



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

## MODULÁRNÍ GRAFICKÝ LED DISPLEJ

MODULAR GRAPHIC LED DISPLAY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

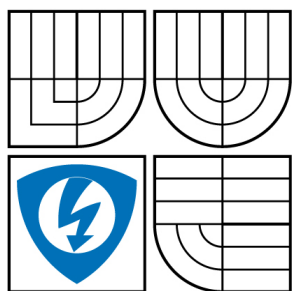
JAN RUSINSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ZDENĚK BRADÁČ, Ph.D.

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí  
techniky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

**Automatizační a měřicí technika**

**Student:** Rusinský Jan

**ID:** 78411

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2007/2008

**NÁZEV TÉMATU:**

## **Modulární grafický LED displej**

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

Navrhněte modulární grafický displej, který umožňuje zobrazování informací na maticovém LED displeji. Využijte komunikaci SPI/I2C pro propojení segmentů displeje. Vytvořte programové vybavení pro zobrazování informací a komunikaci s PC. Systém vybavte centrální jednotkou s mikrokontrolérem a rozhraním RS232/RS485/USB. Proveďte literární rešerši tématu a obdobných zařízení. Navrhněte HW řešení, vytvořte schéma zapojení a návrh plošného spoje, DPS osadte a oživte. Sepište bakalářskou práci.

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

Dle pokynů vedoucího práce.

**Termín zadání:** 1.2.2008

**Termín odevzdání:** 2.6.2008

**Vedoucí práce:** Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

**prof. Ing. Pavel Jura, CSc.**

*předseda oborové rady*

**UPOZORNĚNÍ:**

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

# LICENČNÍ SMLOUVA

## POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

### 1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Jan Rusinský

Bytem:

Narozen/a (datum a místo): 18.10.1985, Vítkov

(dále jen "autor")

a

### 2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

se sídlem Údolní 244/53, 60200 Brno 2

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

(dále jen "nabyvatel")

## Článek 1

### Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- disertační práce
- diplomová práce
- bakalářská práce

jiná práce, jejíž druh je specifikován jako .....

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Modulární grafický LED displej

Vedoucí/školitel VŠKP: Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

Ústav: Ústav automatizace a měřicí techniky

Datum obhajoby VŠKP: .....

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- tištěné formě - počet exemplářů 1
- elektronické formě - počet exemplářů 1

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

**Článek 2**  
**Udělení licenčního oprávnění**

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
  - ihned po uzavření této smlouvy
  - 1 rok po uzavření této smlouvy
  - 3 roky po uzavření této smlouvy
  - 5 let po uzavření této smlouvy
  - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

**Článek 3**  
**Závěrečná ustanovení**

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: .....

.....

Nabyvatel

.....

Autor

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

## Modulární grafický LED displej

Bakalářská práce

Studijní obor:                   Automatizace a měřicí technika  
Student:                         Jan Rusinský  
Vedoucí práce:                Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

### Abstrakt :

Tento dokument popisuje postup návrhu modulárního grafického LED displeje. Toto elektronické zařízení slouží k zobrazování informací na maticových LED displejích. Ke své funkci využívá multiplexního zobrazování, kdy se postupně spínají jednotlivé sloupce LED displeje takovou rychlostí, že lidské oko vnímá souvislý obraz. Modulární grafický LED displeje je řízen 8bitovými mikrokontroléry a pro datovou komunikaci jsou použita rozhraní RS232 a I<sup>2</sup>C.

Dokument je rozdělen na dvě hlavní části. První část popisuje konstrukci elektronického zařízení ( architektura, použité součástky, návrh desek plošných spojů). Druhá část dokumentu je zaměřena na programové vybavení zařízení a na obslužný program pro osobní počítač.

**Klíčová slova:** modulární grafický LED displej, multiplexní zobrazování

**Brno University of Technology**

**Faculty of Electrical Engineering and Communication**

**Department of Control and Instrumentation**

## **Modular graphic LED display**

Bachelor's thesis

Specialisation of study: Control and Instrumentation

Student: Jan Rusinský

Supervisor: Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

### **Abstract :**

This document describes a design procedure of the modular graphic LED display. This electronic device is used for displaying information on the dot matrix LED displays. It uses multiplex displaying for its function, when is gradually switched on individual columns of the LED display as fast, that the human eye sees a coherent picture. The modular graphic LED display is controlled with 8bit microcontrollers and for data communications are used RS232 interface and I<sup>2</sup>C bus.

The document is divided into two main parts. The first part describes a construction of the electronic device ( architecture, used electronic parts, printed circuits boards design ). The second part of the document is focused on the software for the electronic device and the control software for a personal computer.

**Key words:** modular graphic LED display, multiplex displaying

## **Bibliografická citace**

RUSINSKÝ, J. Modulární grafický LED displej. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 34 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

## **P r o h l á š e n í**

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Modulární grafický LED displej jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne :

Podpis:

## **P o d ě k o v á n í**

Děkuji tímto panu Ing. Zdeněkovi Bradáčovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

V Brně dne :

Podpis:



## OBSAH

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>7</b>
<b>2. NÁVRH MODULÁRNÍHO LED DISPLEJE .....</b>	<b>8</b>
2.1 konstrukce zařízení .....	8
2.1.1 Master .....	9
2.1.2 Slave .....	11
2.2 programové vybavení.....	14
2.2.1 Program pro osobní počítač .....	14
2.2.2 Programové vybavení jednotky Master .....	15
2.2.3 Programové vybavení jednotky Slave .....	16
<b>3. ZÁVĚR.....</b>	<b>20</b>
<b>4. LITERATURA .....</b>	<b>21</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

obrázek 1 – architektura systému .....	8
obrázek 2 – blokové schéma řídicí jednotky Master.....	10
obrázek 3 – AVR ISP kompatibilní konektor [10].....	10
obrázek 4 – blokové schéma jednotky Slave .....	12
obrázek 5 – okno řídicího programu pro osobní počítač.....	14
obrázek 6 – datová struktura znaku.....	16
obrázek 7 – okno programu LED_matrix pro tvorbu znaků.....	17

## 1. ÚVOD

Úkolem této bakalářské práce bylo navrhnout a zkonstruovat modulární grafický LED displej. Mým cílem bylo sestrojení zařízení s co nejmenšími rozměry elektroniky, pokud možno nízkou cenou, zdrojovými kódy programů psanými v jazyce C za použití volně dostupného neplaceného softwaru. Výsledky a postup mé práce jsou shrnuty v tomto dokumentu a na datovém nosiči, který je jeho součástí.

Modulární grafický LED displej je zobrazovací zařízení, jehož hlavní součástí je panel sestavený ze svítivých diod uspořádaných do matice. Jednotlivé matice tvoří moduly displeje, které se podle účelu použití sestavují do požadovaného tvaru a rozměru. Tyto displeje mají vzhledem k vysokému kontrastu a širokému pozorovacímu úhlu velmi dobrou čitelnost a nacházejí tak široké využití jako informačně-navigační systémy. Podle použitých LED se dělí obvykle na monochromatické, vícebarevné a RGB ( videodispleje ) a podle uspořádání jednotlivých modulů na jednořádkové, víceřádkové a plošné. Používají se jako zobrazovací zařízení v hromadné dopravě, na letištích, ve veřejných budovách, průmyslových provozech, při společenských akcích jako velkoplošné obrazovky, reklamní tabule, tzv. jackpot systémy atd. .

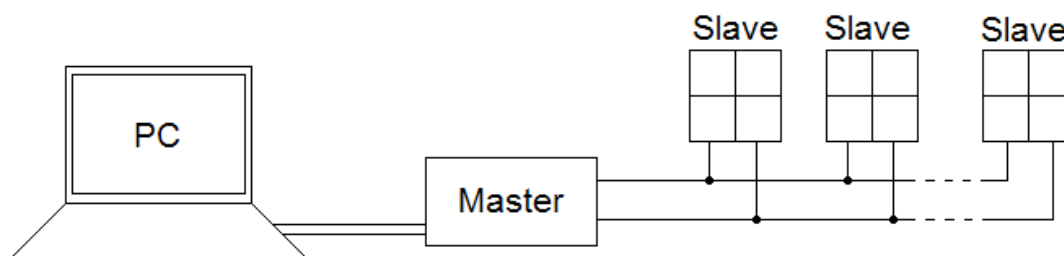
## 2. NÁVRH MODULÁRNÍHO LED DISPLEJE

Návrh zařízení je rozdělen do dvou kapitol. V první kapitole je popsán návrh konstrukce od návrhu architektury, přes volbu součástek až po tvorbu podkladů k výrobě. Druhá kapitola se zabývá návrhem a realizací programového vybavení.

### 2.1 KONSTRUKCE ZAŘÍZENÍ

Architektura modulárního grafického LED displeje byla navržena jako systém s jednou centrální jednotkou ( dále v textu označovaná jako Master ) a určitým počtem podřízených zobrazovacích jednotek ( dále jen Slave ), viz **obr. 1**. Jednotky jsou vybaveny osmibitovými RISC mikrokontroléry Atmel AVR. Uvedené mikrokontroléry mají architekturu optimalizovanou pro programování v jazyce C, vstupně/výstupní ( dále jen I/O ) obvody minimalizující potřebu externích součástek a poměrně nízkou cenu. Proto jsou vhodné pro účely tohoto projektu.

Pro zápis dat do paměti mikrokontroléru byl zkonstruován jednoduchý programátor ( uvedený v [1] ) kompatibilní s AVR MCU STK200 programátorem. Jedná se o převodník napěťových úrovní pro paralelní port LPT s integrovaným obvodem typu 74244. Data ve formátu Intel.hex jsou nahrávána do paměti mikrokontroléru pomocí programu PonyProg2000 – Serial Device Programmer ( volně dostupný software, verze 2.06f Beta, Copyright(C) 1997-2005 by Claudio Lanconelli, < [www.lancos.com](http://www.lancos.com) > )



obrázek 1 – architektura systému

### 2.1.1 Master

Řídící jednotka Master je určena pro komunikaci s osobním počítačem a pro datovou komunikaci se zobrazovacími jednotkami. Schéma zapojení jednotky Master je v příloze. Master je řízen mikrokontrolérem ATMEL mega8 [5] v pouzdru PDIP28, který má 8kB paměti programu typu FLASH programovatelné přímo v cílové aplikaci pomocí sériového rozhraní SPI, 1kB operační paměti typu SRAM obsahující 32x8 pracovních registrů a 512B paměti dat typu EEPROM. Dále je na čipu integrován synchronní/asynchronní sériový vysílač/přijímač označovaný USART, který je využit pro sériovou komunikaci s osobním počítačem, interní RC oscilátor, 3 I/O porty obsahující celkem 23 programovatelných linek, dvou vodičové sériové rozhraní TWI použité pro komunikaci mezi jednotkami, jeden šestnáctibitový a dva osmibitové čítače/časovače. Obsahuje také další obvody, které však nejsou využity.

Rozhraní pro komunikaci s osobním počítačem je na straně Masteru vyvedeno pomocí dvou vodičů USARTu pro vysílání ( TX ) a přijímání ( RX ). Zapojení je pak možné doplnit převodníkem pro rozhraní USB, RS485 nebo RS232. Prototyp byl odzkoušen s převodníkem MAX232 pro RS232, který převádí napěťové úrovně rozhraní RS232 na napěťové úrovně TTL pro USART.

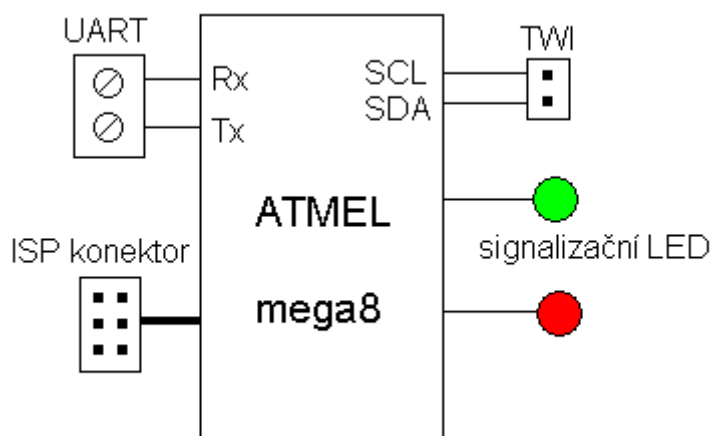
Komunikace s jednotkami Slave je řešena pomocí dvou vodičové sběrnice rozhraní TWI ( datový vodič SDA a vodič s hodinovým signálem SCL ), což je jiné pojmenování sběrnice I<sup>2</sup>C výrobcem ATMEL. Toto sériové rozhraní je schopno adresovat až 127 zařízení pomocí sedmibitové adresy ( adresa 0 je určena pro globální adresování ), což je maximální teoretický počet zobrazovacích jednotek. Je používáno v režimu, kde je jedna řídicí jednotka a ostatní jsou podřízené. Odtud plyne zvolené označení jednotek jako Master a Slave. Vstupní obvody obsahují filtry omezující vliv rušivých signálů. Bližší informace o tomto rozhraní jsou uvedeny v [5], [11] a [12].

Master je vybaven AVR ISP kompatibilním konektorem [10] pro programování. Rozložení pinů a pojmenování signálů jsou na **obrázku 3**.

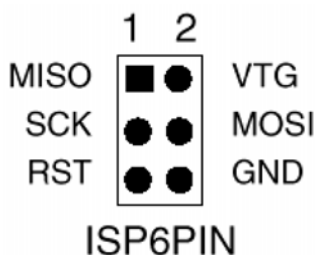
Na **obrázku 2** je znázorněno blokové schéma zařízení Master.

Pro kreslení schémat a návrh plošného spoje byl použit návrhový systém EAGLE ( verze: 4.16r2 pro Windows – Light Edition, jen pro neziskové a zkušební účely, CadSoft, <[www.cadsoft.de](http://www.cadsoft.de)> ).

Plošný spoj je realizován na jednostranné desce. Mikrokontrolér je zasunut v patici. Pro konektor rozhraní ISP je použita dvouřadá lámací kolíková lišta s roztečí pinů 2,54mm ( 100mil ), pro rozhraní TWI je použit zlacený konektor se zámkem typ PSH02 a pro napájení a USART jsou použity svorkovnice ARK550 s roztečí vývodů 3,5mm. Kondenzátor a rezistory jsou v provedení SMD ( velikost kondenzátoru 1206, rezistory 0805 ). Šířka všech plošných spojů je 0,4mm ( 16mil ). Pohledy na rozmístění součástek a plošné spoje jsou v příloze. Seznam součástek je součástí podkladů pro výrobu vytvořených v návrhovém systému Eagle.



**obrázek 2 – blokové schéma řídicí jednotky Master**



**obrázek 3 – AVR ISP kompatibilní konektor [10]**

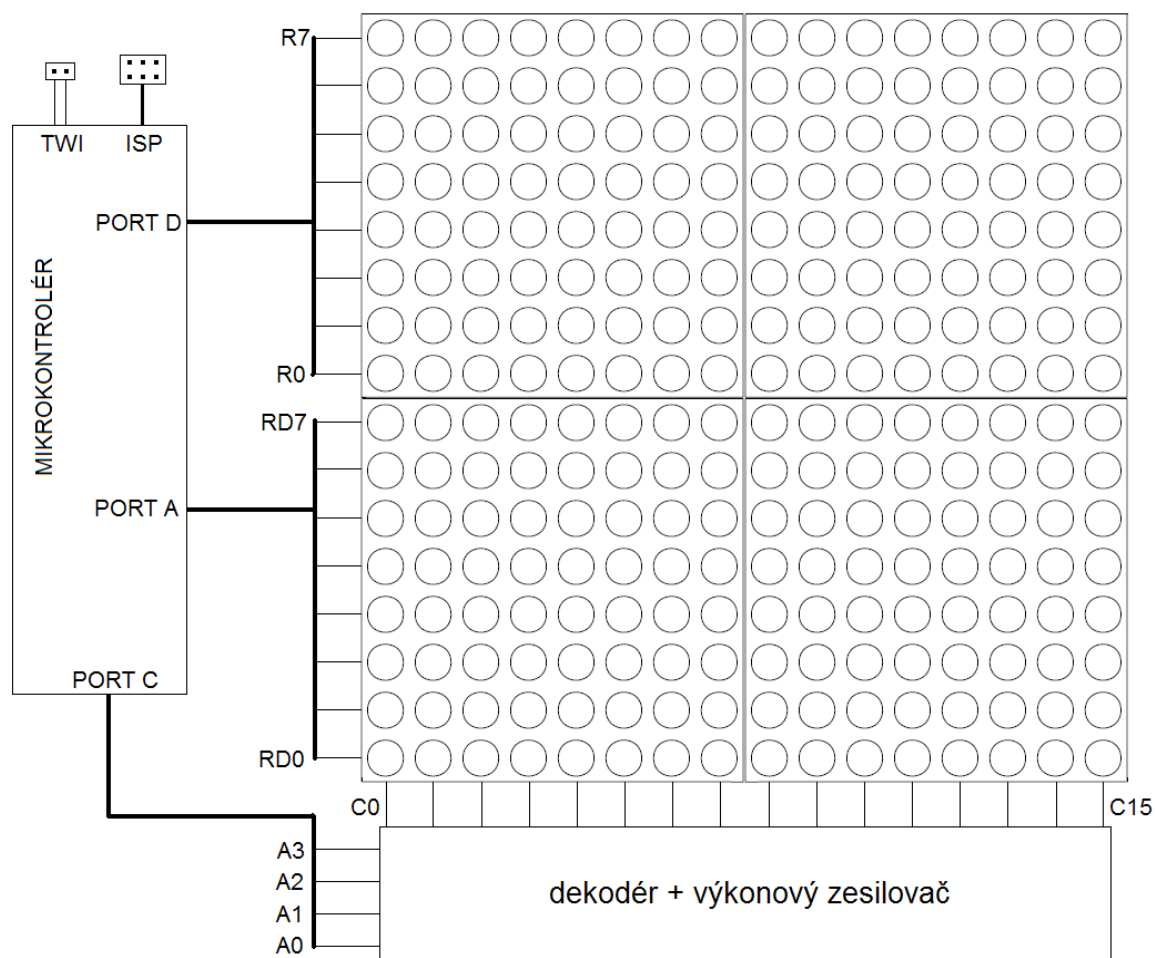
### 2.1.2 Slave

Schéma zapojení zobrazovací jednotky Slave je umístěno v příloze. Slave je řízen mikrokontrolérem ATMEL mega16 [6] v pouzdru TQFP44, který je velice podobný ATmega8. Rozdíl je ve dvojnásobné paměti dat ( 16kB ), větším počtu A/D převodníků a především má vyvedeny všechny čtyři I/O porty, které jsou použity pro adresování zobrazovacích bodů LED displeje.

Při návrhu zobrazovacího modulu byl zvolen rozměr matice 16x16 bodů. Tento rozměr dovoluje přijatelně náročné řešení desky plošných spojů a efektivní adresování jednotlivých zobrazovacích bodů. Modul je sestaven ze čtyř maticových LED displejů HD-M10EG88MD (**obr. 4**) o rozměru 8x8 zobrazovacích bodů. Konkrétní parametry a vnitřní zapojení použitých LED displejů jsou uvedeny v [7].

Zobrazování probíhá v multiplexním režimu, kdy jsou postupně spínány jednotlivé sloupce a v daném okamžiku jsou na řádky vystaveny požadovaná data zobrazovaného znaku. Vždy tedy svítí jen jeden sloupec. Přepínání musí probíhat dostatečně rychle, aby oko nepostřehlo blikání, frekvence přepínání sloupců byla zvolena přibližně 50Hz.

Adresování řádků a sloupců je naznačeno v blokovém schématu jednotky Slave na **obrázku 4**.



**obrázek 4 – blokové schéma jednotky Slave**

Řádky jsou adresovány přímo porty mikrokontroléru a to tak, že na PORT D je připojen horní segment zobrazovacího modulu ( řádky R0 až R7 ) a na PORT A spodní segment ( řádky RD0 až RD7 ). Do série jsou zařazeny SMD rezistory velikosti 0805 s hodnotou  $200\Omega$ , které při napájecím napětí 5V omezují proud jednotlivými diodami přibližně na 10mA. Ztrátový výkon na rezistorech při uvedeném proudu 10mA je 20mW, maximální dovolený ztrátový výkon rezistoru je 250mW. Nastavená hodnota proudu odpovídá nominální hodnotě pro zobrazovač uvedené výrobcem [7] a mikrokontrolér je schopen dodávat dostatečný proud i při sepnutí všech řádků najednou ( maximální dodebíraný/povolený proud 10/40mA na pin, 80/100mA na port [6] ).



Sloupce LED displeje jsou adresovány přes dva dekodéry 1 z 8 74HCT238 v pouzdrech SO16 [8] pomocí čtyřbitové adresy na portu C ( piny PC4 až PC7 ), kde nejvyšší bit adresy ( pin PC7 ) je připojen na povolovací vstupy jednotlivých dekodérů a dolní tři bity na adresovací vstupy. Zbývající povolovací vstupy jsou připojeny na příslušné napětí a jsou sepnuty stále. Tím je zajištěno, že pokud MSB adresy sloupce je 0, pracuje dekodér pro prvních osm sloupců, pokud je MSB 1, je adresováno posledních osm sloupců zobrazovače ( viz schéma zapojení v příloze ). Na výstupy dekodérů je připojeno pole Darlingtonových tranzistorů v integrovaném obvodu ULN2803 v pouzdru SO18W, které dovoluje spínat potřebný proud pro sloupce, který má hodnotu maximálně 160mA ( 16 řádků x 10mA = 160mA ) . Maximální dovolený proud pro jeden výstup ULN2803 je 500mA [9].

Pro datovou komunikaci jsou vyhrazeny dva piny rozhraní TWI obdobně jako u řídicí jednotky Master.

Slave je rovněž vybaven AVR ISP kompatibilním konektorem pro programování ( **obrázek 3** ).

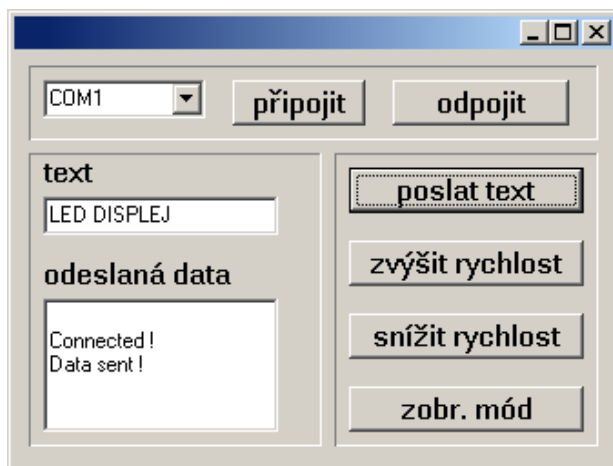
Plošný spoj je vytvořen na oboustranné desce, jejíž rozměry jsou přizpůsobeny obrysu zobrazovacího modulu tak, aby bylo možné skládat k sobě jednotlivé zobrazovací jednotky. Spoje, kterými prochází větší proud, tedy spoje pro adresování sloupců a pro napájení mají šířku 0,6mm ( 24mil ), ostatní spoje pro adresování řádků a datovou komunikaci mají šířku 0,4mm ( 16mil ). Konektor pro rozhraní TWI je umístěn co nejbližší pouzdru mikrokontroléru, aby bylo omezeno možné rušení na minimum. Rozměr pouzdra mikrokontroléru umožňuje jeho umístění na horní stranu desky pod maticové LED displeje ( u vyrobeného prototypu jsou LED displeje kvůli testování osazeny v jednořadých patičkách, ale zařízení lze sestavit i bez jejich použití ). Ostatní integrované obvody jsou umístěny na spodní straně plošného spoje ( strana BOTTOM ), rezistory jsou rozmístěny na obou stranách desky plošného spoje. Pro konektor rozhraní ISP je použita stejná dvouřadá lámací kolíková lišta s roztečí pinů 2,54mm ( 100mil ) jako u Masteru, obdobně jsou použity stejné konektory i pro rozhraní TWI ( PSH02 ) a napájení ( ARK550 ). Seznam součástek je součástí podkladů pro výrobu vytvořených v návrhovém systému Eagle. Pohledy na rozmístění součástek a plošné spoje jsou v příloze.

## 2.2 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ

Programové vybavení je rozděleno na dvě části, řídicí program pro osobní počítač a programy pro mikrokontroléry. V následujících podkapitolách je nastíněna struktura u funkce jednotlivých programů.

### 2.2.1 Program pro osobní počítač

Program v osobním počítači je navržen pro komunikaci po sériovém portu rozhraní RS232. Umožňuje zasílat požadovaný text, který se bude zobrazovat a dále umožňuje nastavovat rychlost posunu textu a zobrazovací mód ( statický nebo běžící text ). Program je naprogramován v jazyce C++, jeho základem je volně přístupná třída, jejímž autorem je Thierry Schneider, která využívá funkce WINAPI a tvoří zjednodušené rozhraní pro jejich používání. Komunikace probíhá tak, že jako první je vyslán řídicí bajt, který určuje, zda se jedná o text k zobrazení nebo o nastavení zobrazování. V případě, že se jedná o text, následují bajty nesoucí informaci o zobrazovaném textu. Význam jednotlivých bajtů je popsán v komentářích zdrojového kódu. K řízení modulárního LED displeje je samozřejmě možné použít libovolný jiný program, případně mikropočítač, pokud je dodržen popsany komunikační protokol. Náhled na okno programu je na **obrázku 5**. V hlavním okně je možné zvolit sériový port počítače ( COM ), zadat požadovaný text pro zobrazování a zvolit zobrazovací mód a rychlost posunu textu. Po stisku příslušného tlačítka program vyšle odpovídající data řídicí jednotce Master, kde jsou zpracována.



obrázek 5 – okno řídicího programu pro osobní počítač

### 2.2.2 Programové vybavení jednotky Master

Zdrojový kód je napsán v jazyce C v programu CodeVisionAVR ( freeware, jen pro zkušební a nekomerční použití, verze: 1.25.6 Evaluation, Pavel Haiduc, HP InfoTech s. r. l. , <<http://www.hpinfotech.com>> ), který slouží zároveň jako překladač do assembleru, respektive do formátu Intel.hex, který je vhodný pro naprogramování mikrokontroléru, jak je uvedeno výše v kapitole Konstrukce.

Na začátku programu je provedeno nadefinování proměnných a nastavení používaných obvodů mikrokontroléru, sériového kanálu USART ( přenosová rychlost, počet bitů přenášeného slova, parita ) a rozhraní TWI ( přenosová rychlost, mód ) nastavením příslušných řídicích registrů. USART je používán v asynchronním módu, tedy jako UART.

Program jednotky Master slouží ke komunikaci s řídicím programem v osobním počítači a k "rozesílání" přijatých dat jednotlivým zobrazovacím jednotkám Slave a jejich synchronizaci.

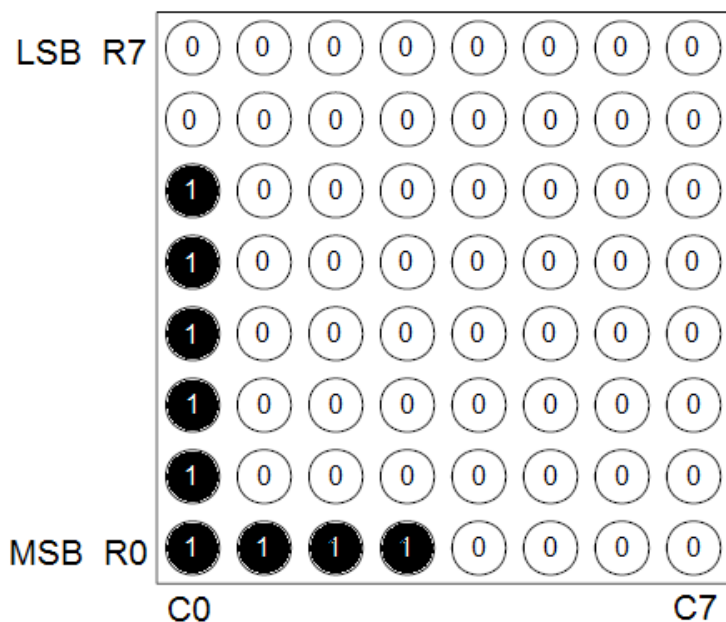
Po přijetí dat z PC je automaticky aktivováno přerušení od sériového kanálu a program odskočí na adresu s obslužným kódem, který přijme data z datového registru sériového kanálu. Obslužný algoritmus je realizován jako stavový automat pomocí funkce *switch*, který podle přijatých dat, respektive podle řídicího bajtu, rozhodne o jejich zpracování. Data se pak rozešlou přes rozhraní TWI na jednotlivé adresy jednotek Slave. Komunikace přes toto rozhraní probíhá tak, že Master nejprve vyšle adresu pro daný Slave a ten její detekování potvrdí potvrzovacím impulsem, potom se přenesou data a přenos se ukončí. Pro obsluhu komunikace je použit upravený ovladač rozhraní TWI od výrobce mikrokontroléru [11]. Přenášená data obsahují na první pozici řídicí bajt, který určuje jakou akci má s daty provést Slave. Podle řídicího bajtu pak následují buď indexy znaků a pozice, od které se budou zobrazovat nebo řídicí bajt určuje změnu zobrazovacího módu, případně změnu rychlosti posuvu textu. Nakonec je vyslán synchronizační impuls zasláním příslušného řídicího bajtu na globální adresu 0, na kterou reagují všechny připojené jednotky Slave. Více ve zdrojovém kódu pro Master, kde jsou pomocí komentářů popsány jednotlivé řídicí bajty a celková funkce programu.

### 2.2.3 Programové vybavení jednotky Slave

Program pro zobrazovací jednotku Slave je rozdělen do dvou částí. Hlavní část programu slouží k vlastnímu multiplexnímu zobrazování, druhá část slouží k datové komunikaci s řídicí jednotkou Master. Na začátku programu je provedeno nadefinování proměnných a nastavení používaných obvodů mikrokontroléru jako časovačů ( nastavení dělicího poměru hodin a režimu čítače/časovače ) a rozhraní TWI nastavením příslušných řídicích registrů.

#### 2.2.3.1 DATOVÁ STRUKTURA ZNAKŮ

Data jednotlivých znaků jsou uloženy v poli *znaky* v paměti programu FLASH, kde na každém řádku jsou data pro jeden znak ( viz zdrojový kód Slave ). Číslo řádku v poli znaky určuje index znaku, data jsou pak seřazena tak, že první bajt znaku určuje jeho šířku ( počet sloupců potřebných pro zobrazení znaku + mezera ), další bajty jsou data reprezentující jednotlivé sloupce znaku.

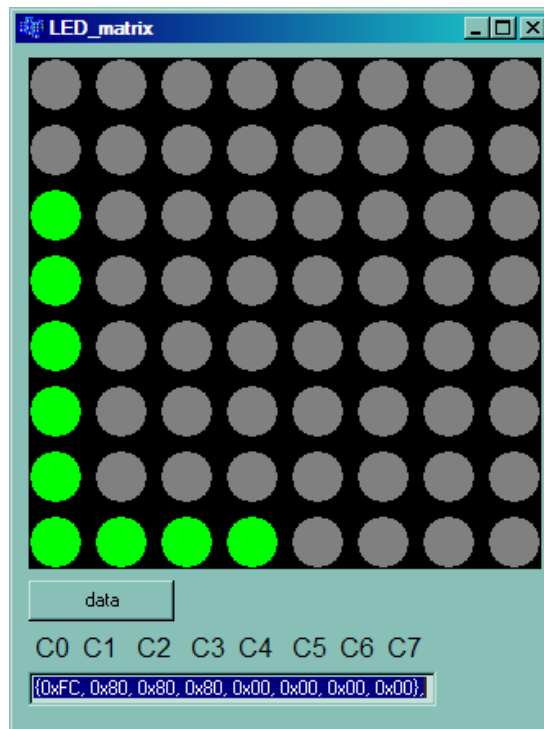


{šířka znaku, C0, C1, C2, C3, C4...}

{5, 0xFC, 0x80, 0x80, 0x80, 0x00...} // L

**obrázek 6 – datová struktura znaku**

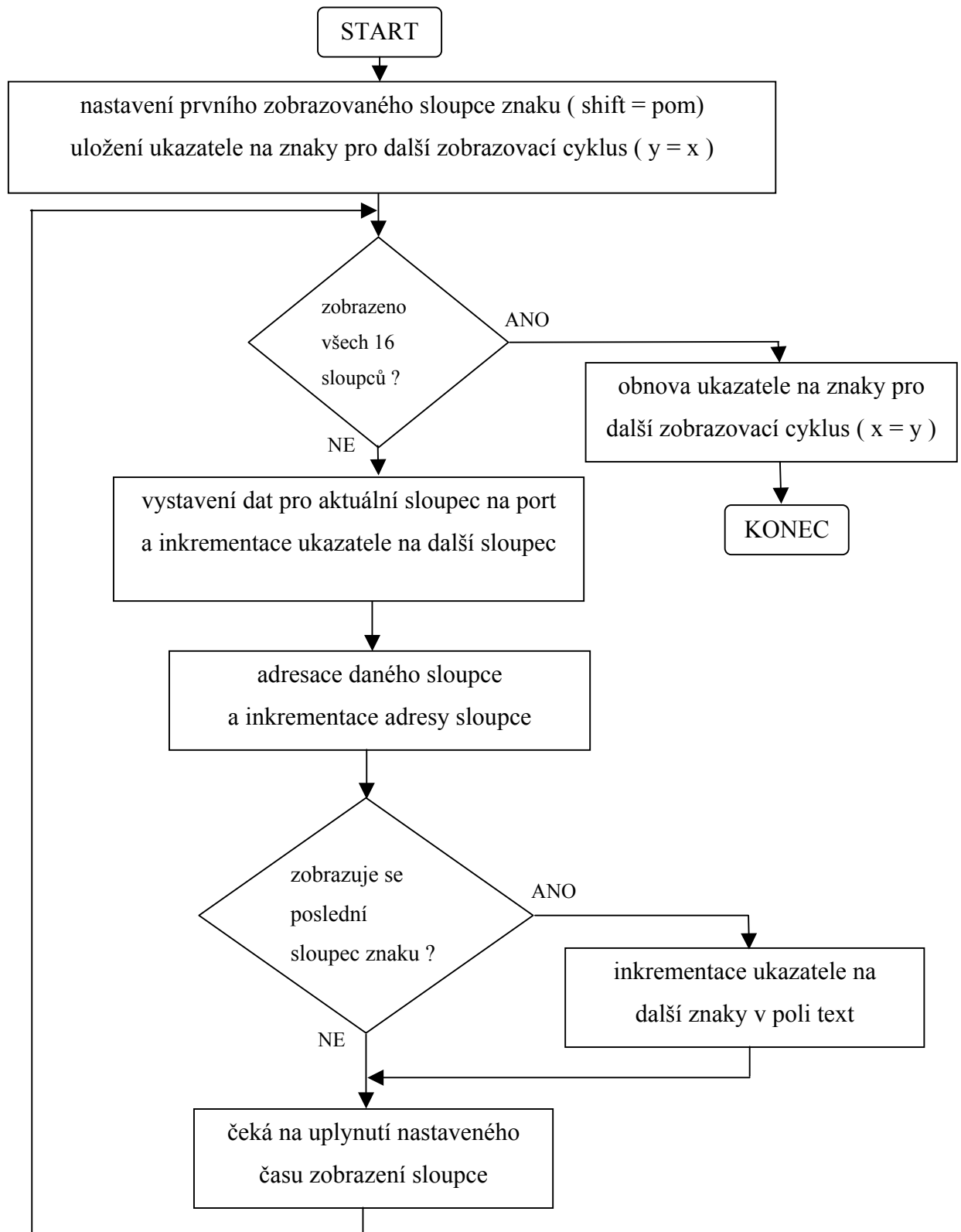
Pro definování znaků byl v jazyce C++ napsán program LED\_matrix, pomocí kterého lze v grafickém prostředí "klikáním" na jednotlivé body jednoduše vytvořit libovolný znak a program pak vygeneruje jeho datovou reprezentaci ( **obr. 7** ).



**obrázek 7 – okno programu LED\_matrix pro tvorbu znaků**

### 2.2.3.2 ALGORITMUS PRO ZOBRAZVÁNÍ

Vývojový diagram algoritmu pro multiplexní zobrazování je na následující stránce. Algoritmus řídí zobrazování na jeden segment displeje ( horní nebo spodní řádek), zobrazování na druhém řádku/segmentu probíhá identicky, pouze se zobrazuje jiný text. Princip je takový, že v nekonečné smyčce se zobrazují znaky, jejichž indexy jsou uloženy v poli *text*. Zobrazování probíhá velmi rychle (stovky  $\mu s$  ), proto je nutné každý zobrazovací cyklus opakovat, aby byl text viditelný. Počet opakování je dán hodnotou proměnné *REFRESH*. Uvedené opatření má smysl pouze v módu "běžící text", kde velikost hodnoty proměnné *REFRESH* přímo ovlivňuje rychlost posunu textu, v módu "statický text" nemá prakticky význam.



**vývojový diagram algoritmu pro multiplexní zobrazování  
( jeden zobrazovací cyklus )**

Vlastní zobrazování probíhá tak, že se v cyklu *for*, jehož počet opakování je shodný s počtem sloupců ( 16 ) zobrazovacího modulu, postupně spínají jednotlivé sloupce ( adresy sloupců jsou uloženy v poli *clock\_data* ) a pro každý sloupec jsou na řádce vyslána odpovídající data znaků. Doba trvání jednotlivých opakování cyklu *for* je řízena časovačem a proto je konstantní. Na sloupec znaku, který se mají aktuálně zobrazit ukazuje proměnná *shift*. Tato proměnná s každým cyklem inkrementuje a zajistí tak vybrání dalšího bajtu (sloupce) znaku. Pokud proměnná *shift* dosáhne stejné hodnoty, jako je šířka aktuálně zobrazovaného znaku, přejde se k zobrazování následujícího znaku z pole *text* inkrementací proměnné *x*, která slouží jako ukazatel na aktuálně zobrazovaný znak.

V módu "běžící text" se po zobrazení všech sloupců začne další zobrazovací cyklus se znaky posunutými o jeden sloupec doleva, což zajišťuje pomocná proměnná *pom*, která po každém zobrazovacím cyklu inkrementuje a na začátku následujícího cyklu se předá její hodnota proměnné *shift*. Po zobrazení posledního znaku z pole *text* se přejde opět na jeho začátek ( nastavením  $x = 0$  ) a zobrazovaný text "běží" znovu. Tímto algoritmem je zajištěn posun textu. Více ve zdrojovém kódu pro jednotku Slave.

### 2.2.3.3 ALGORITMUS PRO DATOVOU KOMUNIKACI

Pokud zobrazovací jednotka Slave identifikuje svou adresu vyslanou přes rozhraní TWI Masterem, dojde k přerušení od TWI a program odskočí na adresu, kde je obslužný program pro datovou komunikaci. Data se zpracují pomocí stavového automatu podobně jako při zpracování dat přijatých z osobního počítače u jednotky Master. Dojde k nastavení rychlosti posunu, nastavení zobrazovacího módu, aktualizaci indexů zobrazovaných znaků v poli *text* a po přijetí synchronizačního impulsu program pokračuje v zobrazování. Pro komunikaci byl použit upravený ovladač rozhraní TWI [12] podobně jako u jednotky Master. Více ve zdrojovém kódu pro Slave.

### 3. ZÁVĚR

Před vlastním návrhem jsem se musel teoreticky seznámit s architekturou a funkcí procesorů Atmel AVR, čerpal jsem především z publikací [1], [2] a [3], z datasheetů jednotlivých procesorů a internetu. V průběhu návrhu modulárního LED displeje bylo navrženo hned několik možností řešení.

Jako první bylo navrženo zařízení s "malým" mikrokontrolérem ATtiny2313, kde byly oba řádky adresovány jen jedním portem a sloupce byly adresovány pomocí posuvného registru. Na něm jsem se především prakticky seznámil s procesorem řady AVR a s možnostmi programování v C. Toto řešení se ukázalo jako nevhodné a další varianta byla navržena s procesorem ATmega8, kde byly řádky také adresovány jedním portem mikrokontroléru, sloupce již však byly adresovány "přímo" zvlášť pro horní a spodní polovinu zobrazovacího modulu přes dva dekodéry 1 ze 16 a pro komunikaci byla použita sběrnice SPI. V tomto návrhu však nastaly problémy s proudovou zatížitelností jednotlivých integrovaných obvodů a bylo by nutné použít větší množství diskrétních tranzistorů, což neumožňuje rozměr desky plošných spojů, který je omezen rozměrem LED displejů. Proto bylo navrženo řešení s mikrokontrolérem ATmega16, který má vyveden dostatečný počet portů pro oddělené adresování řádků horního i dolního segmentu zobrazovacího modulu a tím se zatěžovací proudy pro jednotlivé porty rozdělí a sníží. Další změnou byl přechod na komunikaci pomocí rozhraní TWI ( $I^2C$ ).

Zkonstruovaný modulární maticový LED displej je funkční, přesto by bylo potřeba provést některé úpravy, především optimalizovat hodnoty rezistorů omezujících proud diodami, protože oproti předpokládaným proudům tečou při multiplexním zobrazování proudy nižší a pulsní, což se projevuje snížením jasu především u spodního segmentu LED displeje, ke kterému vedou delší plošné spoje. Programové vybavení je na úrovni zajišťující základní funkci.



## 4. LITERATURA

- [1] Váňa V.: Mikrokontroléry ATMEL AVR Popis procesoru a instrukčního souboru. Technická literatura BEN, Praha 2003.
- [2] Váňa V.: Mikrokontroléry ATMEL AVR Programování v jazyce C. Technická literatura BEN, Praha 2003.
- [3] Mann B.: C pro mikrokontroléry. Technická literatura BEN, Praha 2003.
- [4] Hrbáček J.: Komunikace mikrokontroléru s okolím. Technická literatura BEN, Praha 1999.
- [5] ATmega8 datasheet. ATMEL Corporation, <[www.atmel.com](http://www.atmel.com)>.
- [6] ATmega16 datasheet. ATMEL Corporation, <[www.atmel.com](http://www.atmel.com)>.
- [7] Display – Dot Matrix datasheet. AMERICAN BRIGHT, <[www.americanbrightled.com](http://www.americanbrightled.com)>.
- [8] 74HC/HCT238 datasheet. PHILIPS SEMICONDUCTOR
- [9] ULN2803 datasheet, TOSHIBA CORPORATION
- [10] hardware\_design\_document, ATMEL Corporation, <[www.atmel.com](http://www.atmel.com)>.
- [11] AVR315: Using the TWI module as I<sup>2</sup>C master, ATMEL Corporation, <[www.atmel.com](http://www.atmel.com)>.
- [12] AVR311: Using the TWI module as I<sup>2</sup>C slave, ATMEL Corporation, <[www.atmel.com](http://www.atmel.com)>.

## SEZNAM ZKRATEK

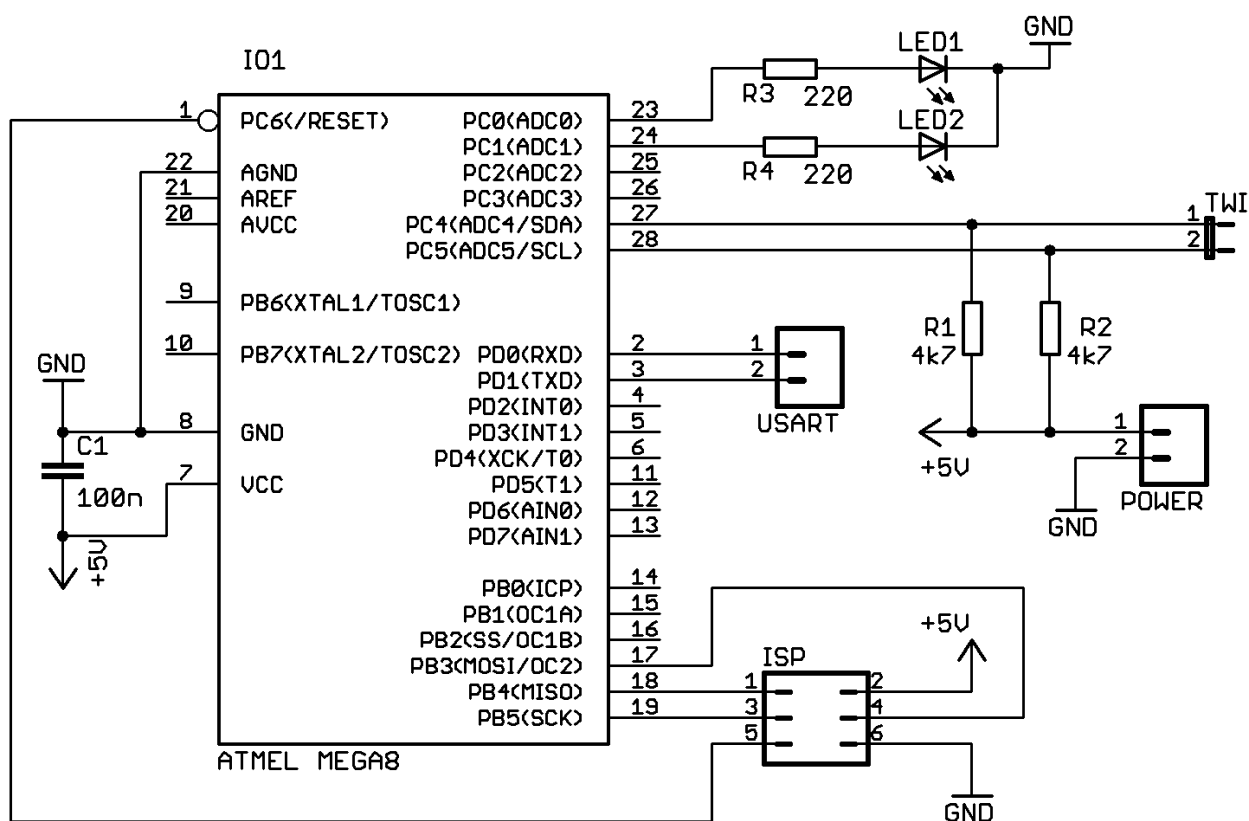
Zkratka/Symbol	Popis
RISC	Reduced Instruction Set Computer počítač s omezenou instrukční sadou
PDIP28	Plastic Dual Inline Package 28pin plastové pouzdro s vývody ve dvou řadách
SRAM	Static Random Access Memory statická paměť s náhodným přístupem
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory elektricky programovatelná/mazatelná paměť pouze ke čtení
MSB	Most Significant Bit bit s nejvyšší hodnotou
TQFP44	Thin profile plastic Quad Flat Package nízko profilové čtvercové plastové pouzdro
SPI	Serial Peripheral Interface sériové periferní rozhraní
SMD	Surface Mounted Device součástka pro povrchovou montáž
SO16	Small Outline miniaturní pouzdro s vývody po stranách 16 pinů
SO18W	Small Outline Wide miniaturní rozšířené pouzdro s vývody po stranách
B	bajt, 8bitů
kB	kilobajt, $2^{10}$ bajtů
USART	Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter
USB	Universal Serial Bus universální sériové rozhraní
I <sup>2</sup> C	Inter-Integrated Circuit dvouvodičová sběrnice
TWI	Two-wire Serial Interface dvouvodičové sériové rozhraní ( ekvivalent I <sup>2</sup> C )

## SEZNAM PŘÍLOH

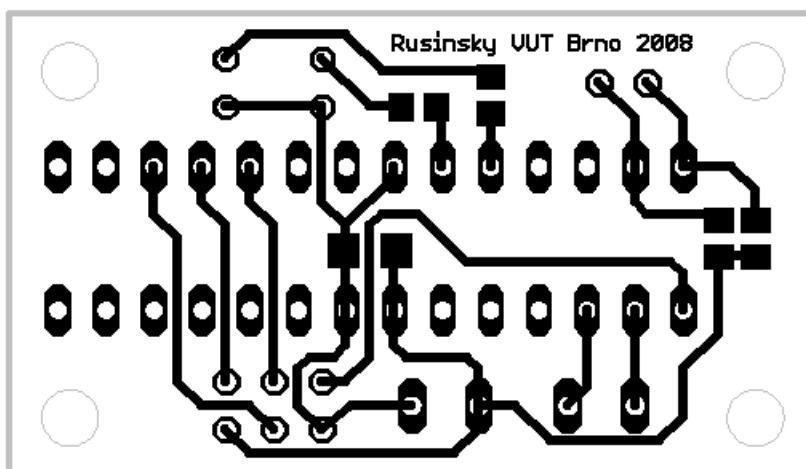
- Příloha 1 MASTER – schéma zapojení a plošný spoj ( strana BOTTOM )
- Příloha 2 MASTER – rozložení součástek ( strana BOTTOM i TOP )
- Příloha 3 SLAVE – schéma zapojení
- Příloha 4 SLAVE – plošný spoj strana BOTTOM
- Příloha 5 SLAVE – rozmístění součástek strana BOTTOM
- Příloha 6 SLAVE – plošný spoj strana TOP
- Příloha 7 SLAVE – rozmístění součástek strana TOP

Poznámka : všechny nákresy plošných spojů a rozmístění součástek jsou 2,5krát zvětšeny oproti originálu

## Příloha 1 – schéma zapojení řídicí jednotky ( Master )

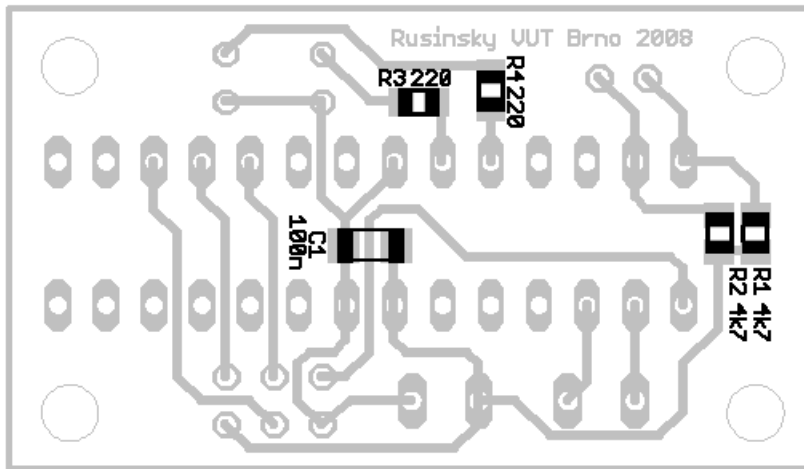


plošný spoj jednotky Master ( strana BOTTOM )

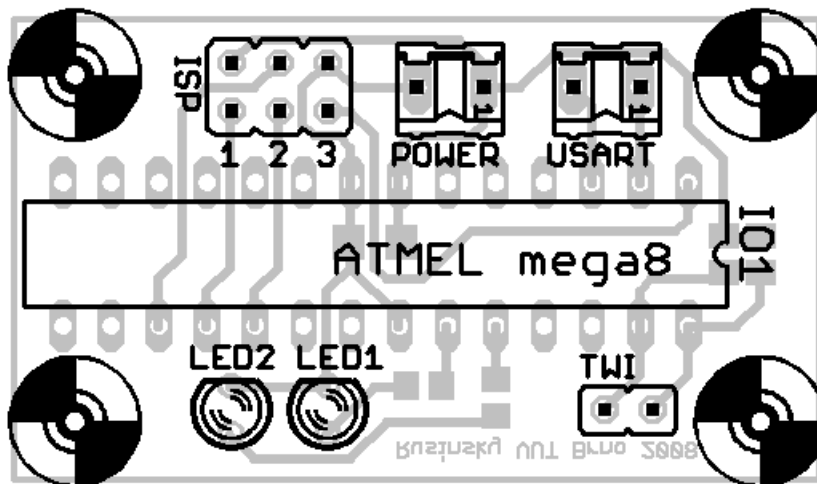


Příloha 2 – rozmístění součástek jednotky Master

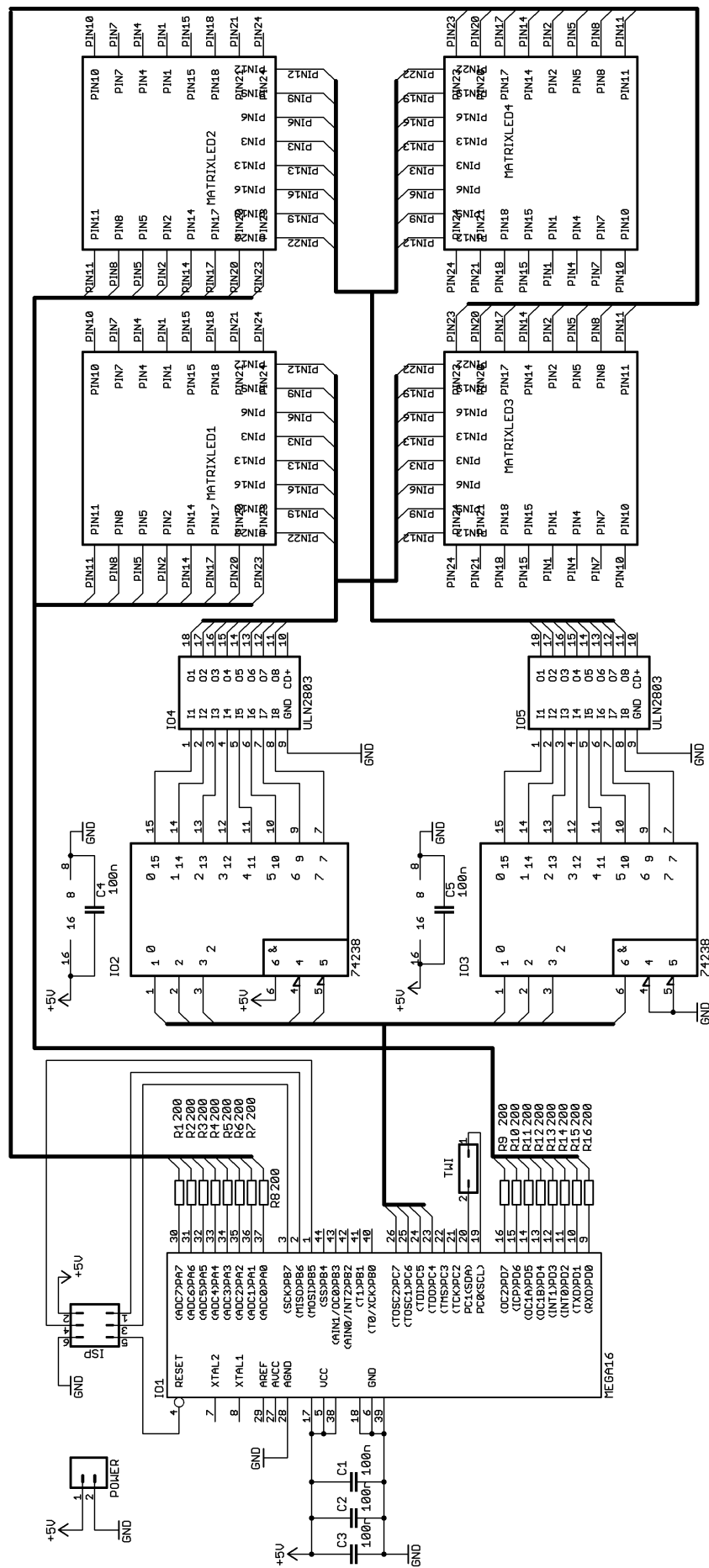
(strana BOTTOM)



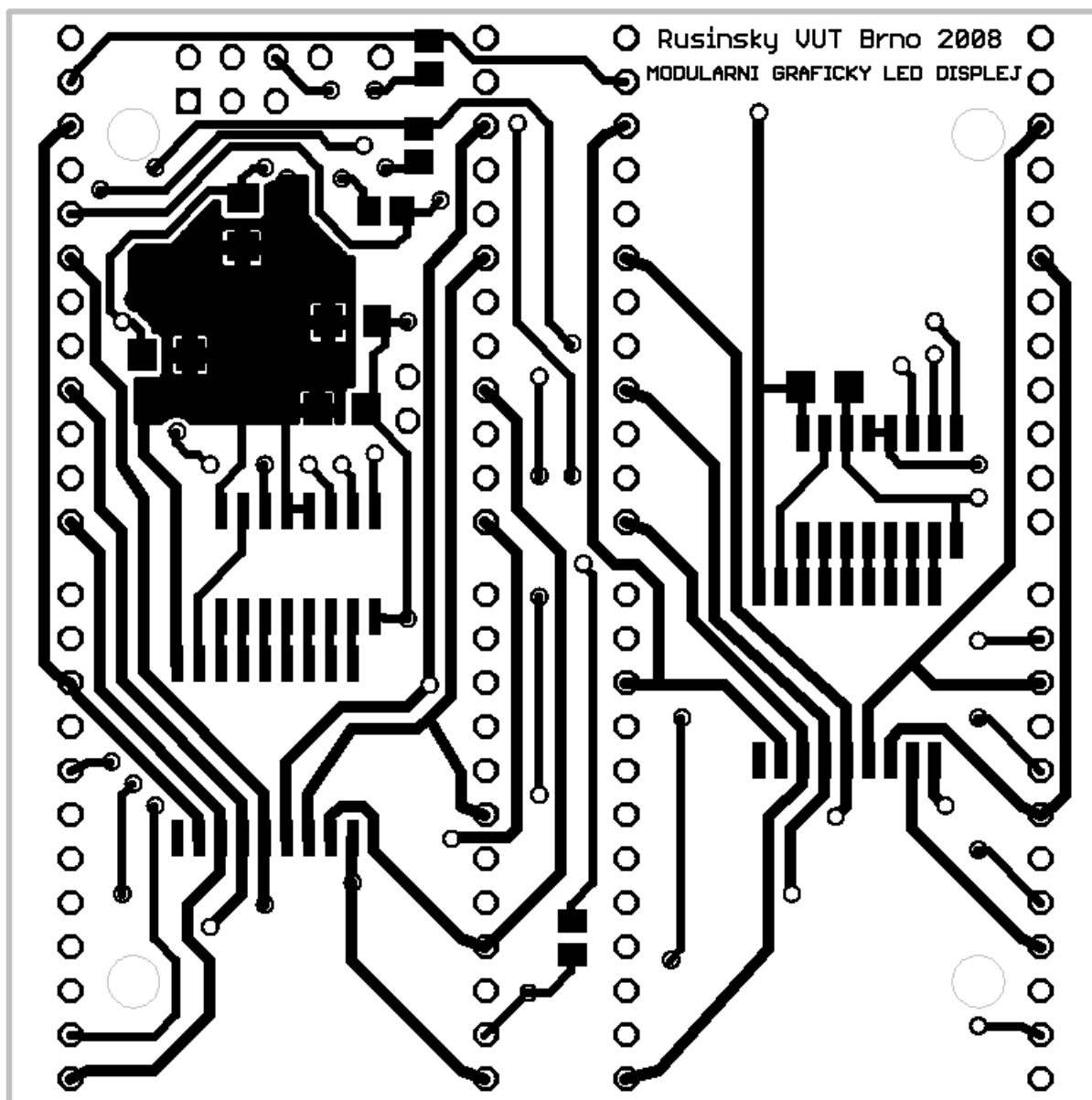
rozmístění součástek jednotky Master (strana BOTTOM)



Příloha 3 – schéma zobrazovací jednotky ( Slave )

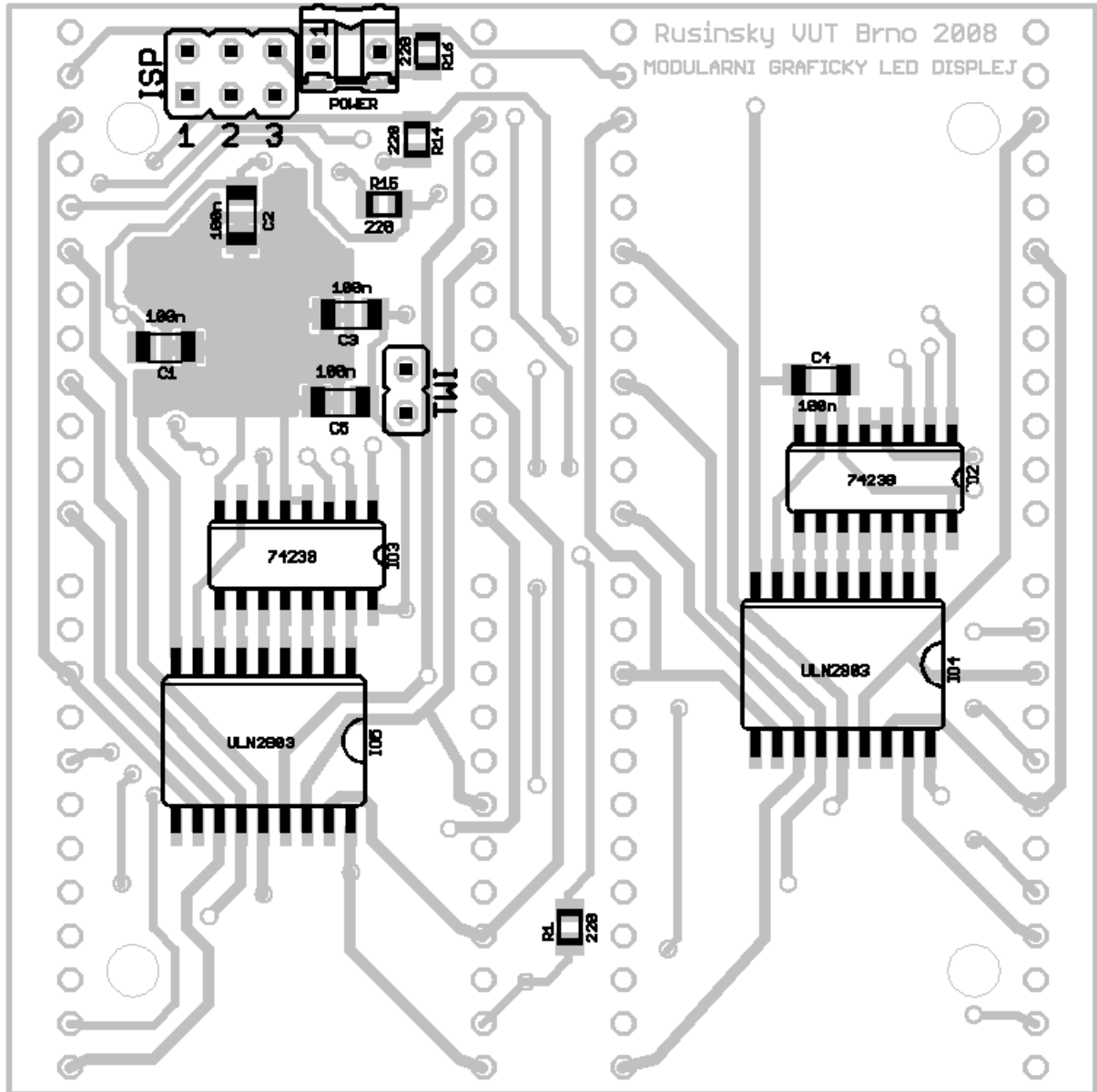


**Příloha 4 – plošný spoj jednotky Slave ( strana BOTTOM )**



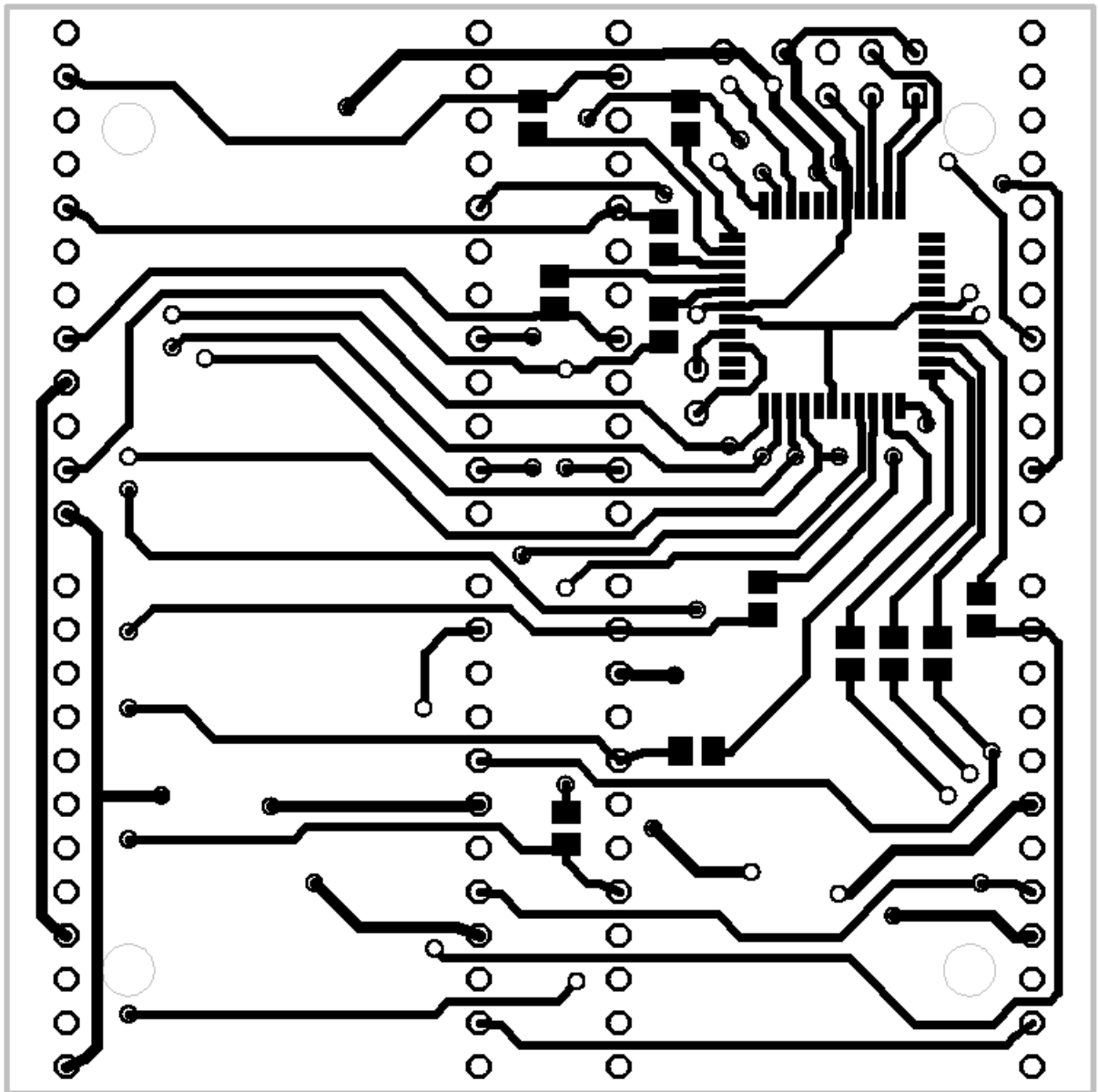
**Příloha 5 – rozmístění součástek jednotky Slave**

(strana BOTTOM)



Příloha 6 - plošný spoj jednotky Slave ( strana TOP )





**Příloha 7 - rozmístění součástek jednotky Slave**  
(strana TOP)

