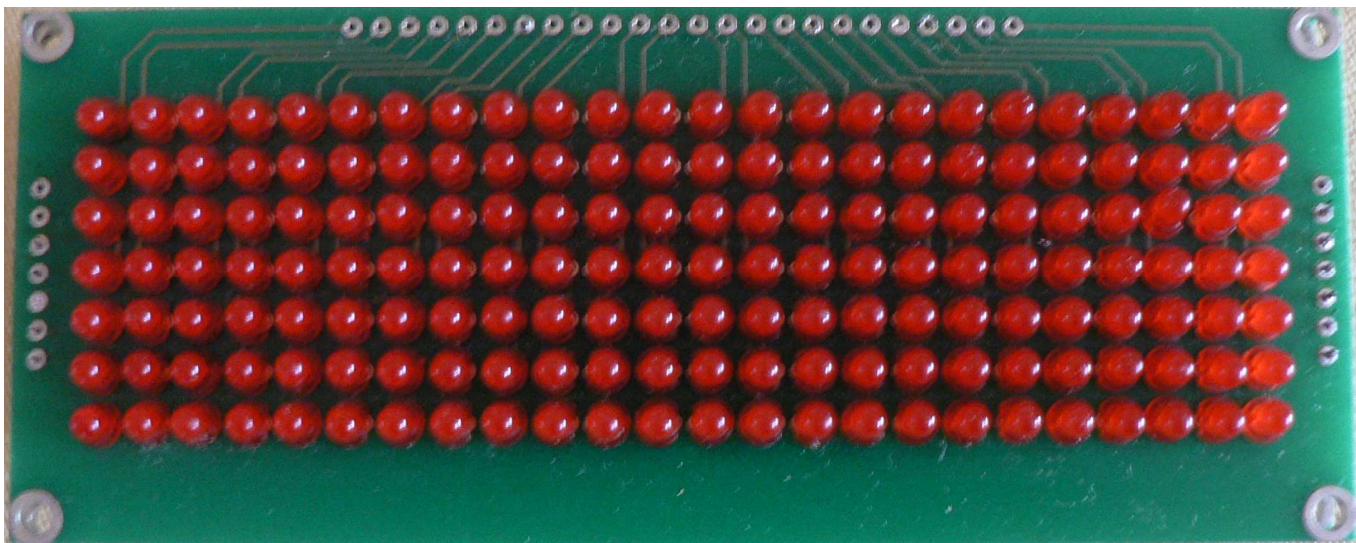
Deska plošných spojů byla navržena pomocí dvou signálových vrstev. Kvůli vysoké složitosti proběhla realizace na dvou dvouvrstevných deskách s tloušťkou měděného filmu 18 $\mu$ m s nepájivou maskou bez servisního potisku. První deska obsahuje symetrické osazení LED diod do matice a propojovací konektor. Druhá deska obsahuje kompletní řídicí část, propojovací konektor a konektor pro připojení do vývojového kitu. Je doporučeno nejprve osadit LED diody, součástky pro povrchovou montáž, poté konektor pro připojení do vývojového kitu a úplně nakonec spojit desky velkým propojovacím konektorem. Deska má rozměry 119,4x48,3mm.



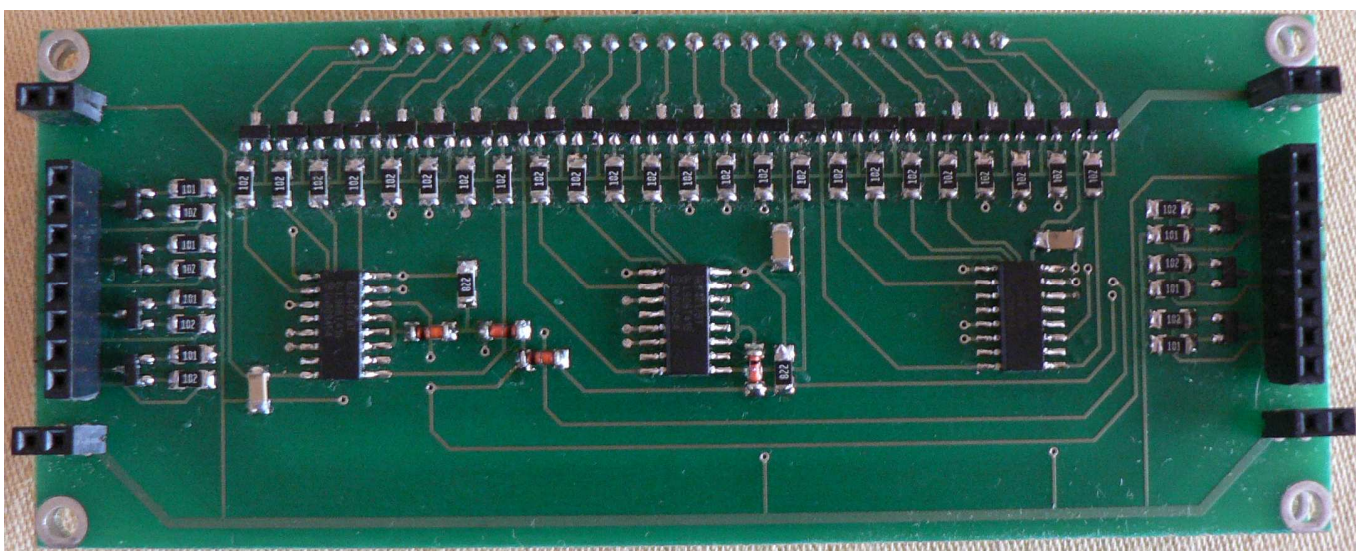
Obrázek 30: Osazovací plán periferie maticový displej 7x24 LED (zobrazovací část)



Obrázek 31: Osazovací plán periferie maticový displej 7x24 LED (řídící část)



Obrázek 32: Fotografie periferie maticový displej 7x24 LED

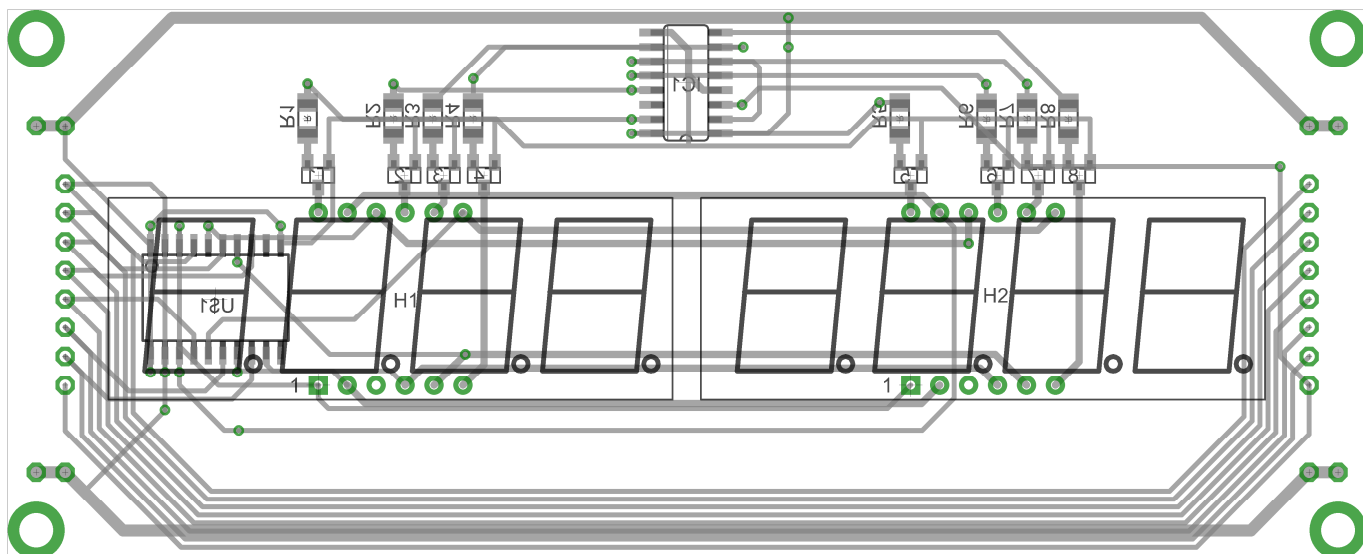


Obrázek 33: Fotografie periferie maticový displej 7x24 LED řídicí deska

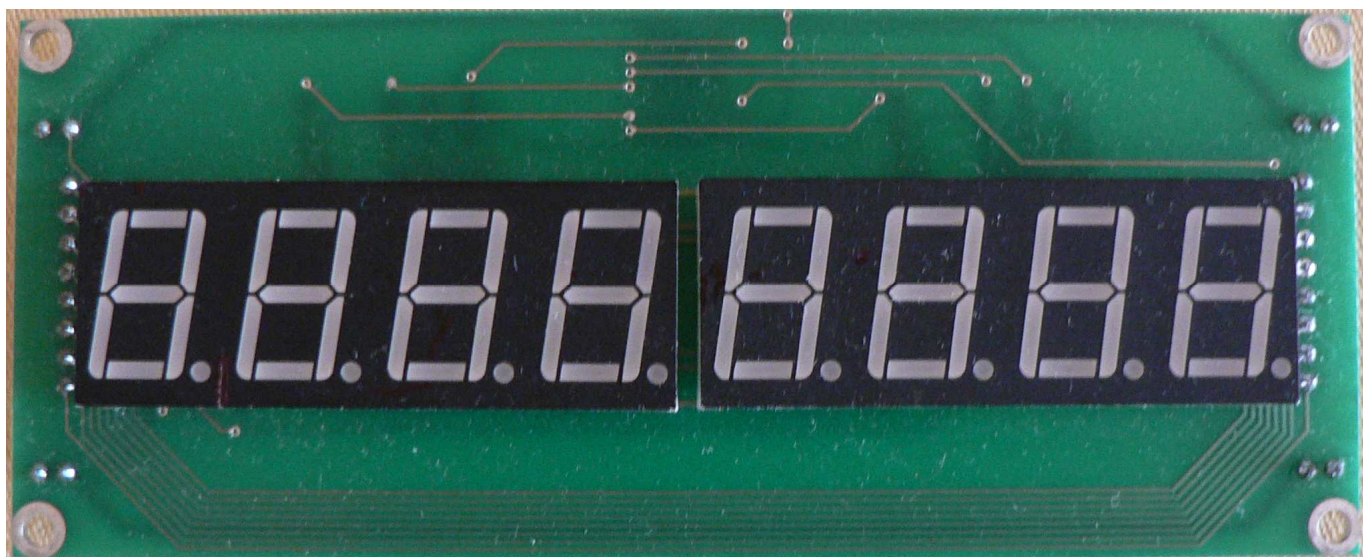
### 3.10 Periferie 8x sedmi-segmentový displej

Periferie 8x sedmi-segmentový displej patří mezi složitější periferie na programování. Piny portu jsou posílány bufferem a připojeny k jednotlivým segmentům. Řídící pin je přiveden do Johnsonova čítače. Výstupy čítače jsou posílány tranzistory, které spínají jednotlivé katody segmentových displejů. Programování displeje probíhá obdobně jako u maticového LED displeje.





Obrázek 35: Osazovací plán 8x sedmi-segmentový displej



Obrázek 36: Fotografie periferie 8x sedmi-segmentový displej

## ZÁVĚR

V této práci jsem navrhl a zrealizoval vývojový kit pro procesory MCS08QE128 a MCF51QE128 v 64pinových pouzdrech LQFP. Základní desku jsem navrhl tak, aby komunikační a napájecí konektory byly vyvedeny na jedné hraně desky. Periferie se připojují v levé a pravé části desky, podle dokumentace v této práci. Základní deska může být napájena pouze s rozhraní USB. V případě že by proudová náročnost periférií přesáhla možnosti USB, je možno připojit externí napájecí zdroj. Relé implementované na desce automaticky přepne napájení periférií na tento externí zdroj. Velikost desky jsem zvolil kompromisních 114x155mm. Malou nevýhodou současné koncepce je implementace napájecího zdroje pro mikrokontrolér přímo na desku programátoru. Tato nevýhoda se projeví nejvíce v případě, když připojíme jiný programátor, který nemusí mít integrováno napájení mikrokontroléru. Tato závada bude odstraněna v další verzi návrhu.

V další části návrhu jsem vytvořil redukci pro procesor, aby bylo jednoduše možné měnit vadné kusy a zároveň měnit verze procesorů s jádrem S08 a ColdFire V1. Poté jsem navrhl stabilizátor, který z 6-15V stejnosměrných vytvoří přesných 5V dostatečně vyfiltrovaných pro spolehlivou funkci vývojového kitu. Nezbytnou součástí je také programátor, který jsem přezval a upravil do potřebné podoby.

Celkem jsem navrhl a zrealizoval 5 periferních modulů. Každý modul má rozměry 119,4x48,3mm. Modul 8x LED dioda má jednoduše propojené vývody portu přímo na jednotlivé LED diody pomocí přizpůsobujících tranzistorů. Modul 8x tlačítko jsem navrhl tak, aby jednotlivým vstupům portu odpovídalo jedno tlačítko, které má předřazeno odpor omezující protékající proud obvodem. Modul maticové klávesnice 4x4 má zapojeno 16 tlačítek do čtvercové matice. Do sloupců této matice se cyklicky posílají impulzy, které se v řádcích musí detekovat. Pokud dojde k detekci impulzu, jsme schopni definovat, které tlačítko bylo stisknuto a vyvolat příslušnou funkci. Proti zákmitům jsem moduly vybavil blokovacími diodami. Modul LED maticového displeje 7x24 diod jsem musel kvůli vysoké složitosti navrhnout na dvě desky, které jsou propojeny velkým konektorem. První deska má na sobě implementováno kompletní řízení a konektory pro připojení do vývojového kitu. Na druhé desce jsou osazeny zobrazovací LED diody propojeny do řádků a sloupců. Displej je navržen na multiplexní posílání informace. To znamená, že cyklicky měníme řádkové informace. Při každé změně řádkové informace musíme vyslat řídicí impulz do čítače, který aktivuje další sloupec displeje. Poslední navržený modul je složen z osmi sedmisegmentových displejů. Displeje mají vyvedené společné katody, které se aktivují čítačem obdobně jako u maticového LED displeje. Jednotlivé segmenty jsou přes buffer připojeny přímo na výstupy portu.

Kvůli vysoké náročnosti návrhu na výrobu DPS jsem nechal desky vyrobit profesionálně u specializované firmy. Úkol navrhnout dostatečně modulární a přitom cenově dostupný vývojový kit pro mikroprocesory HCS08QE128 a MCF51QE128 byl splněn.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PINKER, Jiří. *Mikroprocesory a mikropočítače*. 1. Vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 80-730-0110-1.
- [2] S08QE: 8-bit Flexis Low-Power QE MCUs. *S08QE: 8-bit Flexis Low-Power QE MCUs* [online]. 2007 [cit. 2012-06-06]. Dostupné z: [http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod\\_summary.jsp?code=S08QE](http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?code=S08QE)
- [3] MC9S08QE128RM. *Reference manual*. Austin, Texas: Freescale Semiconductor Inc, 2007. Dostupné z: [http://cache.freescale.com/files/microcontrollers/doc/ref\\_manual/MC9S08QE128RM.pdf?fp=1](http://cache.freescale.com/files/microcontrollers/doc/ref_manual/MC9S08QE128RM.pdf?fp=1)
- [4] MCF51QE: Flexis 32-bit ColdFire V1 Microcontroller. *MCF51QE: Flexis 32-bit ColdFire V1 Microcontroller* [online]. 2007 [cit. 2012-06-06]. Dostupné z: [http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod\\_summary.jsp?code=MCF51QE&fsrch=1&sr=1](http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?code=MCF51QE&fsrch=1&sr=1)
- [5] MCF51QE128RM. *Reference manual*. Austin, Texas: Freescale Semiconductor Inc, 2007. Dostupné z: [http://cache.freescale.com/files/32bit/doc/ref\\_manual/MCF51QE128RM.pdf?fp=1](http://cache.freescale.com/files/32bit/doc/ref_manual/MCF51QE128RM.pdf?fp=1)
- [6] VOBECKÝ, Jan a Vít ZÁHLAVA. *Elektronika: součástky a obvody, principy a příklady*. 3., rozš. Vyd. Praha: Grada Publishing, 2005, 220 s. ISBN 80-247-1241-5.
- [7] Highlander Technologies: MC9S08QG8 *Quick Start Tips.pdf* [online], Revision 1, November 2005, Dostupné z: <http://forums.freescale.com/freescale/attachments/freescale/8BITCOMM/581/1/MC9S08QG4-8%20Quick%20Start%20Tips1.pdf>
- [8] ZÁHLAVA, Vít. *Návrh a konstrukce desek plošných spojů: příručka pro naprosté začátečníky*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, 2005, 77 s. ISBN 80-010-3351-1.
- [9] VÁŇA, Vladimír. *Začínáme pracovat s mikrokontroléry HC08 NITRON: příručka pro naprosté začátečníky*. 1. Vyd. Praha: BEN, 2003, 95 s. ISBN 80-730-0124-1.
- [10] ŠANDERA, Josef. *Návrh plošných spojů pro povrchovou montáž*. 1. Vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2006, 270 s. ISBN 80-730-0181-0.

- [11] ANTOŠOVÁ, Marcela a Vratislav DAVÍDEK. *Číslicová technika*. České Budějovice: KOPP, 2005. ISBN 80-7232-207-9.
- [12] FREESCALE SEMICONDUCTOR. *Introduction to HCS08 Background Debug Mode* [online]. 2006 [cit. 2012-06-01]. Dostupné z: [http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CIkBEBYwAA&url=http%3A%2F%2Fwww.freescale.com%2Ffiles%2Fmicrocontrollers%2Fdoc%2Fapp\\_note%2FAN3335.pdf&ei=DRnRT6unN9OK4gSk6LyrDw&usg=AFQjCNGefOTSbASzcMvOEnVhCdxqePEgnQ&sig2=aVUsvn-yPeRf29LMtIRE\\_g](http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CIkBEBYwAA&url=http%3A%2F%2Fwww.freescale.com%2Ffiles%2Fmicrocontrollers%2Fdoc%2Fapp_note%2FAN3335.pdf&ei=DRnRT6unN9OK4gSk6LyrDw&usg=AFQjCNGefOTSbASzcMvOEnVhCdxqePEgnQ&sig2=aVUsvn-yPeRf29LMtIRE_g)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

A/D	Analogově/digitální.
BDM	Zpětnovazební ladící rozhraní
BDC	Zpětnovazební ladící kontrolér
CPU	Základní výpočetní jednotka.
DPS	Deska plošných spojů.
DBG	Ladící modul
I <sup>2</sup> C	Počítačová multi-masterová sériová sběrnice.
KBI	Jednotka pro zpracování přerušení od klávesnice.
LED	Polovodičová dioda s možností emitace světla.
LQFP	Čtvercové pouzdro polovodičových součástek s vývody po všech stranách.
MCU	Mikrokontrolér, jednotka mikrokontroléru.
MSB	Nejvýznamnější bit
ROM	Paměť určená pouze pro čtení.
SCI	Asynchronní sériová linka.
SPI	Synchronní sériová linka.
SRAM	Statická paměť, která k uchování svých dat nepotřebuje periodickou obnovu.
USB	Univerzální sériová sběrnice.
μC	Mikropočítač.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Znázornění uživatelských registrů.....</i>	12
<i>Obrázek 2: Architektura mikrokontroléru rodiny S08QE.....</i>	13
<i>Obrázek 3: Blokové schéma mikrokontroléru MC9S08QE128 .....</i>	14
<i>Obrázek 4: Architektura mikrokontroléru rodiny ColdFire® V1 Core z rodiny QE .....</i>	17
<i>Obrázek 5: Blokové schéma mikrokontroléru MCF51QE128 .....</i>	18
<i>Obrázek 6: Zobrazení vývodů BDM konektoru [12] .....</i>	20
<i>Obrázek 7: Blokové schéma základní desky.....</i>	24
<i>Obrázek 8: Úplné schéma základní desky vývojového kitu.....</i>	25
<i>Obrázek 9: Osazovací plán základní desky.....</i>	26
<i>Obrázek 10: Fotografie základní desky .....</i>	27
<i>Obrázek 11: Schéma zapojení redukce pro mikrokontrolér .....</i>	28
<i>Obrázek 12: Osazovací plán redukce .....</i>	29
<i>Obrázek 13: Fotografie redukce pro mikrokontrolér .....</i>	29
<i>Obrázek 14: Schéma zapojení programátoru USBDM.....</i>	30
<i>Obrázek 15: Osazovací plán programátoru USBDM.....</i>	31
<i>Obrázek 16: Fotografie programátoru USBDM .....</i>	31
<i>Obrázek 17: Schéma zapojení stabilizátoru napětí externího zdroje .....</i>	32
<i>Obrázek 18: Osazovací plán stabilizátoru napětí externího zdroje.....</i>	33
<i>Obrázek 19: Fotografie stabilizátoru napětí externího zdroje .....</i>	33
<i>Obrázek 20: Schéma zapojení periferie 8x LED dioda.....</i>	34
<i>Obrázek 21: Osazovací plán periferie 8x LED dioda.....</i>	34
<i>Obrázek 22: Fotografie periferie 8x LED dioda .....</i>	35
<i>Obrázek 23: Schéma zapojení periferie 8x tlačítko .....</i>	35
<i>Obrázek 24: Osazovací plán periferie 8x tlačítko .....</i>	36
<i>Obrázek 25: Fotografie periferie 8x tlačítko .....</i>	36
<i>Obrázek 26: Schéma zapojení periferie maticové klávesnice 4x4 .....</i>	37
<i>Obrázek 27: Osazovací plán periferie maticové klávesnice 4x4 .....</i>	38
<i>Obrázek 28: Fotografie periferie maticová klávesnice 4x4.....</i>	38
<i>Obrázek 29: Schéma zapojení periferie maticový displej 7x24 LED.....</i>	39
<i>Obrázek 30: Osazovací plán periferie maticový displej 7x24 LED (zobrazovací část).....</i>	40
<i>Obrázek 31: Osazovací plán periferie maticový displej 7x24 LED (řídící část) .....</i>	40

<i>Obrázek 32: Fotografie periferie maticový displej 7x24 LED .....</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 33: Fotografie periferie maticový displej 7x24 LED řídicí deska.....</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 34: Schéma zapojení 8x sedmi-segmentový displej .....</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek 35: Osazovací plán 8x sedmi-segmentový displej .....</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 36: Fotografie periferie 8x sedmi-segmentový displej .....</i>	<i>43</i>

## SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA I: SEZNAMY SOUČÁSTEK

PŘÍLOHA II: MATRICE DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ

## PŘÍLOHA P I: SEZNAMY SOUČÁSTEK

### Základní deska

označení	typ	zdroj	počet	komentář
X1	konektor USB1X90	GME	1ks	
CAN1	CAN9V90	EZK	1ks	
CON1	NAZ2.5 V P	EZK	1ks	
SW1	SDIP04	EZK	1ks	
C1, C6, C7, C8, C9	SMD1206, 1u/12V	EZK	5ks	
C2, C3	SMD1206, 22p/50V	EZK	2ks	
C4	SMD1206, 2u2/10V	EZK	1ks	
RL1	D2N05-167	EZK	1ks	
IC1	MAX232CPE	GME	1ks	
Q1	QM 4.000MHz	GME	1ks	
U1	LM4140ACM-1.0/NOPB	Farnell	1ks	
-	PSH02-02W	EZK	2ks	
-	PSH02-08W	EZK	6ks	
-	S1G10	EZK	9ks	
-	S2G20	EZK	4ks	

### Programátor a online debugger USBDM

označení	typ	zdroj	počet	komentář
R1, R2	SMD1206, 100k	EZK	2ks	
R3, R4	SMD1206, 47R	EZK	2ks	
R5	SMD1206, 1k5	EZK	1ks	
R6, R8	SMD1206, 680R	EZK	2ks	
R7	SMD1206, 1M	EZK	1ks	
R9, R10	SMD1206, 33R	EZK	2ks	
C1, C3, C5, C6	SMD1206, 100n	EZK	4ks	
C8, C9	SMD1206, 18p	EZK	2ks	
C2, C4, C7	SMD3528, CTS 10u/10V B	EZK	3ks	
IC1	74LV125D (NXP)	Farnell	1ks	
IC2	MC9S08JS16CWJ	Farnell	1ks	
IC3	LE33CD	Farnell	1ks	
Z1	GSOT05C-GS08	Farnell	1ks	
LED1	SMD1206, Red	EZK	1ks	
LED2	SMD1206, Green	EZK	1ks	
Q1	SMD, Q 12.000MHz 10ppm	Farnell	1ks	
-	BL803G	EZK	4ks	
-	BL807G	EZK	1ks	
-	SMD0805, 0R	EZK	4ks	

## Stabilizátor napětí externího zdroje

označení	typ	zdroj	počet	komentář
IO1	LM317 (TO220)	EZK	1ks	
D1, D2, D3	1N4007	EZK	3ks	
R1	0207/10 - 390R	EZK	1ks	
R2*	0207/10 - 1k	EZK	1ks	odladit
C1	47u/63V RM2,5/6,3	EZK	1ks	
C2	100u/25V RM3,5/8	EZK	1ks	
C3, C4	100n/63V RM5	EZK	2ks	
-	BL803G	EZK	1ks	

## Periferie 8x LED dioda

označení	typ	zdroj	počet	komentář
R1-R8	SMD1206, 1k	EZK	8ks	
R9-R16	SMD1206, 150R	EZK	8ks	
T1-T8	SOT23, BC817	EZK	8ks	
D1-D8	LED 5mm, red	EZK	8ks	
-	BL805G	EZK	2ks	
-	BL810G	EZK	2ks	

## Periferie 8x tlačítko

označení	typ	zdroj	počet	komentář
R1-R8	SMD1206, 5k6	EZK	8ks	
SW1-SW8	P-B1720	EZK	8ks	
-	BL805G	EZK	2ks	
-	BL810G	EZK	2ks	

## Periferie Maticová klávesnice 4x4

označení	typ	zdroj	počet	komentář
D1-D8	SOD80C, BAV103	EZK	8ks	
SW1-SW16	P-B1720	EZK	16ks	
-	BL805G	EZK	2ks	
-	BL810G	EZK	2ks	

## Redukce pro mikropočítač

označení	typ	zdroj	počet	komentář
-	BL916G	EZK	4ks	

## Periferie Maticový displej 7x24 LED

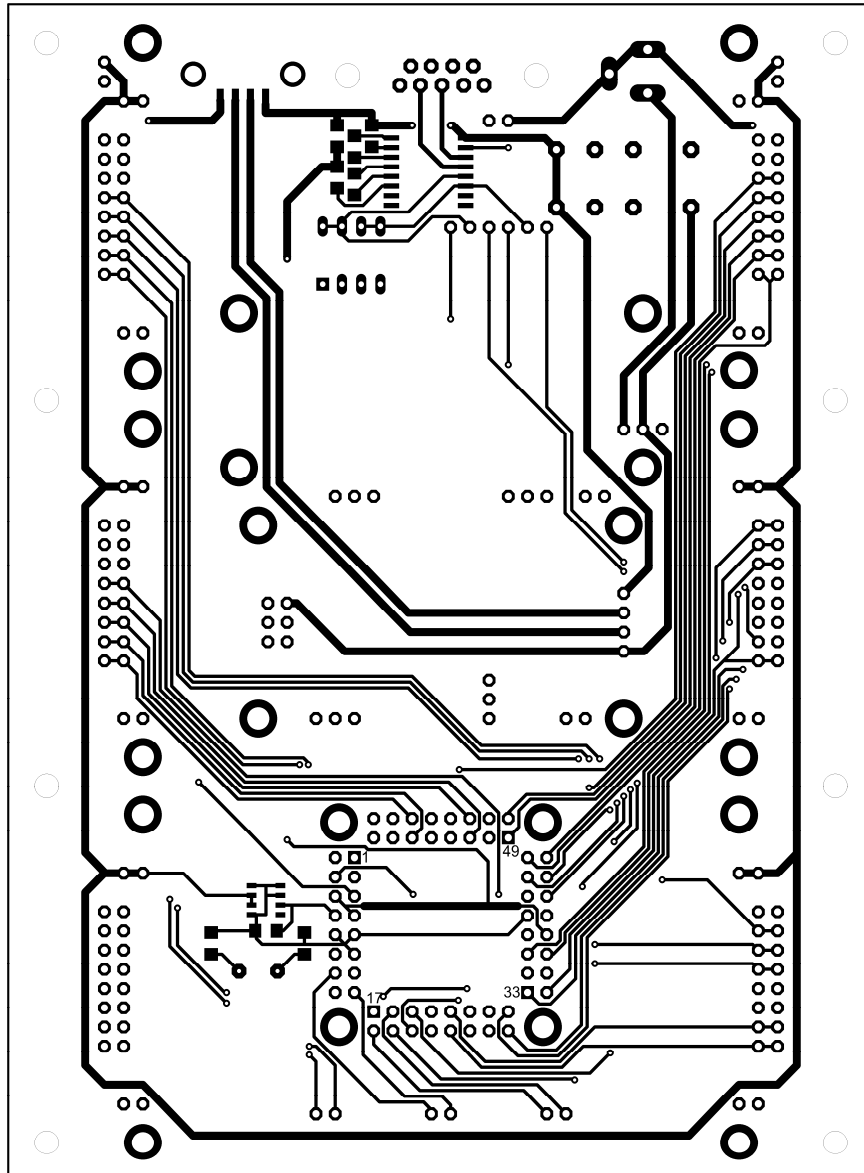
označení	typ	zdroj	počet	komentář
LED1-LED168	3mm LED, red	EZK	168ks	
R1-R7	SMD1206, 1k	EZK	7ks	
R8-R14	SMD1206, 100R	EZK	7ks	
R15-R40	SMD1206, 1k	EZK	24ks	
Q1-Q7	SOT23, BC807	EZK	7ks	
T1-T24	SOT23, BC817	EZK	24ks	
C1, C2, C3	SMD1206, 100n	EZK	3ks	
D1, D2, D3, D4	SOD80C, BAV103	EZK	4ks	
R35, R36	SMD1206, 8k2	EZK	2ks	
IC1, IC2, IC3	SMD, 4017D	EZK	3ks	
-	BL805G	EZK	2ks	
-	BL810G	EZK	2ks	

## Periferie 8x sedmi-segmentový displej

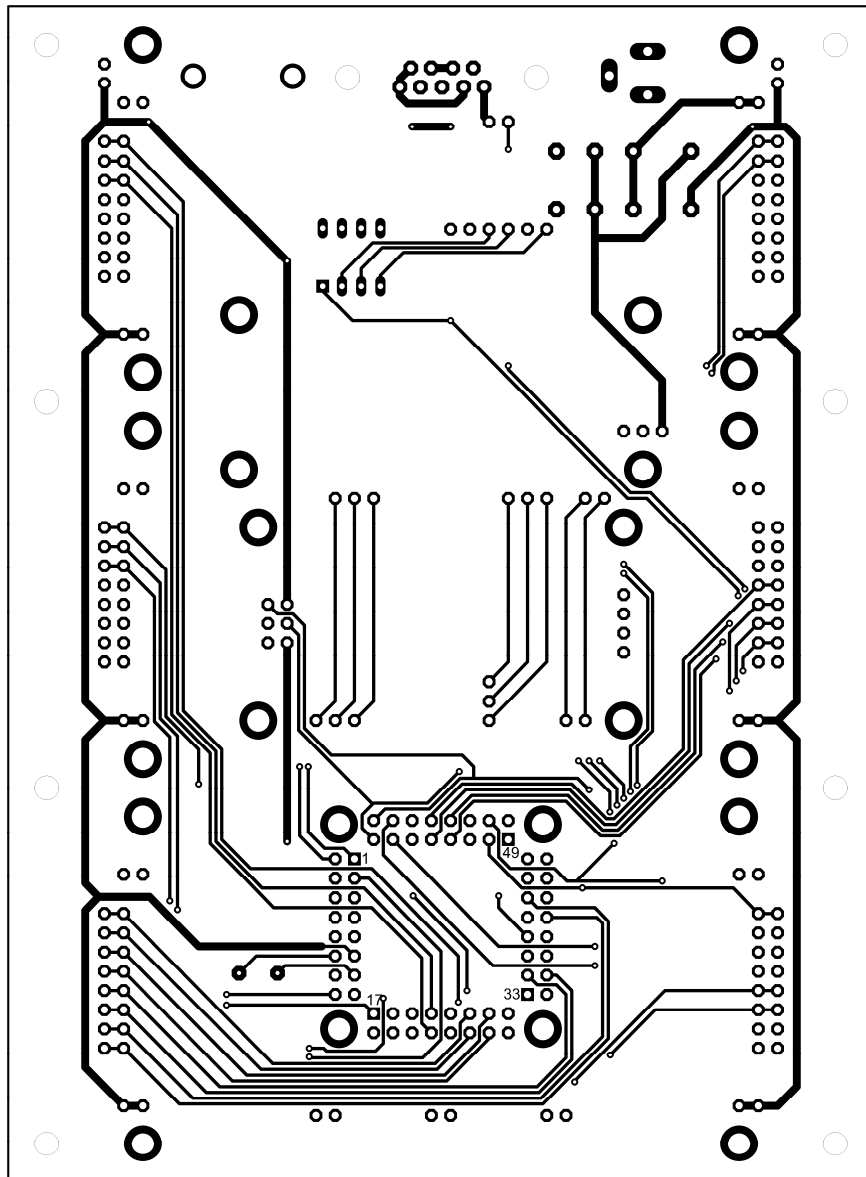
označení	typ	zdroj	počet	komentář
H1, H2	HD-M512RD	GME	2ks	
T1-T8	SOT23, BC817	EZK	8ks	
IC1	SMD, 4017D	EZK	1ks	
R1-R8	SMD1205, 1k	EZK	8ks	
U1	SMD, 74LS244	GME	1ks	
-	BL805G	EZK	2ks	
-	BL810G	EZK	2ks	

## Příloha P II: Matrice desek plošných spojů

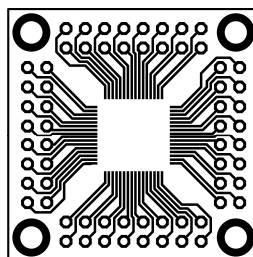
### Základní deska (vrstva top)



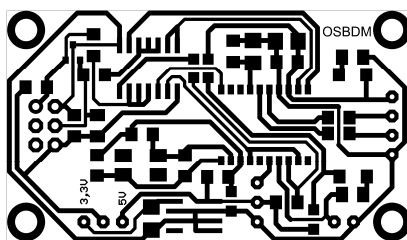
**Základní deska (vrstva bottom, nezrcadleno)**



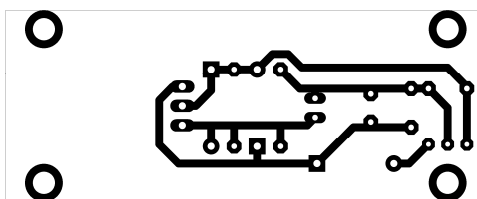
**Redukce pro mikro počítač (vrstva top)**



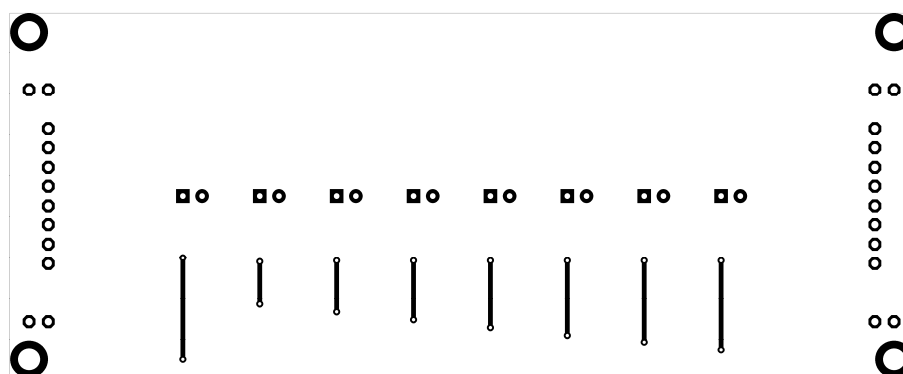
### Programátor a online debugger USBDM (vrstva top)



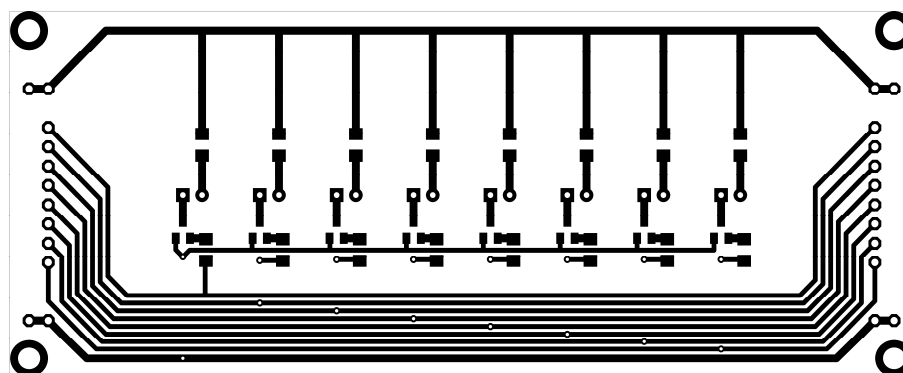
### Stabilizátor napětí externího zdroje (vrstva bottom, nezrcadleno)



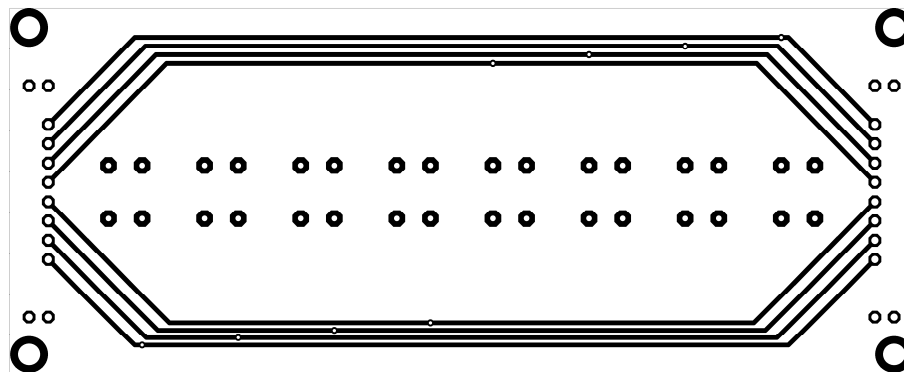
### Periferie 8x LED dioda (vrstva top)



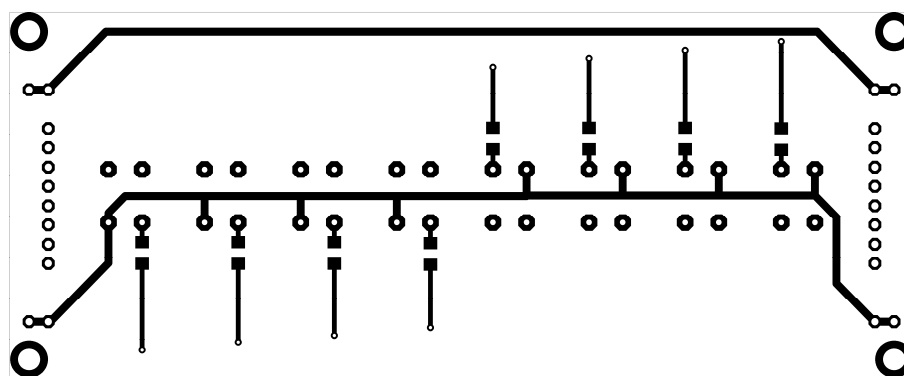
### Periferie 8x LED dioda (vrstva bottom, nezrcadleno)



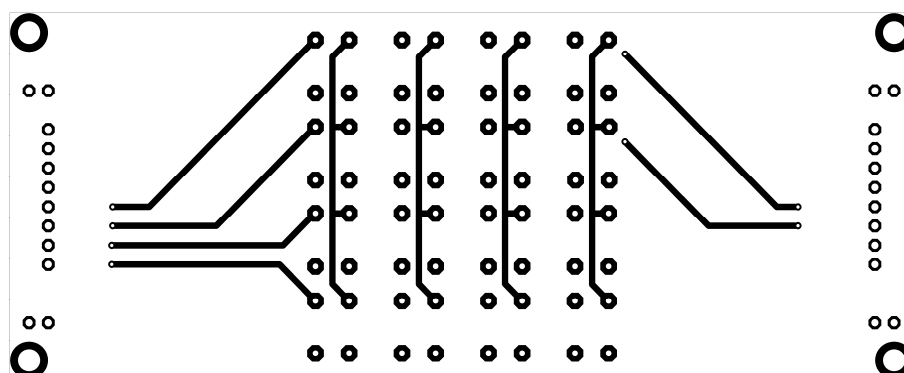
**Periferie 8x tlačítko (vrstva top)**



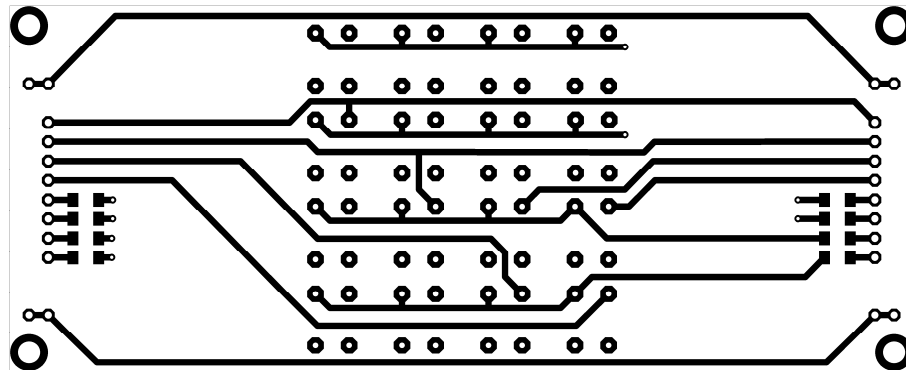
**Periferie 8x tlačítko (vrstva bottom, nezrcadleno)**



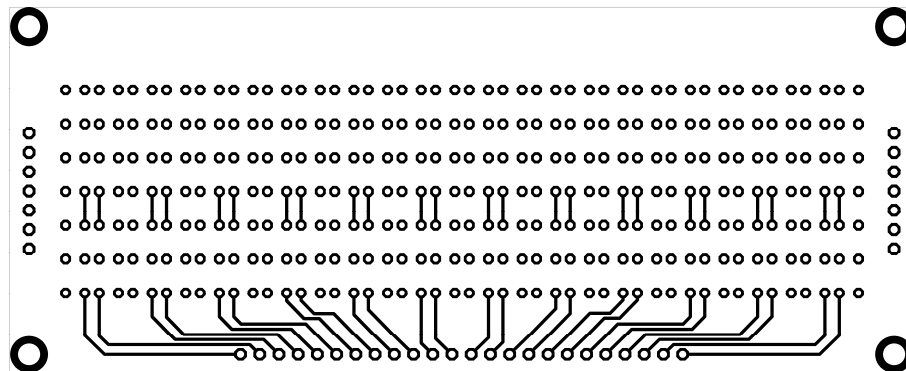
**Periferie Maticová klávesnice 4x4 (vrstva top)**



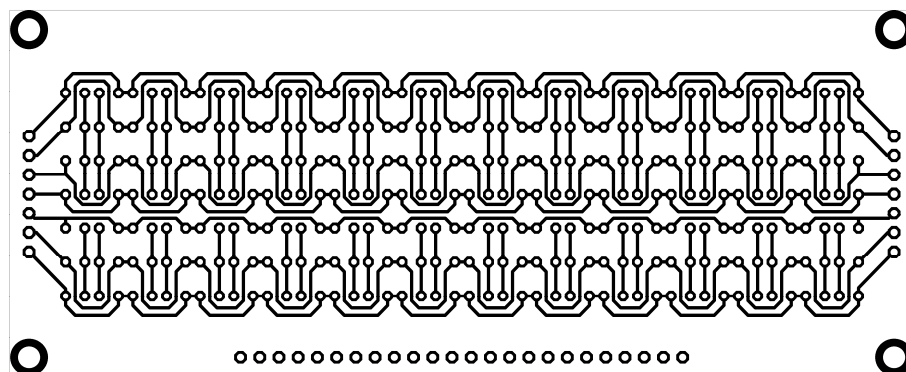
**Periferie Maticová klávesnice 4x4 (vrstva bottom, nezrcadleno)**



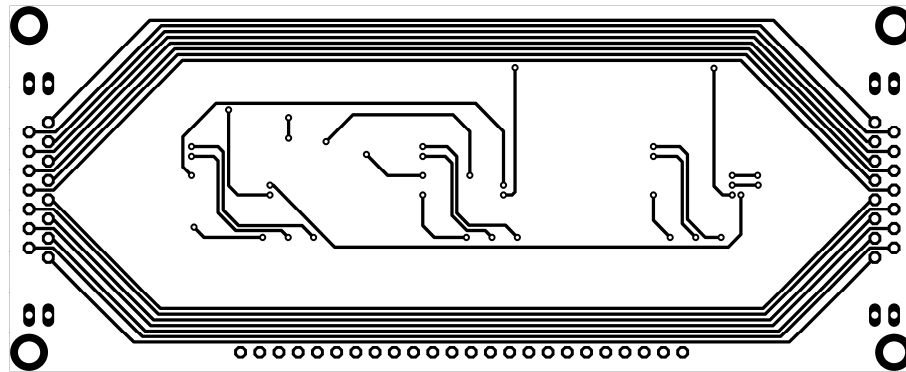
**Periferie Maticový displej 7x24 LED deska č.1 (vrstva top)**



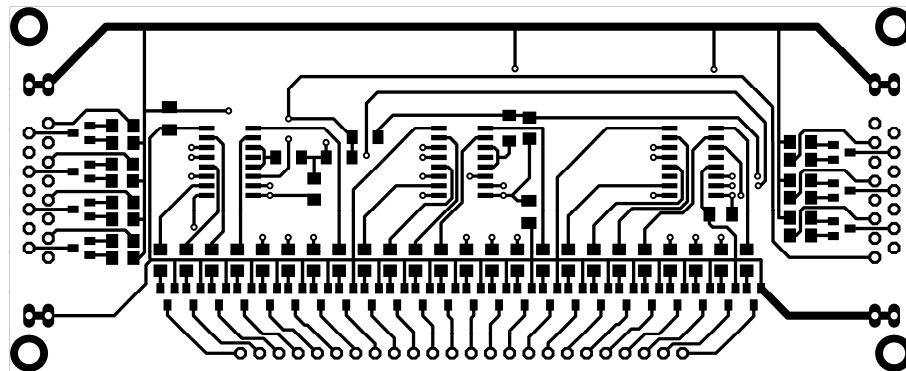
**Periferie Maticový displej 7x24 LED deska č.1 (vrstva bottom, nezrcadleno)**



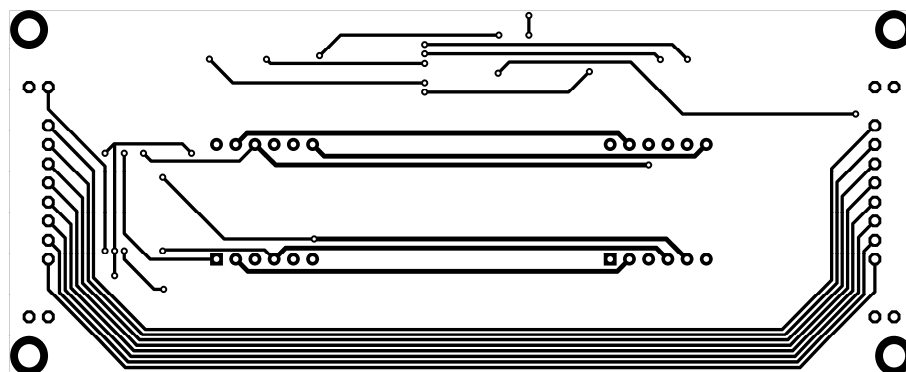
**Periferie Maticový displej 7x24 LED deska č.2 (vrstva top)**



**Periferie Maticový displej 7x24 LED deska č.2 (vrstva bottom, nezrcadleno)**



**Periferie 8x sedmi-segmentový displej (vrstva top)**



**Periferie 8x sedmi-segmentový displej (vrstva bottom, nezrcadleno)**

