

# **Mikropočítačově řízený světelný efektový panel pro konferenční stůl**

Lighting effect panel for conference table controlled by  
microcontroller

Michal Sušeň



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal SUŠEŇ**

Osobní číslo: **A09034**

Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Téma práce: **Mikropočítačově řízený světelný efektový panel pro konferenční stůl**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte problematiku řízení barevných světelných panelů s RGB LED diodami.
2. Zvolte pro daný účel vhodný typ mikropočítače.
3. Proveďte hardwarový návrh řídicí jednotky světelného panelu s možností dálkového ovládání.
4. Vytvořte programové vybavení jednotky, umožňující zobrazování následujících informací: datum, čas, teplota a libovolný text v různých režimech zobrazení.
5. Realizujte prototyp zaříz, včetně zabudování do konferenčního stolu a ověřte jeho správnou funkci.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. FREESCALE SEMICONDUCTOR. CPU08 Central Processor Unit Reference Manual [online]. 2001. Dostupné z: [www.freescale.com](http://www.freescale.com)
2. FREESCALE SEMICONDUCTOR. HCS08 Family Reference Manual, Rev.1. [online]. 2003. Dostupné z: [www.freescale.com](http://www.freescale.com)
3. JURÁNEK, Antonín a Miroslav HRABOVSKÝ. EAGLE pro začátečníky /: uživatelská a referenční příručka :. 2. vydání. Praha: BEN – technická literatura, 2007, 191 s. ISBN 80-730-0213-2.
4. MANN, Burkhard. C pro mikrokontroléry: ANSI-C, kompilátory C, spojovací programy – linkery, práce s ATMEAL AVR a MSC-51, příklady programování v jazyce C, nástroje pro programování, tipy a triky. Vyd. 1. Praha: BEN, 2003, 279 s. ISBN 80-730-0077-6.
5. PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 80-730-0110-1.
6. ŠÁRA, Zdeněk. Normy pro IR datový přenos [online]. 1999. Dostupný z WWW: [http://hw.cz/docs/ir\\_prenos/ir\\_protokoly.html](http://hw.cz/docs/ir_prenos/ir_protokoly.html)

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Petr Dostálek, Ph.D.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

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 bylo navrhnout a vytvořit fungující prototyp konferenčního stolu, jehož pracovní skleněnou desku bude tvořit maticový displej složený z RGB LED. V teoretické části je popsán zvolený mikropočítač MCF51AC128 od firmy Freescale všechny použité komunikační protokoly. Dále popisuje použité speciální obvody a Bluetooth modul.

V praktické části je popsána samotná konstrukce stolu, návrh řídicí elektroniky a propojení všech modulů stolu. Dále se zabývá programovým vybavením pro použitý mikrokontrolér a programovým vybavením pro mobilní telefony s operačním systémem Google Android.

Klíčová slova: RGB LED, Freescale, Android, Bluetooth

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor thesis was to design and create a functioning prototype of the conference table, whose work glass plate will form the matrix display composed of RGB LED. In the theoretical part describes the chosen microcomputer MCF51AC128 from Freescale and all of used communication protocols. It also describes used special circuits and Bluetooth module.

The practical part describes the construction of table, design of control electronics and linking all of the table modules. It also deals with software used for the microcontroller and software for mobile phones running Google Android

Keywords: RGB LED, Freescale, Android, Bluetooth



Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce, kterým je pan Ing. Petr Dostálek, Ph.D., za jeho pomoc, připomínky a rady. Dále bych chtěl poděkovat panu Janu Adámkovi za přesnou a precizní výrobu stolu podle dodané výkresové dokumentace.

Svět nekončí tím, co znám, ale začíná tím, co neznám a znát bych mohl.

Bohumil Federmann

**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 ZOBRAZOVACÍ JEDNOTKY .....</b>	<b>11</b>
1.1 LCD .....	11
1.2 PDP .....	12
1.3 LED .....	13
<b>2 POUŽITÝ MIKROPOČÍTAČ.....</b>	<b>14</b>
2.1 MIKROPOČÍTAČ MCF51AC128 .....	14
2.2 KOMUNIKAČNÍ PROTOKOLY .....	14
2.2.1 SPI .....	15
2.2.2 SCI .....	16
2.2.3 I2C .....	17
2.2.4 NEC .....	18
<b>3 RYCHLÁ FOURIEROVA TRANSFORMACE.....</b>	<b>19</b>
3.1 ALGORITMUS FFT PRO ANALÝZU AUDIO SIGNÁLU .....	19
<b>4 POUŽITÉ SPECIÁLNÍ INTEGROVANÉ OBVODY.....</b>	<b>22</b>
4.1 OBVOD REÁLNÉHO ČASU .....	22
4.2 ZESILOVAČ AUDIO SIGNÁLU.....	23
4.3 BLUETOOTH MODUL .....	24
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>25</b>
<b>5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ.....</b>	<b>26</b>
5.1 KONSTRUKCE STOLU .....	26
5.2 STRUKTURA DISPLEJE .....	27
<b>6 HARDWARE .....</b>	<b>29</b>
6.1 BLOKOVÉ SCHÉMA .....	29
6.2 ŘÍDÍCÍ DESKA .....	30
6.2.1 Popis řídící desky .....	30
6.2.2 Schéma zapojení a realizace DPS .....	30
6.3 BUDIČ ŘÁDKŮ .....	34
6.3.1 Popis budiče řádků.....	34
6.3.2 Schéma budiče řádků a realizace DPS .....	35
6.4 BUDIČ SLOUPCŮ .....	38
6.4.1 Popis budiče sloupců.....	38
6.4.2 Schéma budiče sloupců a realizace DPS .....	38

6.5	BLUETOOTH MODUL .....	42
6.6	DÁLKOVÝ OVLADAČ .....	43
<b>7</b>	<b>SOFTWARE.....</b>	<b>44</b>
7.1	SOFTWARE PRO JEDNOČIPOVÝ MIKROPOČÍTAČ .....	44
7.1.1	Blokové schéma programu a jeho popis.....	46
7.2	SOFTWARE PRO MOBILNÍ TELEFON .....	48
7.2.1	Blokové schéma a popis programu.....	48
7.2.2	Popis vytvořené aplikace.....	49
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>50</b>
<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ .....</b>		<b>51</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>52</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>		<b>54</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>55</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>		<b>57</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>		<b>58</b>

## ÚVOD

Toto konstrukční a obvodové řešení konferenčního stolu bylo vytvořeno proto, neboť videoukázky obdobných stolů byly uveřejněny na video portálu Youtube a byly velmi nevšední a zajímavé. Zveřejněné konstrukce však nevyhovovaly daným požadavkům, proto bylo rozhodnuto o výrobě nového prototypu, který by požadavky splňoval. Požadavky se týkaly jak rozměrů stolu samotného, tak jeho funkcí. Navíc podobný stůl není možné zakoupit v České republice a ani v jejím blízkém okolí.

Prototyp stolu byl nejprve navržen v programu Autodesk Inventor a po schválení byl vyroben. Dále byly osazeny RGB LED a vyvinuty obslužné DPS, určené pro chod celého stolu. Nakonec byl napsán ovládací SW jak pro samotný stůl, tak ovládací SW pro mobilní telefony obsahující mobilní operační systém Google Android.

První část této bakalářské práce se zabývá obecnými principy zobrazovacích jednotek, použitým mikropočítačem a všemi komunikačními protokoly, které jsou ve stolu používány. Navíc popisuje použitý algoritmus FFT a vybrané speciální integrované obvody, které jsou v obvodovém řešení použity.

Druhá část pojednává o samotném konstrukčním řešení stolu, hardwarovém vybavení stolu a taktéž pojednává o softwaru pro jednočipový mikropočítač, který řídí vizuální efekty, a o softwaru pro mobilní operační systém Google Android.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

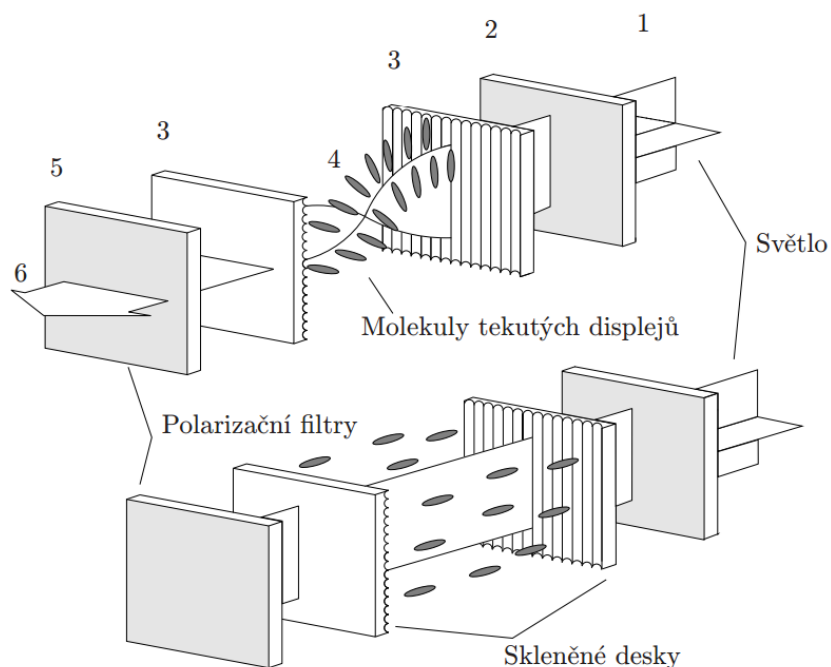
## 1 ZOBRAZOVACÍ JEDNOTKY

Pro zobrazovací panel konferenčního stolu bylo potřeba zvolit technologii zobrazovače, kterou se budou informace zobrazovat. Následující kapitola shrnuje používané technologie při velkoplošném zobrazování.[8]

### 1.1 LCD

Zobrazovací jednotky typu LCD fungují na principu polarizace světla. Princip je znázorněn na obrázku (Obr. 1). Světelné paprsky ze zdroje světla (1) prochází přes první polarizační filtr (2) a následně do orientačních filtrů, kde se nachází tekuté krystaly (4). Pootáčením tekutých krystalů se mění polarizace světla a při průchodu polarizačním filtrem (5) světlo projde jenom v takovém množství, závislém na natočení tekutých krystalů. Intenzita procházejícího světla se tak dá regulovat natáčením tekutých krystalů. Poslední vrstva displeje (6) tak slouží jako zobrazovač prošlého světla.

Tento typ zobrazovací jednotky se však nehodí pro vodorovnou montáž na velké ploše, a to z toho důvodu, že by displej mohl prasknout vlivem otřesů.

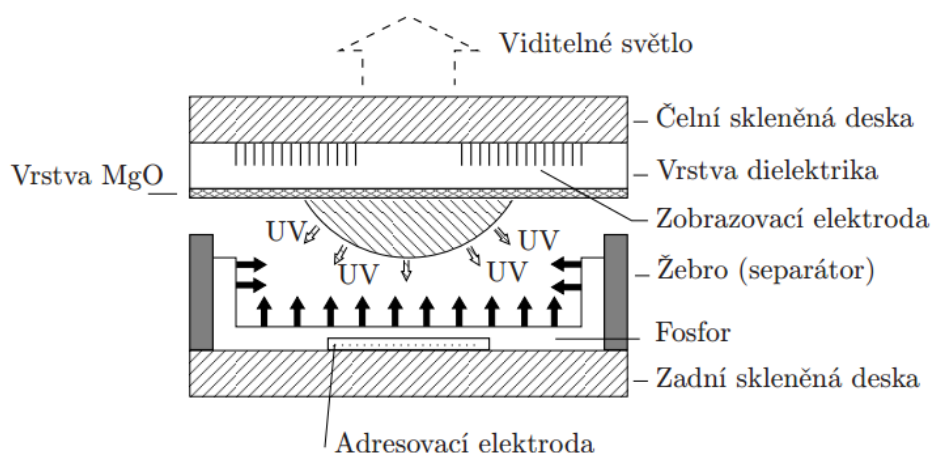


Obr. 1 Struktura LCD obrazovky

## 1.2 PDP

Princip plazmové zobrazovací jednotky je znázorněn na obrázku (Obr. 2). Uvnitř každé buňky displeje se nachází směs plynů (argon – neon - xenon). Po přivedení napájecího napětí na adresovací elektrody dojde k uvolnění elektrodů z plynů a vlivem jejich srážení se vytvoří fotony. Následně vznikne plazma, a ta vytvoří na luminoforu viditelné světlo. Kombinací různých luminoforů lze dosáhnout různých barev vyzářeného světla.

Tento typ zobrazovací jednotky se taktéž nehodí pro vodorovnou montáž, protože by vlivem otřesů mohly prasknout jednotlivé buňky plazma displeje.



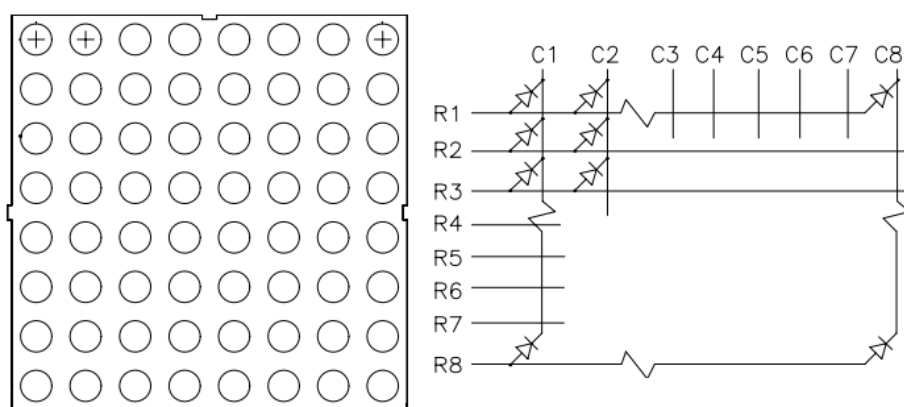
Obr. 2 Struktura plazma obrazovky

### 1.3 LED

Zobrazovací jednotky typu LED jsou tvořeny jednotlivými LED. LED jsou většinou uspořádány do matice (Obr. 3) a tvoří tzv. maticový displej. Displej může být složený z LED jedné barvy nebo více barev. Při použití červené, zelené a modré LED v jednom pixelu vznikne RGB LED displej.

Tento typ displeje je vhodný pro vodorovné velkoplošné zobrazovací jednotky a to proto, jelikož je odolný proti mechanickému poškození. Pokud dojde k mechanickému poškození jedné LED, neohrozí to funkčnost zbytku displeje. Pokud dojde k mechanickému poškození jednoho bodu u LCD nebo plazmového displeje, znamená to vyřazení z funkčnosti celého displeje.

Zobrazovací panel konferenčního stolu tedy tvoří LED zobrazovací jednotka z výše uvedených důvodů.



Obr. 3 Struktura LED obrazovky

## 2 POUŽITÝ MIKROPOČÍTAČ

Řídící obvody pro vykreslování informací na efektní panel a zpracování signálů nelze jednoduše vyřešit pomocí diskrétních součástek, bylo proto nutné použít jednočipový mikropočítač.

### 2.1 Mikropočítač MCF51AC128

Tento mikropočítač byl vybrán proto, jelikož se jedná o 32b architekturu a má dostatek paměti RAM a FLASH, které je vždy nedostatek, pokud se pracuje s obrazem. Konkrétní parametry mikropočítače jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 1). V této práci je mikropočítač taktován externím krystalem o frekvenci 4MHz, jehož kmitočet je násoben vnitřní násobičkou mikropočítače na frekvenci 24MHz jako základní takt systémové sběrnice a 48 MHz pro samotné jádro mikropočítače.[16]

Jádro	MCF51AC
Řada procesoru	MCF51AC
Šířka datové sběrnice	32 bit
Maximální frekvence	50.33 MHz
Velikost FLASH	128 KB
Velikost RAM	32 KB
Pouzdro	PQFP-64
Styl montáže	SMD/SMT
Rozsahy A/D převodníku	8, 10, 12 bit
Dostupné A/D kanály	20
Rozhraní	SCI, SPI, IIC, CAN
Programovatelné I/O piny	54
Počet časovačů	8
Napájecí napětí (Max)	5,5 V
Napájecí napětí (Min)	2,7 V
Rozměry(ŠxDxV) [mm]	14x14x2,4

Tab. 1 Základní vlastnosti použitého mikropočítače

### 2.2 Komunikační protokoly

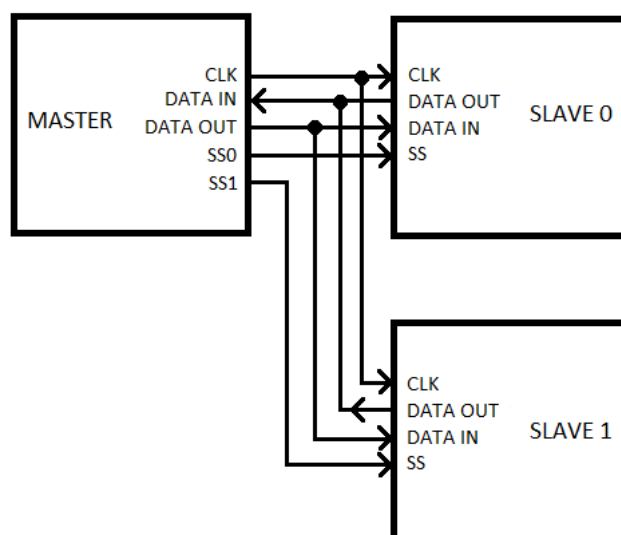
Pro komunikaci mikropočítače s periferiemi slouží různé komunikační protokoly. Ty mohou být implementovány přímo jako HW v mikropočítači nebo je možnost je vytvořit na SW vrstvě. Komunikační protokoly na HW vrstvě jsou většinou výhodnější proto, jelikož je



mikropočítač vykonává odděleně od programového vybavení a zbytečně tak nezatěžují jeho výpočetní jádro.[11]

### 2.2.1 SPI

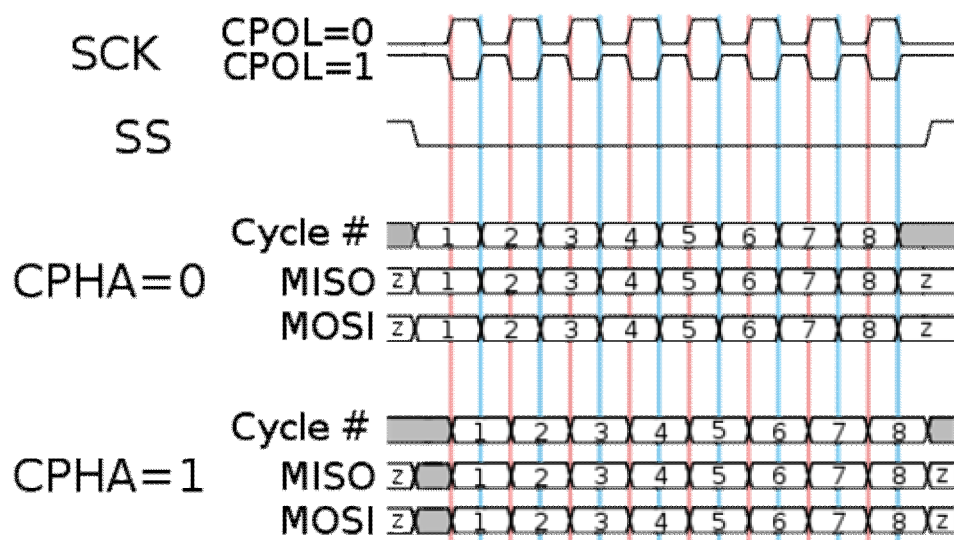
Tuto sériovou synchronní sběrnici lze použít tam, kde je potřeba přenášet velký objem informací. Zařízení jsou zapojena podle obrázku (Obr. 4) následujícím způsobem. Zařízení v režimu MASTER slouží jako generátor hodinové frekvence, kterou zařízení v režimu SLAVE přijímají. Datový vodič, po kterém se přenáší data z MASTERu je rozveden do všech zařízení SLAVE stejně. Datový vodič, po kterém se přenášejí data ze všech zařízení SLAVE je sveden do jednoho datového vodiče pro zařízení MASTER. Mezi jednotlivými zařízeními SLAVE si zařízení MASTER přepíná. Data ze zařízení MASTER jsou tedy souběžně přijímána všemi zařízeními SLAVE, avšak data, které jsou zařízením MASTER přijímána, vysílá pouze zvolené zařízení SLAVE. Z principu vyplývá, že zařízení SLAVE může být teoreticky nekonečně mnoho a zařízení MASTER pouze jedno.



Obr. 4 Blokové schéma SPI komunikace

U sběrnice SPI lze kromě časovací frekvence nastavit i polaritu a fázi přenášeného signálu. Časovací diagram je znázorněn na následujícím obrázku (Obr. 5). Polarita značí klidovou úroveň časovacího signálu. V případě, že  $CPOL = 0$ , klidová úroveň časovacího signálu je log.0. Naopak  $CPOL = 1$ , klidová úroveň časovacího signálu je log.1. Fáze určuje hranu, ze

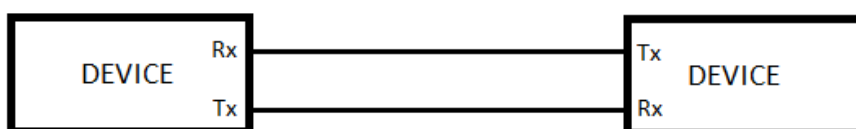
které se data čtou. Pokud  $CPHA = 0$ , data se čtou na první (náběžné) hraně časovacího signálu, naopak  $CPHA = 1$ , data se čtou na druhé (sestupné) hraně časovacího signálu.[9]



Obr. 5 Časovací diagram SPI komunikace

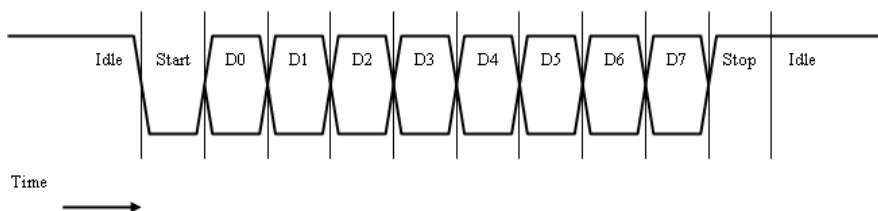
### 2.2.2 SCI

Tato asynchronní sériová sběrnice se používá tam, kde je potřeba přenášet data pouze mezi dvěma zařízeními, a to s minimálním počtem vodičů. Obě zařízení jsou rovnocenné a data se přenášejí pouze jedním datovým vodičem z jednoho zařízení do druhého zařízení a druhým vodičem zpět. Jelikož zde není časovací vodič, musí být obě zařízení nastaveny na stejnou rychlost přenosu dat. Propojení obou zařízení je nastíněno na obrázku (Obr. 6).



Obr. 6 Blokové schéma SCI komunikace

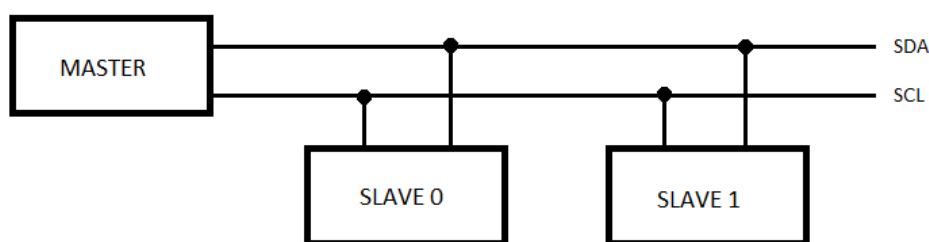
Komunikace mezi oběma zařízeními probíhá podle následujícího obrázku (Obr. 7). Zařízení je v klidovém režimu log.1, při zahájení vysílání vyšle log.0 jako začátek přenosu a za ní 8 bitů nastavenou rychlostí. Následuje přechod do log.1, která značí zastavení přenosu a klidový stav.[10]



Obr. 7 Časovací diagram SCI komunikace

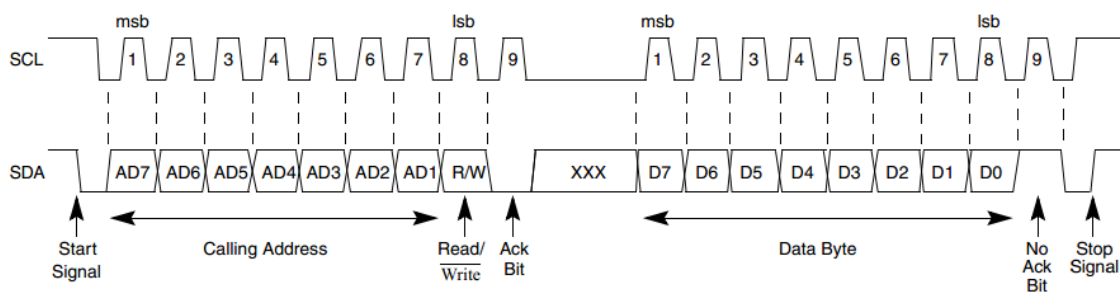
### 2.2.3 I2C

Sériová synchronní sběrnice I2C se používá tam, kde je potřeba přenášet data mezi více zařízeními s minimálním počtem vodičů. Jelikož je zde jeden časovací vodič, musí být zařízení rozdělena na jedno zařízení MASTER a ostatní SLAVE. Zařízení MASTER tedy slouží jako generátor časovacího signálu. Druhým vodičem jsou data přenášena obousměrně. Blokové schéma je uvedeno na obrázku (Obr.8).



Obr. 8 Blokové schéma I2C komunikace

Z časovacího diagramu (Obr. 9) vyplývá, že zařízení MASTER nejprve zvolí zařízení SLAVE, které má unikátní adresu, a následně vysílá nebo čte data. Volba četní nebo zápisu se volí už při vysílání unikátní adresy.



Obr. 9 Časovací diagram I2C komunikace

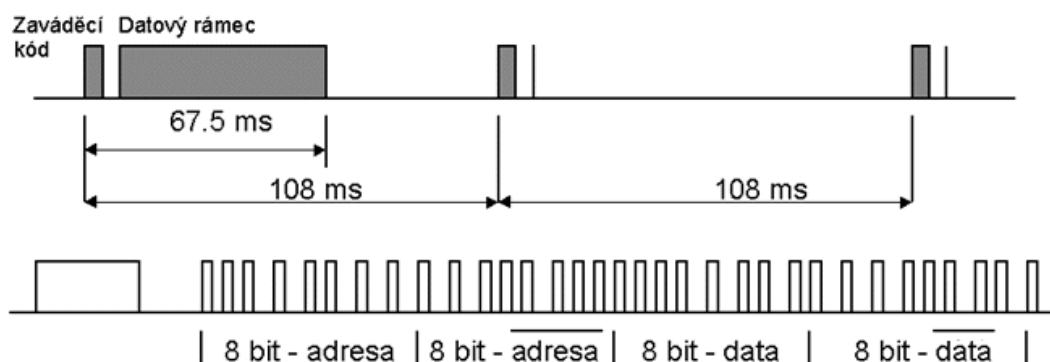
### 2.2.4 NEC

Komunikační protokol NEC spadá do komunikačních protokolů založených na IR komunikaci. Blokové schéma této komunikace je znázorněno na obrázku (Obr. 10);



Obr. 10 Blokové schéma NEC komunikace

Časovací diagram NEC protokolu je znázorněn na následujícím obrázku (Obr. 11). Vysílač vyšle zaváděcí kód, který značí začátek přenosu, a pak následuje adresa zařízení, negovaná adresa, dále samotná data a negovaná data.[6]



Obr. 11 Časovací diagram NEC komunikace

### 3 RYCHLÁ FOURIEROVA TRANSFORMACE

Rychlá Fourierova transformace (FFT) je zde využívána pro zobrazení frekvenčního spektra audio signálu. Audio signál se snímá vzorkovací frekvencí  $f_{vz} = 10,5$  kHz a spektrum audiosignálu se vykresluje do frekvence  $f = 5$  kHz. Je tedy dodržen Shannon-Kotělnikovův teorém, kdy je vzorkovací frekvence  $f_{vz}$  minimálně dvojnásobná než frekvence vzorkovaná  $f$ , nedochází zde k nežádoucímu efektu zvaný aliasing.

#### 3.1 Algoritmus FFT pro analýzu audio signálu

V případě implementace do mikropočítače se využívá DFT neboli diskretní Fourierova transformace, která převádí vzorkovaný audio signál z časové oblasti na oblast frekvenční, definovanou následujícím způsobem

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot W^{nk} \quad (1)$$

Vstupní vzorky audio signálu  $x(n)$  o délce  $N$  a  $W^{nk}$  je twiddle konstanta definována jako

$$W^{nk} = e^{-j2\pi nk/N} \quad (2)$$

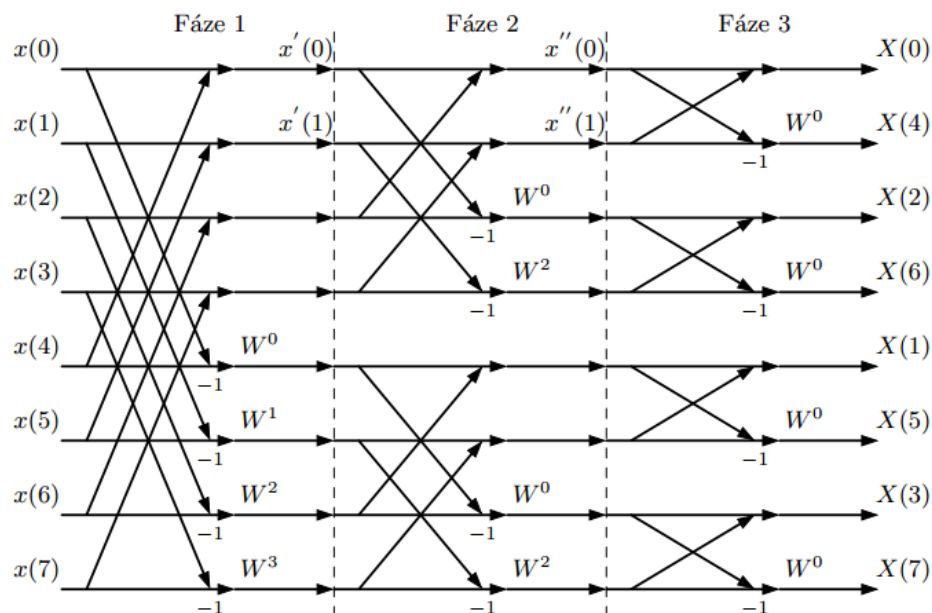
Index  $k = 0, 1, \dots, N-1$ . Při využití rovnosti  $e^j = \cos(\cdot) + j\sin(\cdot)$  se definiční vztah DFT dělí na reálnou a imaginární část následujícím způsobem

$$\begin{aligned} \Re\{X(k)\} &= \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot \cos(2\pi nk/N) \\ \Im\{X(k)\} &= \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot \sin(-2\pi nk/N). \end{aligned} \quad (3)$$

Samotný výpočet DFT je optimalizován pomocí rychlého algoritmu FFT při dělení podle počtu prvků. Využívá se dělení radix 2, pro který platí, že  $N = 2^n$ . Výpočet  $N$  bodů je tedy rozdělen na 2 DFT pro  $N/2$  bodů a provádí se postupně, čímž se sníží náročnost výpočtu a tím se ušetří procesorový čas. Pro dělení se využívá DIF, což je decimace ve frekvenční



oblasti. Postup výpočtu pro 8 bodovou FFT je znázorněn na obrázku (Obr. 12), kde spojení dvou šipek znamená součet hodnot, pokud je u šipky “-1“, jedná se o rozdíl hodnot. Konstantami  $W^n$  se komplexně násobí příslušné hodnoty.[7]



Obr. 12 Výpočet 8 bodové FFT s využitím DIF

Výpočet se tedy provádí ve třech postupných fázích, kdy první fáze je vyjádřena jako

$$\begin{aligned}
 x(0) + x(4) &\rightarrow x'(0) \\
 x(1) + x(5) &\rightarrow x'(1) \\
 x(2) + x(6) &\rightarrow x'(2) \\
 x(3) + x(7) &\rightarrow x'(3) \\
 [x(0) - x(4)] \cdot W^0 &\rightarrow x'(4) \\
 [x(1) - x(5)] \cdot W^1 &\rightarrow x'(5) \\
 [x(2) - x(6)] \cdot W^2 &\rightarrow x'(6) \\
 [x(3) - x(7)] \cdot W^3 &\rightarrow x'(7)
 \end{aligned} \tag{4}$$

Druhá fáze je vyjádřena jako

$$\begin{aligned}
 x'(0) + x'(2) &\rightarrow x''(0) \\
 x'(1) + x'(3) &\rightarrow x''(1) \\
 [x'(0) - x'(2)] \cdot W^0 &\rightarrow x''(2) \\
 [x'(1) - x'(3)] \cdot W^2 &\rightarrow x''(3) \\
 x'(4) + x'(6) &\rightarrow x''(4) \\
 x'(5) + x'(7) &\rightarrow x''(5) \\
 [x'(4) - x'(6)] \cdot W^0 &\rightarrow x''(6) \\
 [x'(5) - x'(7)] \cdot W^2 &\rightarrow x''(7)
 \end{aligned} \tag{5}$$

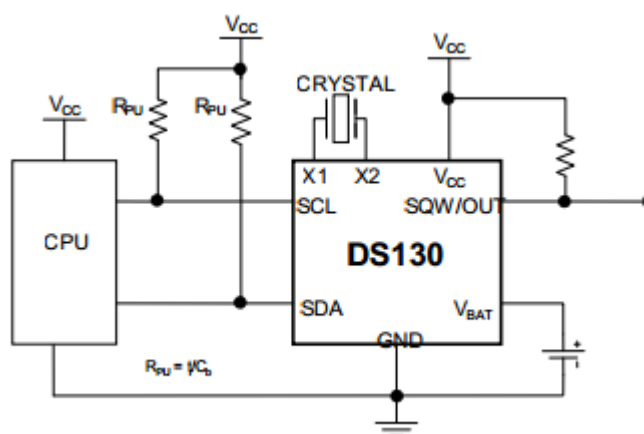
A finální fáze se spočítá následovně

$$\begin{aligned}
 x''(0) + x''(1) &\rightarrow X(0) \\
 [x''(0) - x''(1)] \cdot W^0 &\rightarrow X(4) \\
 x''(2) + x''(3) &\rightarrow X(2) \\
 [x''(2) - x''(3)] \cdot W^0 &\rightarrow X(6) \\
 x''(4) + x''(5) &\rightarrow X(1) \\
 [x''(4) - x''(5)] \cdot W^0 &\rightarrow X(5) \\
 x''(6) + x''(7) &\rightarrow X(3) \\
 [x''(6) - x''(7)] \cdot W^0 &\rightarrow X(7)
 \end{aligned} \tag{6}$$

## 4 POUŽITÉ SPECIÁLNÍ INTEGROVANÉ OBVODY

### 4.1 Obvod reálného času

Obvod reálného času je použit od firmy MAXIM, konkrétně jde o model s označením DS1307. Integrovaný obvod slouží pro udržování aktuálního času a datu. Obvod obsahuje 63B RAM pro ukládání informací o času, datu a taktéž slouží pro uložení různých dat uživatelem. Jako záložní zdroj zde slouží externí baterie. Obvod komunikuje po sběrnici I2C se svou unikátní adresou 0x68h. Jako generátor hodinových impulsů zde slouží interní oscilátor taktovaný externím krystalem o frekvenci 32,768 kHz. Základní zapojení podle výrobce je znázorněno na obrázku (Obr. 13).



Obr. 13 Základní zapojení DS1307

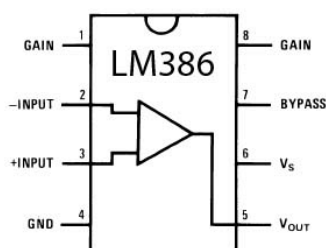
Vnitřní uspořádání paměti RAM je znázorněna na následujícím obrázku (Obr. 14). Prvních 8B je vyhrazeno pro uchovávání informací o času a datu. Zbytek paměti je volný a slouží pro uchovávání uživatelských dat. Prvních 8B je dále rozděleno na jednotlivé sekundy, minuty, hodiny, dny, měsíce, roky, den v týdnu a formátu uchovávání času. Jednotlivé informace jsou dále rozděleny na jednotky a desítky.[12]

	BIT7							BIT0	
00H	CH	10 SECONDS			SECONDS				00-59
	0	10 MINUTES			MINUTES				00-59
	0	12 24	10 HR A/P	10 HR	HOURS				01-12 00-23
	0	0	0	0	0	DAY			1-7
	0	0	10 DATE		DATE				01-28/29 01-30 01-31
	0	0	0	10 MONTH	MONTH				01-12
	10 YEAR				YEAR				00-99
	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0	
07H									

Obr. 14 Paměť RAM v obvodu DS1307

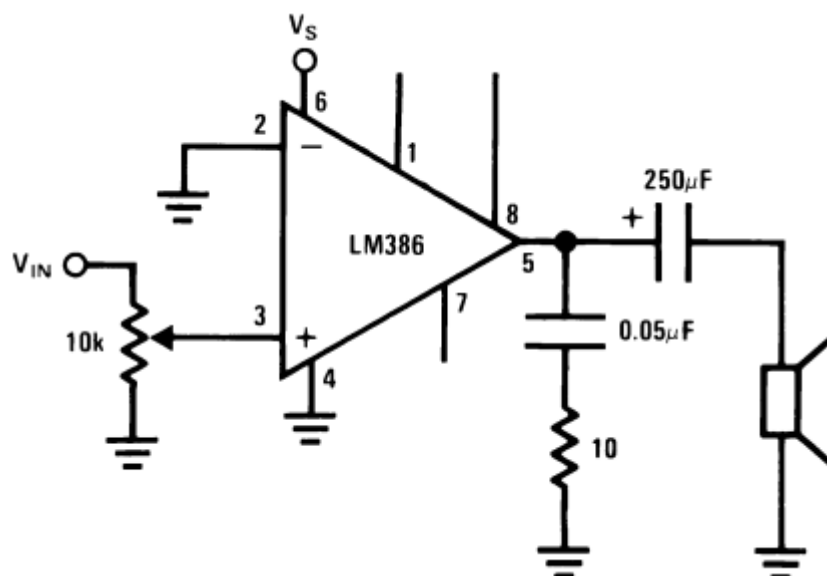
## 4.2 Zesilovač audio signálu

Pro zesílení audio signálu slouží integrovaný nízkofrekvenční zesilovač s nízkým šumem od firmy Texas Instruments, konkrétně se jedná o zesilovač s označením LM386. Výrobce jej dodává v pouzdře DIP08, SO08 nebo MSOP08. Jeho vývodové zapojení je zřejmé z obrázku (Obr. 15).



Obr. 15 Zapojení vývodů LM386

Zapojení zesilovače podle výrobce znázorňuje obrázek (Obr. 16). Jedná se o zapojení se ziskem 20 a s použitím minima externích součástek. [13]



Obr. 16 Schéma zapojení LM386

### 4.3 Bluetooth modul

Bluetooth modul je zde použit upravený bluetooth modul od firmy Rayson, konkrétně se jedná o typ BTM-112. Jedná se o modul pracující ve třídě Class 2 a používá standart v2.0 + EDR. Modifikace spočívá v tom, že samotný bluetooth modul je připojený k další DPS, která obsahuje vyleptaný motiv antény. Dále je zde přípojný místo pro externí anténu, dvě indikační LED a montážní otvory s roztečí pin header konektoru. Z toho vyplývá, že je velice snadné tento modul na pin header konektor přímo připojit.

Parametry bluetooth modulu se nastavují pouze přes SCI pomocí AT příkazů definovaných výrobcem. Konfigurovat bluetooth modul přes bluetooth rozhraní nelze, je to z bezpečnostních důvodů. V tabulce (Tab. 2) jsou pak uvedeny základní vlastnosti bluetooth modulu.[17]

	Min.	Typ.	Max.	Jednotky
Přenosová frekvence	2,402		2,48	GHz
Napájecí napětí	3	3,3	3,6	V
Výstupní výkon RF	-6	0	4	dBm
Sensitivita RX		-83	-70	dBm
Proud		46	80	mA

Tab. 2 Základní vlastnosti bluetooth modulu



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Před samotnou konstrukcí stolu bylo potřeba navrhnout nejen uspořádání maticového RGB LED displeje, ale také propojení jeho jednotlivých pixelů, způsob ovládání displeje a uspořádání řídicí elektroniky.

### 5.1 Konstrukce stolu

Samotný stůl je vyroben podle výkresové dokumentace uvedené v přílohách (Příloha 1 a Příloha 2) s maximálními rozměry (V x Š x D [mm]) 520 x 625 x 955. Konstrukce stolu je patrná z uvedeného obrázku (Obr. 17).



*Obr. 17 Konstrukce stolu*

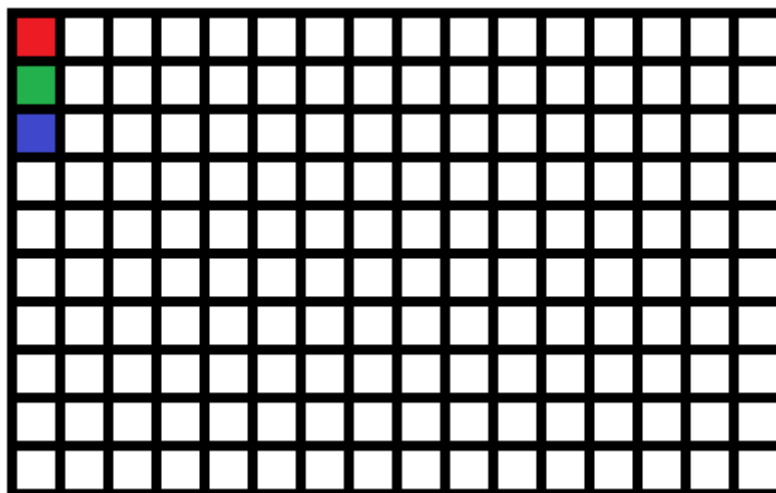
Nosná konstrukce stolu a obvodový rám stolu je vyroben z tvrdého dřeva a je opatřen dvěma vrstvami základového nátěru na dřevo šedé barvy a dvěma vrstvami vrchního nátěru lesklé černé barvy s přidáním tužidlem pro vyšší lesk a odolnost barvy proti poškrábání.

Vnitřní část stolu tvoří dřevěný rastr vyrobený z lišt z měkkého dřeva, který je opatřen nástríkem stříbrné reflexní barvy pro zlepšení odrazu světla od RGB LED.

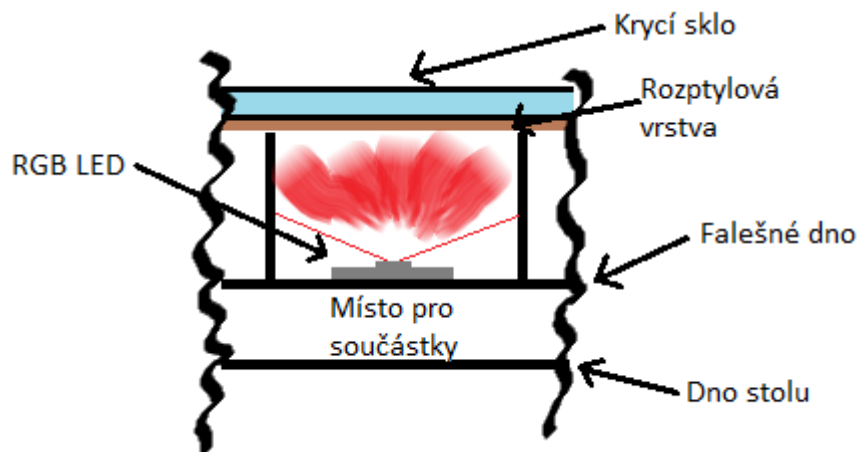
Dno stolu je dvojité. Obě části dvojitého dna jsou tvořeny z dřevovláknitých desek, přičemž horní část dna je opatřena reflexním nástríkem stříbrné barvy, na které jsou nalepeny jednotlivé RGB LED. Spodní část dna je opatřena černým nátěrem a jsou na ní umístěny konektory pro připojení napájecího napětí, zdroje zvuku a potenciometr pro nastavení jeho zesílení. Mezi těmito dvěma vrstvami jsou ukryty všechny řídicí obvody potřebné pro chod stolu.

## 5.2 Struktura displeje

Maticový displej tvoří 160 jednotlivých pixelů uspořádaných podle obrázku (Obr. 18). Tvoří tak matici o velikosti 16x10 pixelů, přičemž jeden pixel má rozměry 5x5 cm. Mezera mezi jednotlivými pixely je o velikosti 4 mm.



*Obr. 18 Náčrt maticového displeje*



*Obr. 19 Detail jednoho pixelu*

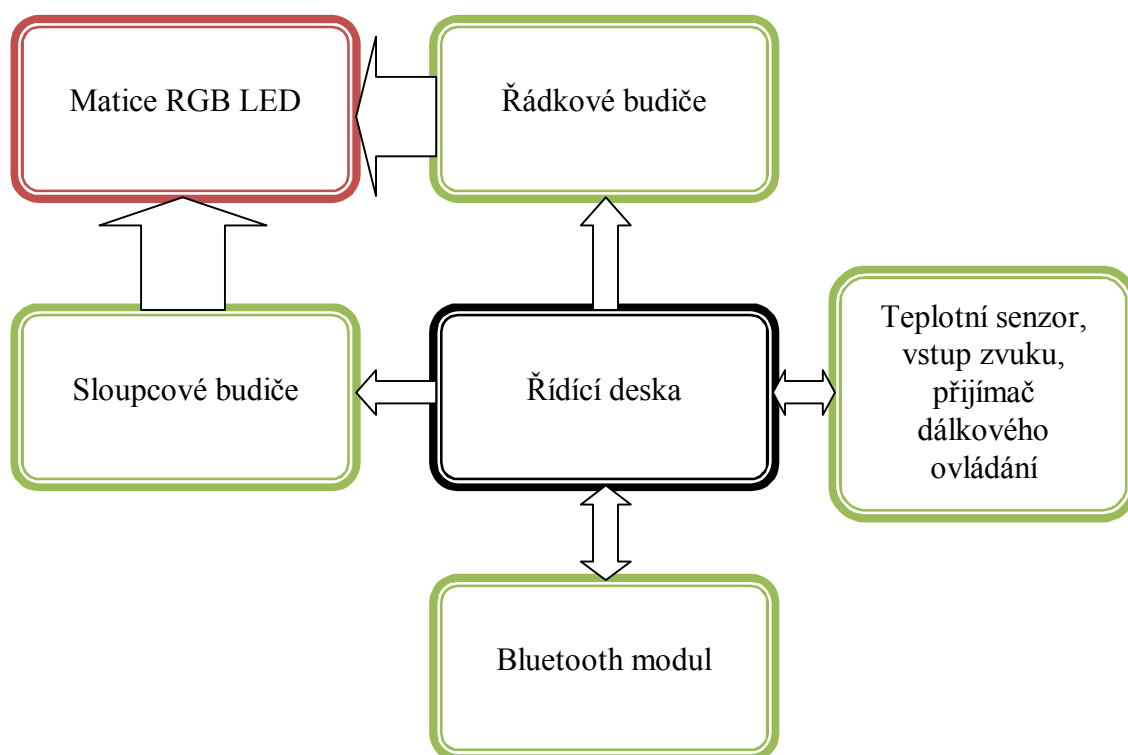
Jeden pixel (Obr. 19) tvoří RGB LED v pouzdře PLCC-6, která je nalepena na falešném dně stolu a osvětluje půdorys o velikosti již zmíněných 5x5 cm do výšky 4 cm. Ve výšce 4 cm od falešného dna končí dřevěný rastr, vymezující prostor jednotlivých pixelů. Nad tímto rastrem je osazeno kalené sklo o tloušťce 8 mm na gumovém těsnění. Gumové těsnění zde plní funkci ochrany proti vniknutí vody do rastru, a taktéž zabraňuje samovolnému posuvu skla. [19]

## 6 HARDWARE

Tato kapitola pojednává o veškeré řídicí elektronice uvnitř stolu. Nejprve je nastíněno blokové schéma a následně jsou detailně popsány jednotlivé funkční bloky řídicí elektroniky stolu.

### 6.1 Blokové schéma

Na obrázku (Obr. 20) blokového schématu je patrné propojení jednotlivých součástí celého stolu. Řádkové a sloupkové budiče ovládá řídicí deska, na které je umístěn jednočipový mikropočítač, zajišťující mimo jiné i obsluhu přijímače dálkového ovladače, obvodu reálného času, teploměru, vstupu zvuku a komunikaci s bluetooth modulem.



Obr. 20 Blokové schéma hardware

## 6.2 Řídící deska

Řídící deska zde plní funkci řízení celého stolu a propojení mezi jeho dílčími bloky. Mimo jiné taktéž zastává funkci přidělování napájecího napětí pro všechny ostatní bloky.

### 6.2.1 Popis řídící desky

Řídící deska je osazena mikrokontrolérem od firmy Freescale, konkrétně se jedná o jednočipový mikropočítač s označením ColdFire V1 MCF51AC128ACFUE. Ten obstarává veškerou komunikaci se všemi ostatními aktivními součástkami. Přímou na DPS je také umístěn obvod reálného času od firmy Dallas. Jedná se model s označením DS1307, který s mikroprocesorem komunikuje po sběrnici I2C. Jeho běh je řízen externím hodinovým krystalem, čas a datum je zálohován externí knoflíkovou baterií CR2032. Dále je zde umístěn audio zesilovač LM368, který slouží k zesílení audio signálu určeného pro spektrální analýzu audio signálu a podpůrné součástky pro chod celé řídící desky. Sběrnice pro komunikaci s řádkovými, sloupcovými budiči, bluetooth modulem a přijímačem dálkového ovládání jsou vyvedeny pomocí úhlových pin header konektorů. Napájení řídící desky je realizováno pomocí externího stabilizovaného napájecího zdroje 5V/3A, který je značně předimenzován. Řídící deska navíc obsahuje 3,3V stabilizátor pro bluetooth modul.

### 6.2.2 Schéma zapojení a realizace DPS

Schéma zapojení je znázorněno na následujícím obrázku (Obr. 21). Vlevo nahoře je přívod napájecího napětí, filtrace a stabilizátor napětí 3,3V pro bluetooth modul. Vlevo pod ním je audio zesilovač, který zesiluje audio signál na požadovanou úroveň pro A/D převodník v mikropočítači. Signál je přiveden přes pin header konektor, přičemž sloučení signálů je proveden hned u přívodu audio signálu přes konektor jack 3,5 a regulační potenciometr umístěný na spodní straně stolu. Pod tímto pin header konektorem je umístěn ještě jeden, který slouží pro připojení termistoru snímajícího okolní teplotu.

Vlevo nahoře u mikrokontroléru je konektor pro programovací rozhraní BDM a tlačítko se součástkami, zajišťujícími reset po stisku tlačítka a taktéž po přivedení napájecího napětí. Pod konektorem je obvod reálného času DS1307, který komunikuje přes rozhraní I2C na frekvenci 100 kHz. Obvod je zálohován externí knoflíkovou baterií a takt je udáván externím krystalem o frekvenci 32,768 kHz.

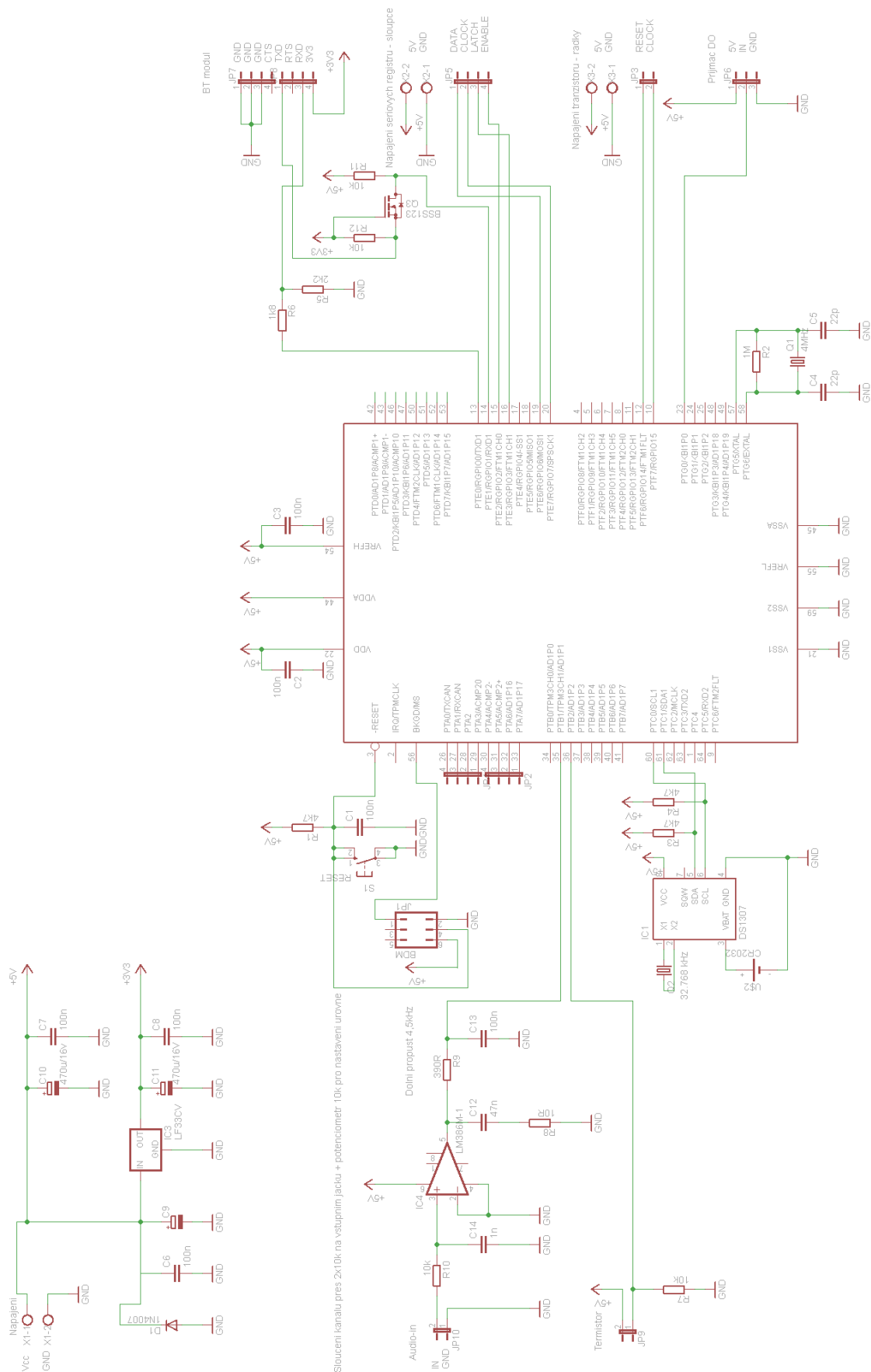
Uprostřed je samotný jednočipový mikropočítač ColdFire V1, jehož jádro běží na frekvenci 48 MHz a hlavní sběrnice na 24MHz. Tyto frekvence jsou násobeny vnitřní násobičkou z externího krystalu o frekvenci 4MHz.

Vpravo nahoře je pin header konektor pro bluetooth modul, který zajišťuje kromě napájení i komunikaci přes SCI s rychlostí 19200 bitů/sekundu. Jelikož je napájení i logika bluetooth modulu 3V, musí zde být obousměrné převodníky logických úrovní 5V a 3V. Bluetooth modul je přímo připojen na pin header konektor, jelikož jeho rozteč vývodů odpovídá pin header konektoru.

Pod pin header konektorem pro bluetooth modul je šroubovací svorka pro připojení napájecího napětí pro sloupcové budiče a dále datový pin header konektor. Na tomto konektoru je SPI rozhraní, kde Master je mikropočítač a Slave sloupcové budiče. Komunikace je jenom jednosměrná, proto si konektor vystačí pouze s hodinovým signálem a datovým signálem. Jsou zde však další dva datové vodiče, které slouží k pomocnému řízení sloupcových budičů.

Dále je zde šroubovací konektor pro napájení řádkových budičů a pin header pro přenos dat. Je přenášena hodinová frekvence pro změnu řádku a resetovací signál pro synchronizaci prvního řádku.

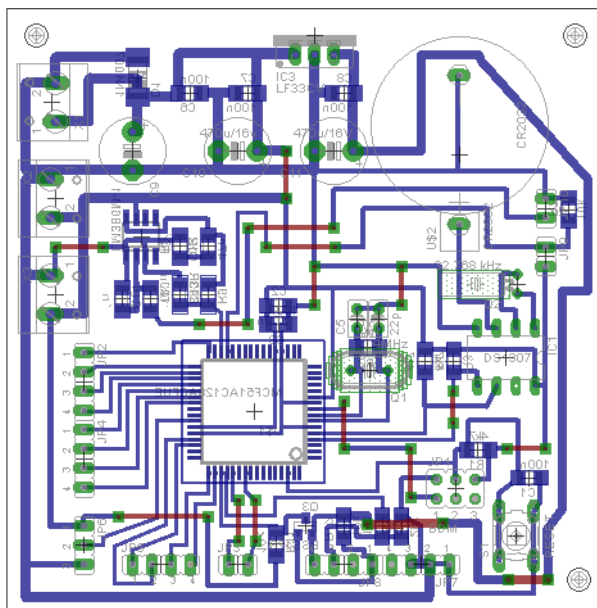
Nakonec je zde tří pinový pin header konektor pro připojení přijímače dálkového ovládání. Přijímač je aktivní, proto je potřeba jej napájet a následně po dalším vodiči přenášet jeho signál. Signál se přenáší pomocí kódování NEC na frekvenci 36 kHz.[3]



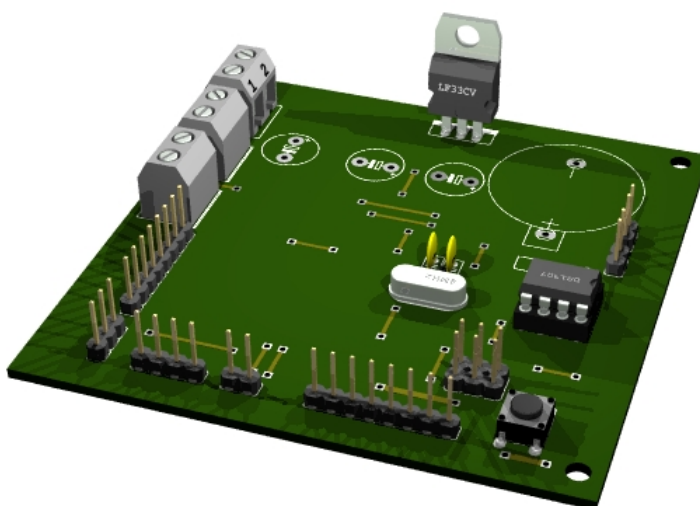
Obr. 21 Schéma řídicí desky



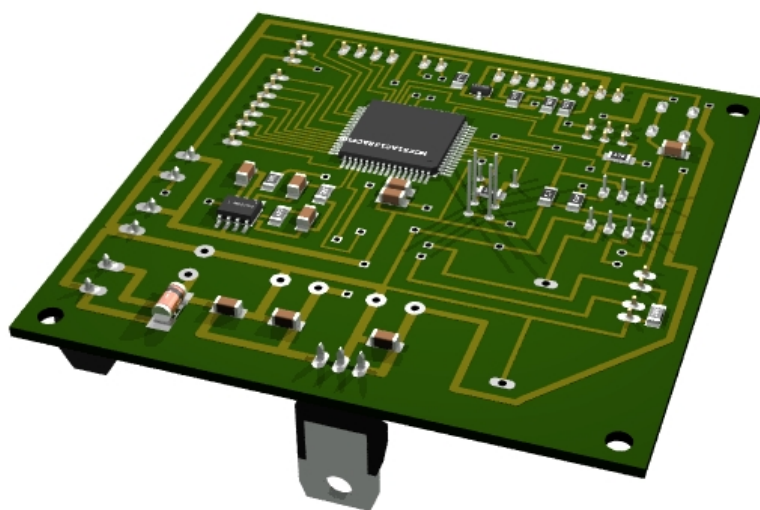
Rozložení jednotlivých součástí je patrné na obrázku (Obr. 22) a jeho výsledná realizace je na dalším obrázku (Obr. 23). Konektory pro připojení jednotlivých desek jsou rozmístěny po obvodu řídicí desky proto, aby bylo možné je jednoduše připojit a odpojit. Úhlové konektory jsou použity proto, jelikož místo pro součástky je necelé 3 cm vysoké. Mikrokontrolér i většina součástí je umístěna zespodu DPS, to je patrné z obrázku (Obr. 24).



*Obr. 22 Návrh DPS*



Obr. 23 3D vizualizace DPS top



*Obr. 24 3D vizualizace DPS bottom*

### 6.3 Budič řádků

Budič řádků slouží k přepínání mezi jednotlivými řádky vysokou rychlostí. Tím je dosaženo vnímání obrazu jako statického vlivem nedokonalosti lidského oka. Celý obraz je obnovován frekvencí 100 Hz.

#### 6.3.1 Popis budiče řádků

Jako budič řádků slouží Johnsonův dekadický čítač, jehož výstupy jsou posíleny komplementárním zapojením tranzistorů. Přepínání jednotlivých řádků je zde řešeno pomocí jednoho časovacího datového vodiče CLOCK. Synchronizace prvního řádku je řešena pomocí dalšího datového vodiče RESET.[15]

Řádek svítí tehdy, je-li na výstupním konektoru typu pin header přivedeno přes tranzistor kladných +5V. Jelikož je použitý čítač dekadický, může v jednu chvíli svítit jen a pouze jeden z řádků. Tím je zaručeno to, že se nikdy nerozsvítí více řádků, což by zapříčinilo zničení sloupcového budiče vlivem nadměrného průchodu proudu.

### 6.3.2 Schéma budiče řádků a realizace DPS

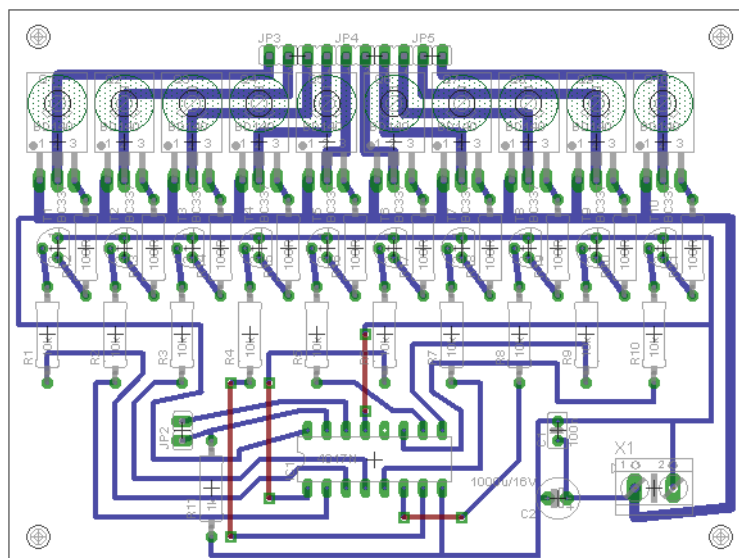
Schéma zapojení budiče řádků je znázorněno na obrázku (Obr. 25), přičemž vlevo je konektor pro připojení napájení jak samotné logiky budiče řádků, tak i kladných +5V pro spínání jednotlivých řádků. Konektor napájení je zde použit v provedení šroubovací svorkovnice. Šroubovací svorkovnice je použita z důvodu mechanicky pevného spojení mezi přívodními kabely a DPS. Nehrozí tedy samovolné vypadnutí kabelů a odpojení DPS od napájecího napětí

Za konektorem napájení je filtrační kondenzátor, který vyrovnává napěťový pokles a blokovací kondenzátor omezující rušení. Pod napájecím konektorem je datový konektor typu pin header, který přivádí časovací hodinový signál CLOCK a synchronizační signál RESET, který je navíc doplněn pull-down rezistorem.

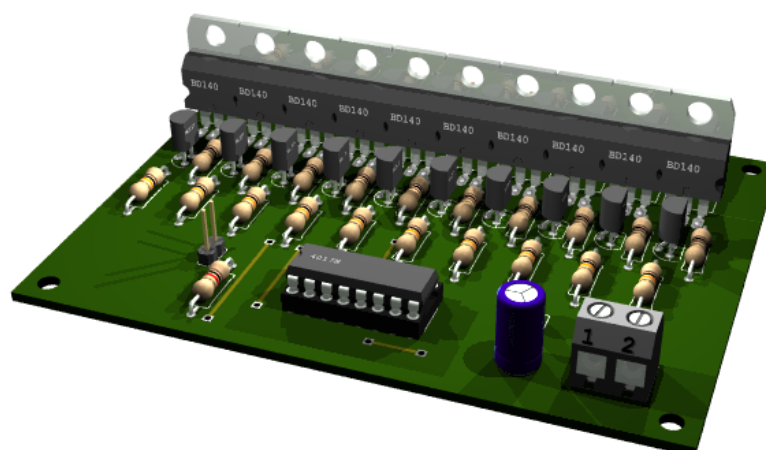
Dále je zde Johnsonův dekadický čítač, který při vstupním impulzu přivedením na pin CLK sepne další ze svých výstupů do log.1, a všechny ostatní do log.0. Pokud je přivedena log.1 do resetovacího vstupu RES, je zvolen výstup Q0, takto je zabezpečena řádková synchronizace. Za dekadickým čítačem jsou rezistory omezující proud do NPN tranzistorů, které přes další omezovací rezistory spínají PNP výkonové tranzistory, které při vybraném řádku přivedou na výstup kladných +5V, čímž se rozsvítí vybraný řádek.



1,5A. Výkonové tranzistory nejsou opatřeny žádným přídavným chladičem, neboť pracují ve spínacím režimu a pro odvod odpadního tepla plně dostačují jejich vlastní chladičí plochy. Odběr jednoho řádku však nikdy nemůže přesáhnout odběr 1A, to kvůli omezovacím rezistorům v sloupcovém budiči. Při rychlém přepínání jednotlivých řádků se však odběr sníží zhruba na polovinu a to i při rozsvícení všech RGB LED v jednom řádku.



Obr. 26 Návrh DPS



Obr. 27 3D vizualizace DPS

## 6.4 Budič sloupců

### 6.4.1 Popis budiče sloupců

Jako budič sloupců je zde použito 6 sériových registrů, které komunikují s řídicí deskou přes rozhraní SPI. Rozhraní SPI je zde použito z důvodu své jednoduché implementace a hlavně kvůli hardwarové podpoře na straně mikrokontroléru. Sběrnice komunikuje na rychlosti 24 MHz, kdy polarita i fáze je v log.1. Řídicí deska pracuje v režimu master a budič sloupců jako slave takovým způsobem, že data se posílají jenom z masteru na slave. Data ze sériových registrů se tedy nečtou zpět, není to potřeba.[14]

Komunikace funguje tak, že se aktivuje řídicí vodič Enable, to zapříčiní zhasnutí daného řádku, pak se do všech registrů postupně odešlou data pro daný řádek, jejich přepis ze záchytných do výstupních registrů se provede impulzem na řídicí vodič Latch a nakonec se výstupy aktivují řídicím vodičem Enable.

Jelikož má stůl 16 sloupců a každý z nich má 3 základní barvy, je potřeba řídit celkem 48 virtuálních sloupců takovým způsobem, že každá z barev je rozdělena napůl. Jeden registr tak ovládá vždy jednu barvu dané polovinu stolu.

### 6.4.2 Schéma budiče sloupců a realizace DPS

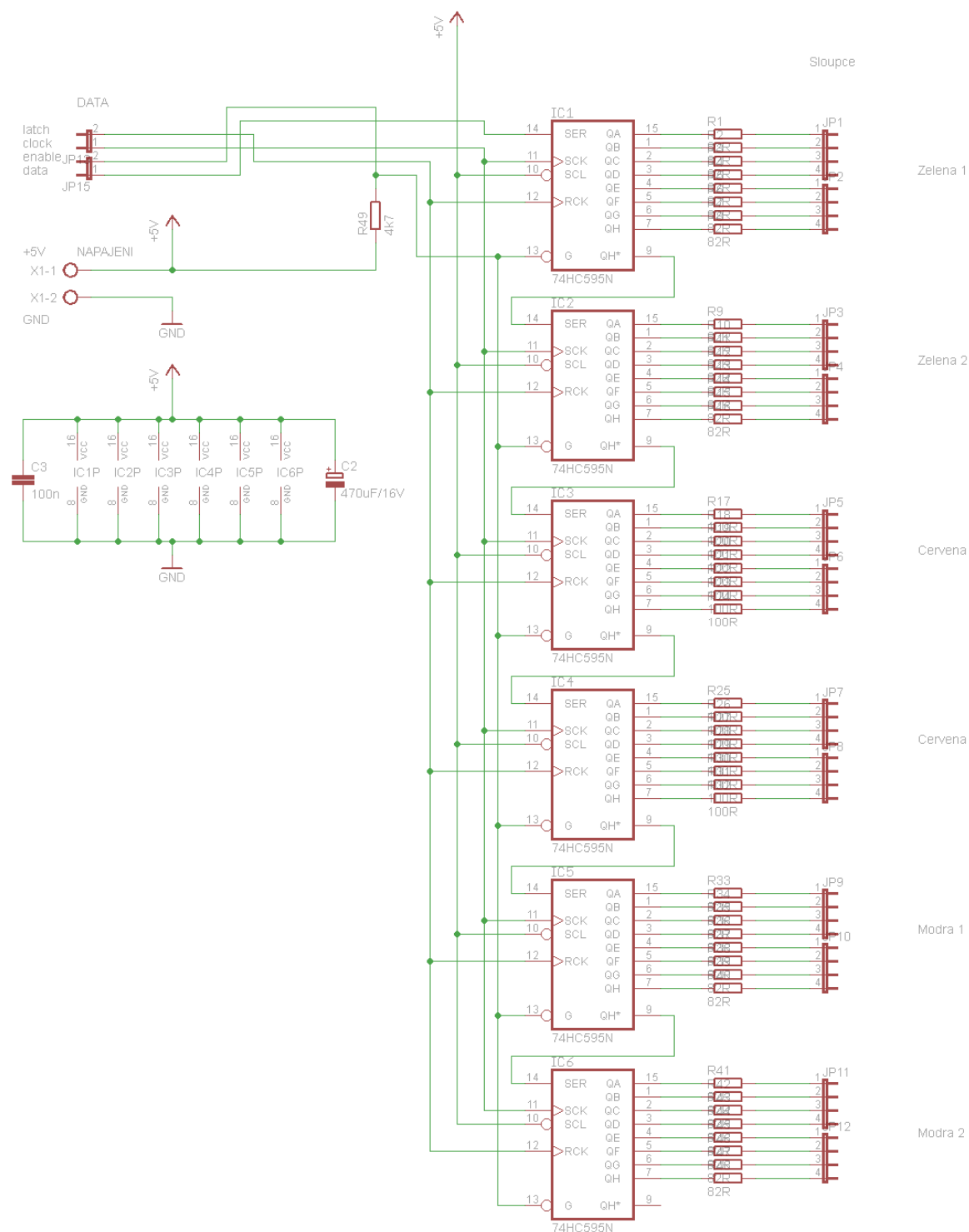
Schéma zapojení budiče řádků je znázorněno na obrázku (Obr. 28), kde vlevo nahoře je pin header konektor pro zjednodušenou sběrnici SPI rozšířenou o další 2 řídicí vodiče pro práci se sériovými registry. Pull-up rezistor na řídicím vodiči Enable je zde proto, aby jednotlivé řádky neproblikávaly tehdy, když mikropočítač inicializuje své porty.

Pod tímto konektorem je šroubovací konektor pro přívod napájecího napětí jak pro sériové registry, tak pro napájení jednotlivých sloupců. Vlevo dole jsou ještě vyvedeny napájecí piny sériových registrů, filtrační a blokovací kondenzátor.

Uprostřed schéma tu se nachází samotné sériové registry zapojené tak, aby při přetečení dat z jednoho sériového registru data přetekly do dalšího. Nadbytečná data z posledního sériového registru nejsou využita.

Výstupy ze sériových registrů jsou připojeny přes rezistory omezující proud na výstupní pin header konektor, na který jsou napojeny samotné sloupce RGB LED displeje. Omezovací rezistory pro jednotlivé LED jsou voleny pro proud 20 mA. Při přepínání řádků tento proud poklesne zhruba na polovinu 10mA. Pro zelenou a modrou barvu odpovídá rezistor o velikosti 82R a pro červenou barvu 100R. Tím je docíleno rovnoměrné vyvážení při smíchání všech tří barev na bílou barvu. Jelikož sériové registry umožňují pouze dvoupolohovou změnu, výsledný počet kombinace barev je potom  $2^3$ , tj. stůl umí zobrazit následujících 8 barev:

- Černá
- Zelená
- Modrá
- Červená
- Žlutá
- Azurová
- Purpurová
- Bílá



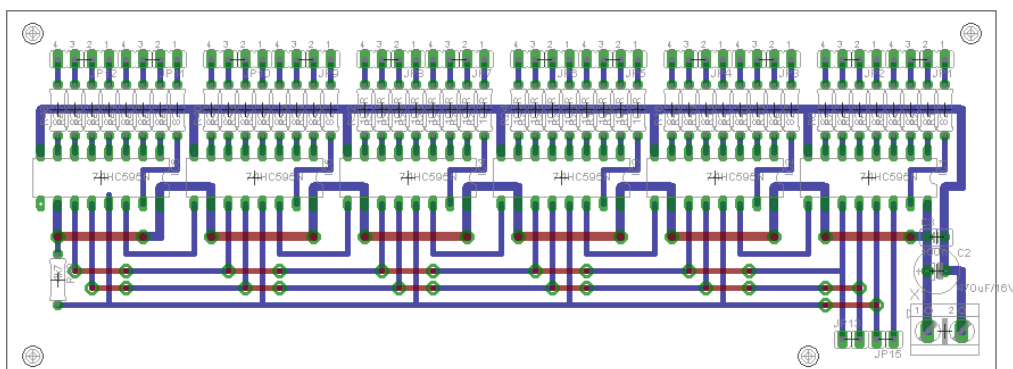
Obr. 28 Schéma budiče sloupců

Rozložení součástek řádkového budiče je patrné z obrázku (Obr. 29) a jeho 3D vizualizace výsledné podoby je a obrázku (Obr. 30). DPS je navržena tak, aby byla co nejmenší a zároveň měla co nejkratší cesty. Sériové registry mají své výstupy, kromě jednoho, umístěny

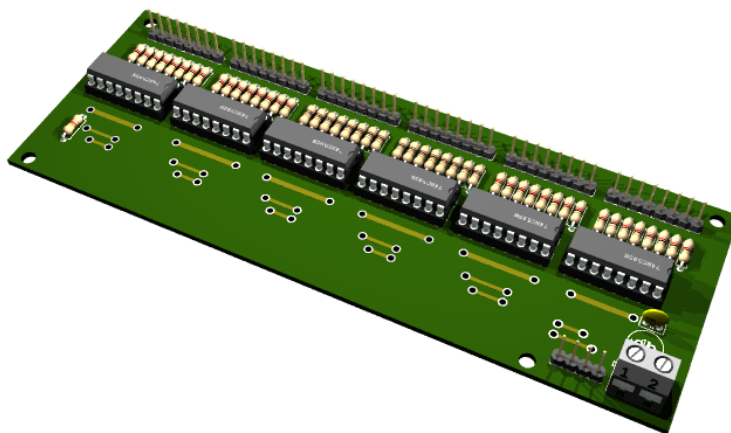


na jedné straně, takže připojení omezujících rezistorů a následně výstupního úhlového pin header konektoru je v jedné rovině.

Zesílené cesty na DPS slouží k tomu, aby bylo možné jimi přenést požadovaný proud. Cesty jsou dimenzovány tak, aby byly schopné přenést poměrně velký proud, avšak v reálném provozu se maximální proud pohybuje kolem 500 mA.



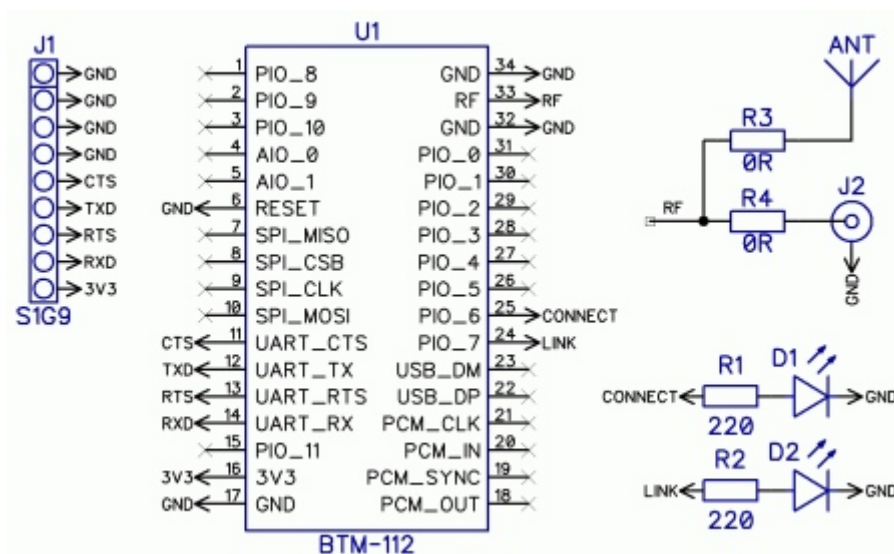
Obr. 29 Návrh DPS



Obr. 30 3D vizualizace DPS

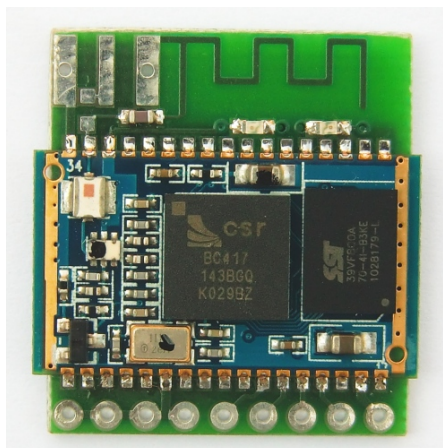
## 6.5 Bluetooth modul

Zapojení bluetooth modulu je na obrázku (Obr. 31). Vlevo nahoře je jednoduchá zdířka použitelná pro pin header konektor, nebo pro připájení vodičů. Uprostřed samotný bluetooth modul, jehož schéma zapojení není známo. Vpravo nahoře je anténa pro příjem a vysílání a předpřipravená kontaktní plocha pro SMA konektor externí antény. Pod ní jsou 2 indikační LED, z nichž jedna signalizuje zapnutí bluetooth modulu a druhá připojení k druhému bluetooth zařízení.



Obr. 31 Schéma zapojení

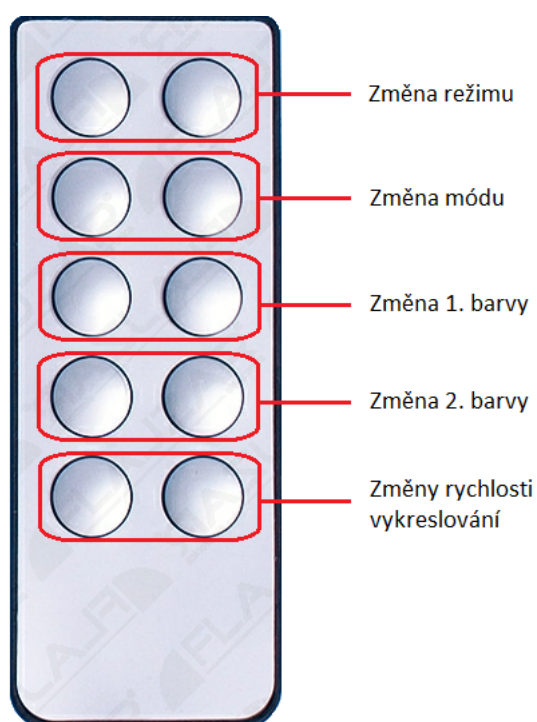
Bluetooth modul vypadá podle obrázku (Obr. 32) velký, avšak jeho reálné rozměry jsou pouze 25x25 mm. Bluetooth modul je tedy přímo napájen na pin header konektor řídicí desky, kde komunikuje s mikroprocesorem přes rozhraní SCI rychlostí 19 200b/s v režimu bez řízení toku dat.



*Obr. 32 Bluetooth modul*

## 6.6 Dálkový ovladač

Dálkový ovladač, který slouží k ovládání stolu má celkem 10 funkčních tlačítek. Jejich funkce jsou znázorněny na obrázku (Obr. 33).



*Obr. 33 Dálkový ovladač*

Dálkový ovladač tedy umí změnit režim vykreslování na displeji, mód vykreslování a nastavit jednotlivé barvy. Navíc umí i měnit rychlost vykreslování.

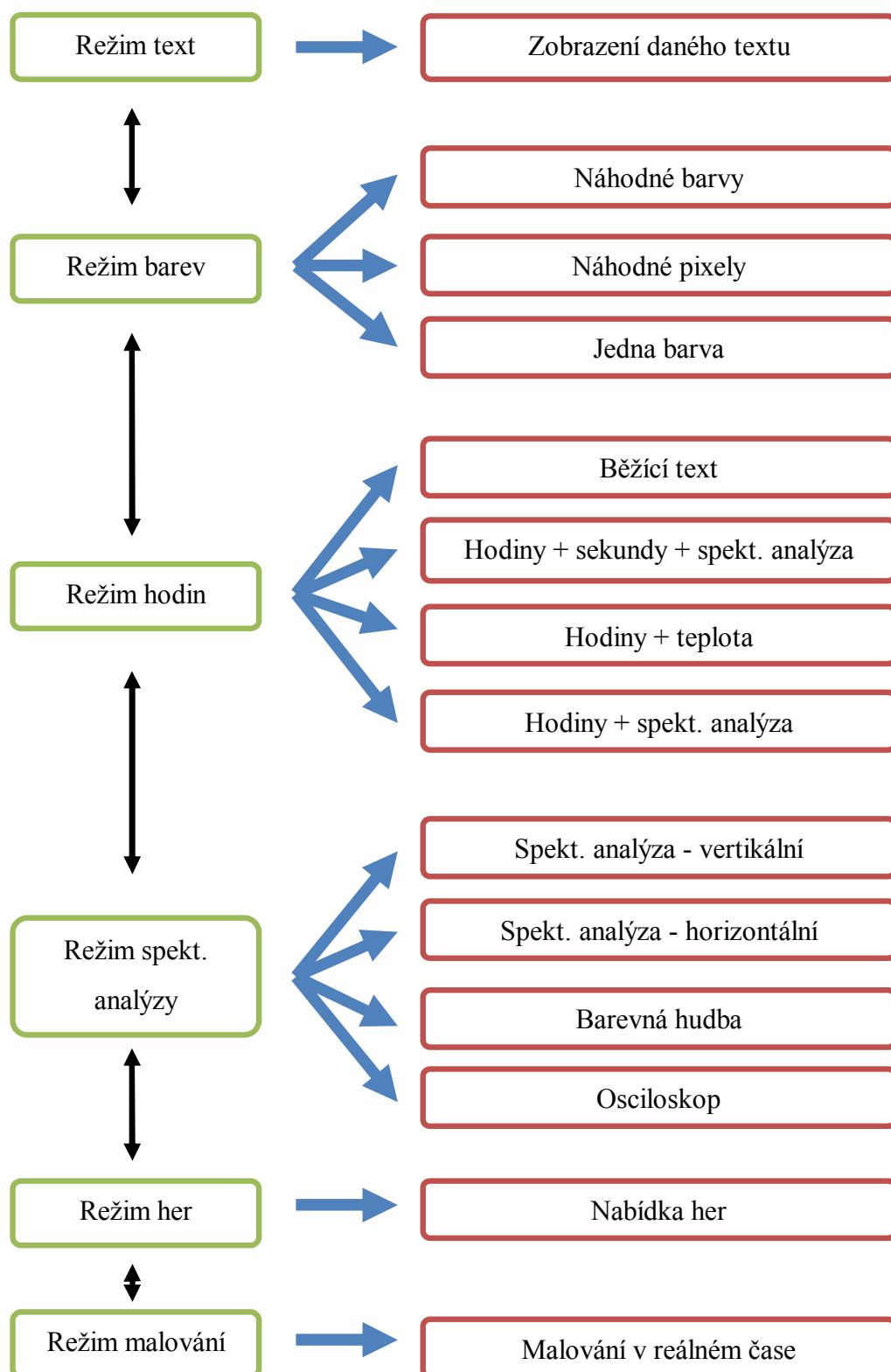
## 7 SOFTWARE

Softwarové vybavení je vytvořeno jak pro samotný stůl a všechny jeho funkce, tak pro mobilní telefon vybavený operačním systémem Google Android

### 7.1 Software pro jednočipový mikropočítač

Software pro jednočipový mikropočítač umožňuje několik základních funkcí stolu, které lze bez problému rozšířit. Výčet funkcí je uveden na následujícím obrázku (Obr. 34).

Obslužný software byl napsán v jazyce C ve vývojovém prostředí Codewarrior s použitím nadstavby Processor Expert. Software využívá skoro všech komunikačních standardů a HW součástí, které jsou umístěny v jednočipovém mikropočítači. Jedná se o SPI, které se používá pro jednosměrnou komunikaci se sloupcovými budiči. SCI, které se využívá pro obousměrnou komunikaci s bluetooth modulem. I2C, které se využívá pro obousměrnou komunikaci s obvodem reálného času. Dva A/D převodníky, z nichž jeden měří amplitudu audio signálu a druhý napětí na napěťovém děliči teploměru s termistorem. Dále jsou zde využity dva časovače, jeden na přerušení pro mutiplexování a druhý pro detekci signálu z přijímače dálkového ovládání. [1][2]



Obr. 34 Funkce stolu

### 7.1.1 Blokové schéma programu a jeho popis

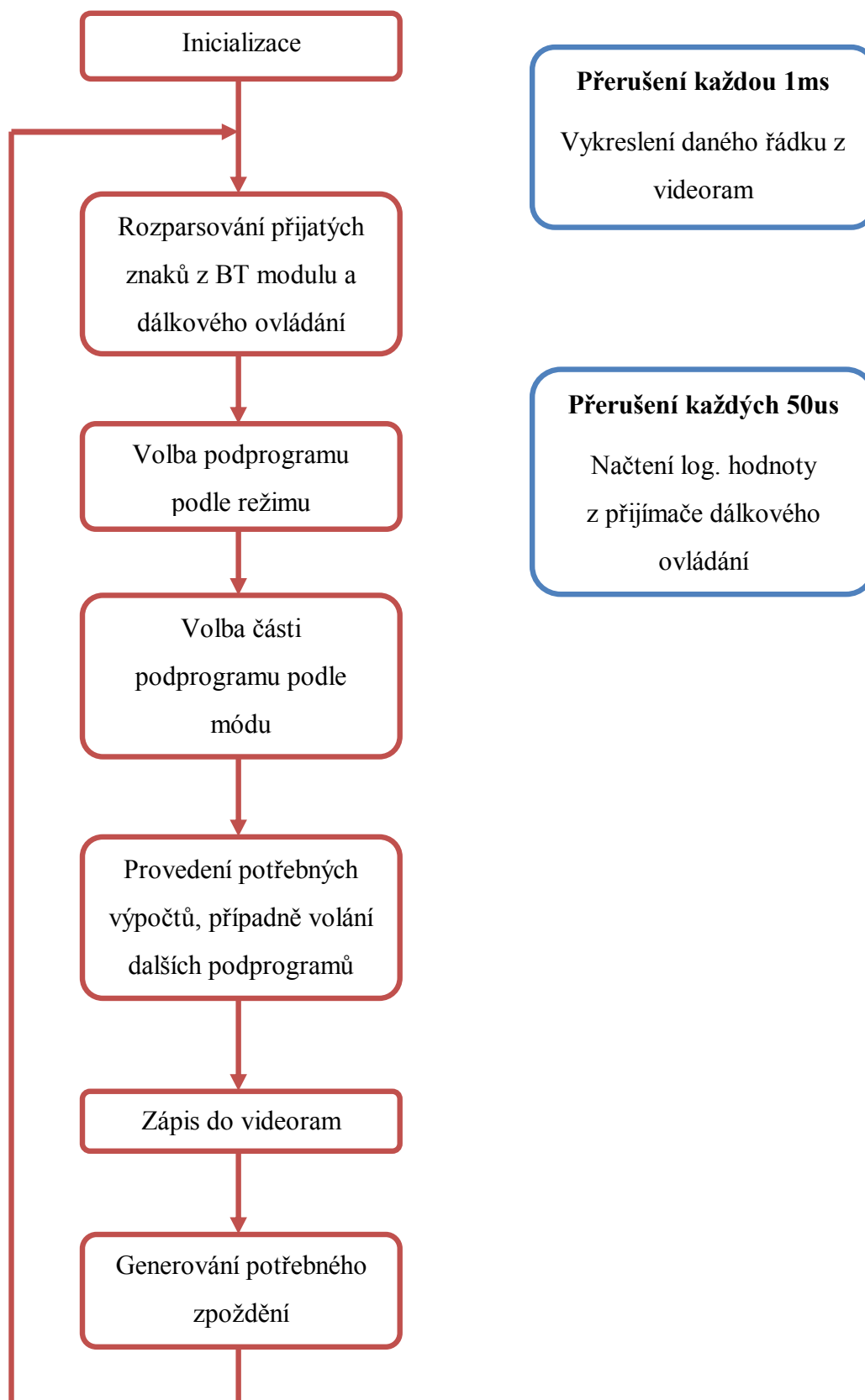
Blokové schéma celého programu je vidět na obrázku (Obr. 35). Celý program funguje v jedné hlavní smyčce, ze které se volají podprogramy pro jednotlivé režimy a další úkony. Hlavní smyčku přerušují hned dvě přerušovací rutiny. Jedna pro multiplexování a druhá pro příjem signálu z dálkového ovládání

Na začátku programu se načtou všechny proměnné, zinicilizují všechny hardwarové periferie a přerušování implementované v mikropočítači. Následně se spustí hlavní smyčka, ve které se teprve kontroluje, zda nedošlo k příjmu znaků přes bluetooth nebo přes IR dálkové ovládání. Pokud ano, přijaté znaky po jednom znaku projde parser a podle toho nastaví režim, mód, barvy a rychlost. Podle nastavení pak volá příslušné podprogramy podle toho, který režim byl zvolen.

Podle režimu je zavolán podprogram, ve kterém se vyhodnotí zvolený mód režimu a podle toho se provádí další úkony včetně plnění videoram, která se průběžně vykresluje na displej. Pokud je to potřeba, přistupuje se pře rozhraní I2C k obvodu reálného času nebo k A/D převodníkům ke zjištění teploty nebo amplitudy audio signálu.

Přerušování, které vykresluje videoram, se volá každou 1 ms. Jelikož se vykresluje každý řádek zvlášť a celkem je 10 řádků, výsledná obnovovací frekvence je pak 100 Hz. V přerušování se nejdříve zhasne displej, poté se přenesou data přes SPI do posuvných registrů, tam se přepíší se záchytných registrů na výstupy a povolí se zobrazení. Zároveň probíhá kontrola zvoleného řádku, přičemž u prvního řádku se vysílá synchronizační impuls.

Přerušování pro zpracování signálu z přijímače dálkového ovládání se volá každých 50us. Je to kvůli přesnému zjištění posloupnosti přijatých bitů z dálkového ovládání. Po úspěšném přijmutí celého vysílaného řetězce se řetězec bitů dekóduje a uloží do zásobníku přijatých kódů. Tento zásobník se čte v každém průchodu hlavní smyčky.[4][5]



Obr. 35 Vývojový diagram programu

## 7.2 Software pro mobilní telefon

Software pro mobilní telefon s operačním systémem Google Android bylo nutné vyvinout proto, aby se rozšířily možnosti stolu. S dálkovým ovladačem umí stůl pouze měnit režim, mód, barvy a rychlost vykreslování. V programu pro mobilní telefon jde ovládat více funkcí, jako je například malování, hry pro více hráčů, upozornění na příchozí hovor nebo novou SMS zprávu.

Program byl vyvinut ve vývojovém prostředí Eclipse s programovou nadstavbou Android SDK.

### 7.2.1 Blokové schéma a popis programu

Po spuštění programu se zobrazí úvodní obrazovka, na které je možno vyvolat stisknutím tlačítka kontextové menu. V kontextovém menu je možné se ke stolu připojit. Pokud tak uživatel neučiní, nebude aplikace fungovat. Po připojení je tedy možné plně se stolem komunikovat.

Je možné stůl uspat nebo probudit, zobrazit simulátor dílkového ovládání, které je stejné jako dálkové ovládání reálné, dále je možno vybrat rychlou volbu pro zobrazení času a spektrálního analyzáru nebo spustit některou z her a taktéž režim malování. Rovněž je zde možnost kompletního nastavení stolu a ukončení aplikace. Komunikace probíhá obousměrně, mobilní telefon tedy může reagovat i na příkazy odeslané ze stolu – typicky u her, kdy při prohře mobil vibruje. Jednotlivé obrazovky jsou znázorněny na obrázku (Obr. 36).

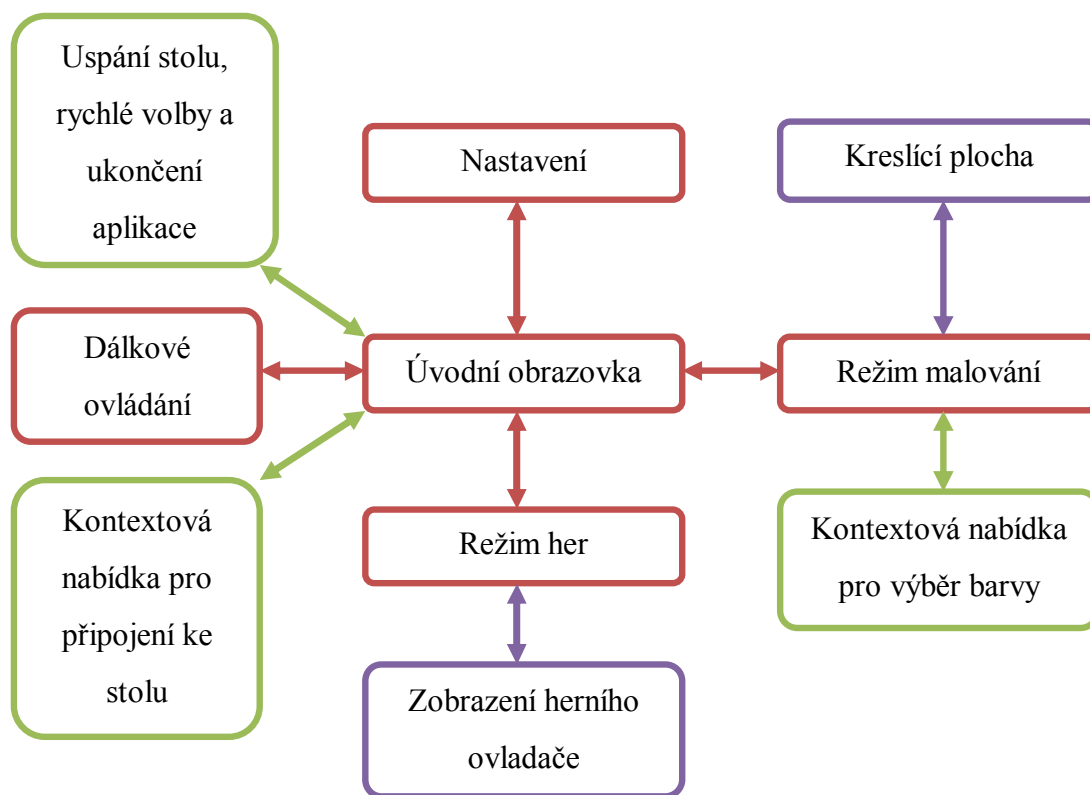
V nastavení lze nastavit řadu věcí. Lze nastavit, zda se má zobrazovat upozornění na příchozí hovor nebo SMS, dále jdou nastavit rychlé volby a taktéž zobrazovaný text v režimu text.

V malování lze vybrat barvu pixelu a dotykem na kreslicí plochu nakreslit požadovaný obrazec. Nakreslený obrazec se v reálném čase přenáší do stolu, takže lze průběh kreslení sledovat přímo na stolu.

V hrách si lze zvolit hru a typ hry a následně se zobrazí směrový ovladač, kterým lze hru ovládat. Lze zvolit jak režim jednoho hráče, kdy jeden hráč může hrát na dálkovém ovladači nebo na mobilním telefonu, nebo hru více hráčů, kdy jeden hráč hraje na dálkovém ovladači



a druhý hráč hraje na telefonu. Dálkové ovládání v mobilním telefonu je přesnou kopií reálného dálkového ovladače, lze s ním tedy ovládat jako s ovladačem reálným.[18]



Obr. 36 Blokové schéma programu

### 7.2.2 Popis vytvořené aplikace

Po spuštění aplikace se zobrazí hlavní obrazovka, na které jsou umístěny ikony pro rychlé volby, vstup do dalších částí aplikace a ukončení aplikace. Po stisku tlačítka menu umístěného na mobilním telefonu se vyvolá kontextová nabídka umožňující připojení ke stolu (Příloha 3).

Ikona vlevo nahoře umožňuje stůl zapnout a vypnout. Další dvě ikony pod ní jsou rychlé volby pro zobrazení režimu hodin a režimu spektrální analýzy audio signálu. Poslední ikona vlevo dole slouží pro vstup do nastavení aplikace. Ikona vpravo nahoře slouží pro vstup do části aplikace simulující reálný dálkový ovladač (Příloha 4). Ikonou pod ní se spustí část aplikace obsluhující hry a další ikonou se spustí režim malování. Poslední ikona vpravo dole slouží k ukončení aplikace.

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a zkonstruovat prototyp stolu, který bude zobrazovat informace jako datum, čas, teplotu aj. v podobě vizuálních efektů. K těmto základním efektům byly postupem času přidávány další efekty a také vylepšení funkčnosti výrobku.

Při tvorbě stolu bylo potřeba vypořádat se s mnoha problémy, protože ne vždy vše fungovalo napoprvé. Dílčí zapojení se nejprve vyzkoušely na nepájivém kontaktním poli a poté když vše fungovalo bez problémů, tak se navrhla a vyrobila DPS. Takto se postupovalo na celém vizualizačním panelu až do zdárného konce.

Společně s tvorbou DPS vznikaly i části samotného kódu pro mikropočítač, které se zakomponovaly dohromady až při finálním sestavení celého stolu. Po finálním sestavení se u stolu testovala nejen mechanická odolnost, ale zároveň se hledaly a odstraňovaly chyby v programovém vybavení stolu.

Bylo taktéž vyvinuto programové vybavení pro mobilní telefon obsahující mobilní operační systém Google Android. Vývoj nebyl zrovna jednoduchý, neboť se program pro daný operační systém vyvíjel vůbec poprvé. Výsledná aplikace však výrazně rozšiřuje možnosti stolu. Oproti dálkovému ovladači umožňuje uchovávat nastavení pro jednotlivé režimy, upozorňovat na příchozí hovory a SMS. Dále je možné přenášet nakreslený motiv z telefonu do stolu v reálném čase. Nakonec se možnosti stolu rozšířily o jednoduché hry, které je možno pohodlně ovládat telefonem. Hry nabízejí i zpětnou vazbu v podobě vibrací telefonu.

Konferenční stůl s efektovým panelem se tedy povedlo i přes všechna úskalí zprovoznit. Jeho funkčnost byla testována několik měsíců a výsledky byly prezentovány na soutěži FREESCALE TECHNOLOGY APPLICATION 2012, jejíž spoluorganizátor byla UTB ve Zlíně. Práce se umístila na prvním místě. Dále byly výsledky prezentovány na soutěžním dni FREESCALE TECHNOLOGY DAY 2012 v Rožnově pod Radhoštěm, konkrétně na soutěži Design Contest, jejíž spoluorganizátor byla Žilinská Univerzita v Žilíně. Práce se rovněž umístila na prvním místě. Tím byla ověřena funkčnost a spolehlivost stolu, zároveň bylo dokázáno i to, že se jedná o unikátní a zajímavý výrobek.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The main objective of this bachelor thesis was to design and construct a prototype of a table that displays information such as date, time, temperature, etc. in the form of visual effects. These basic effects were gradually added other effects as well as improved functionality of the product.

When creating the table had to deal with many problems, because everything does not always work the first time. Partial participation is first tried on the non-soldering breadboard and then when everything worked without problems was designed and manufactured the PCB. That's been followed around the visualization panel to a successful end.

Together with the formation of PCB and formed part of the actual code for the microcomputer, which are passed together during final assembly. After final assembly, the table wasn't only tested the mechanical strength, but also look for and eliminate bugs in the software.

It was also developed a program for mobile phone including mobile operating system Google Android. The development was not simple, because the program for the operating system was developed for the first time. The resulting applications, however, significantly extends the capabilities of the table. Unlike remote control allows you to store settings for each mode, for an incoming call and SMS. It is also possible to transmit motive drawn from the phone on the table in real time. Finally, the possibility of extending a simple table games that can be conveniently controlled by telephone. Games also provide feedback in the form of vibrations phone.

Coffee table with panel effect processing, thus managed, despite all the difficulties of working. Its functionality has been tested for several months and the results were presented at the competition FREESCALE TECHNOLOGY APPLICATION 2012, which was co-TBU. Work was ranked first. Further results were presented at the competition at FREESCALE TECHNOLOGY DAY 2012 in Rožnov pod Radhoštěm, namely The Design Contest, which was co-Žilina University in Žilina. Work was also ranked first. This was verified functionality and reliability, table was also demonstrated by the fact that this is a unique and interesting product.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] FREESCALE SEMICONDUCTOR. CPU08 Central Processor Unit Reference Manual [online]. 2001. Dostupné z: [www.freescale.com](http://www.freescale.com)
- [2] FREESCALE SEMICONDUCTOR. HCS08 Family Reference Manual, Rev.1. [online]. 2003. Dostupné z: [www.freescale.com](http://www.freescale.com)
- [3] JURÁNEK, Antonín a Miroslav HRABOVSKÝ. EAGLE pro začátečníky /: uživatelská a referenční příručka :. 2. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2007, 191 s. ISBN 80-730-0213-2.
- [4] MANN, Burkhard. C pro mikrokontroléry: ANSI-C, kompilátory C, spojovací programy - linkery, práce s ATMEL AVR a MSC-51, příklady programování v jazyce C, nástroje pro programování, tipy a triky. Vyd. 1. Praha: BEN, 2003, 279 s. ISBN 80-730-0077-6.
- [5] PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 80-730-0110-1.
- [6] ŠÁRA, Zdeněk. Normy pro IR datový přenos [online]. 1999. Dostupný z WWW: [http://hw.cz/docs/ir\\_prenos/ir\\_protokoly.html](http://hw.cz/docs/ir_prenos/ir_protokoly.html)
- [7] FRÝZA, Tomáš a Jiří ŠEBESTA. VUT V BRNĚ. Mikroprocesorová technika a embedded systémy: Počítačová svičení [PDF]. 2011 [cit. 2012-05-23]. ISBN ISBN 978-80-214-4350-1. Dostupné z: [http://www.urel.feec.vutbr.cz/~fryza/downloads/mpt\\_pocitace\\_print.pdf](http://www.urel.feec.vutbr.cz/~fryza/downloads/mpt_pocitace_print.pdf)
- [8] OLIVKA, Petr a Tomáš KOTULA. Zobrazovací jednotky počítačů - monitory: Studijní materiál pro předmět Architektury počítačů. In: Zobrazovací jednotky počítačů - monitory [PDF]. katedra informatiky FEI VŠB-TU Ostrava, 2010 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://poli.cs.vsb.cz/edu/arp/down/monitory.pdf>
- [9] SPI timing diagram. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:SPI\\_timing\\_diagram.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:SPI_timing_diagram.svg)

- [10] TARANGO, Joseph. DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE AND ENGINEERING BOURNS COLLEGE OF ENGINEERING UNIVERSITY OF CALIFORNIA, Riverside. Serial Communication to the PC [online]. 2010 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: [http://www.cs.ucr.edu/~jtarango/cs122a\\_lab3.html](http://www.cs.ucr.edu/~jtarango/cs122a_lab3.html)
- [11] Externí sériové sběrnice SPI a I<sup>2</sup>C. TIŠNOVSKÝ, Pavel. ROOT.CZ [online]. 2008 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/externi-seriove-sbornice-spi-a-i2c/>
- [12] DS1307 Real-Time Clock. MAXIM [online]. 2008 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.maxim-ic.com/datasheet/index.mvp/id/2688>
- [13] LM386. Texas Instruments [PDF]. 2000 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm386.pdf>
- [14] 8-BIT SHIFT REGISTERS WITH 3-STATE OUTPUT REGISTERS. Texas Instruments [PDF]. 2009 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn74hc595.pdf>
- [15] CD4017BC,CD4017BM,CD4022BC,CD4022BM. Texas Instruments [PDF]. 1988 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/snos357a/snos357a.pdf>
- [16] MCF51AC256 ColdFire ® Integrated Microcontroller Reference Manual. Freescale [PDF]. 2011 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: [http://cache.freescale.com/files/32bit/doc/ref\\_manual/MCF51AC256RM.pdf](http://cache.freescale.com/files/32bit/doc/ref_manual/MCF51AC256RM.pdf)
- [17] Class2 BC04-ext Module BTM-112. Rayson [PDF]. 2011 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: [http://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Bluetooth/BTM112\\_wATcommands.pdf](http://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Bluetooth/BTM112_wATcommands.pdf)
- [18] GOOGLE. Android Developers [online]. 2012 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://developer.android.com/index.html>
- [19] PLCC6 SMD Top View Package LED SMP6-RGB, RED/GREEN/BLUE. Marl International Limited [PDF]. 2010 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.leds.co.uk/pdfs/bivar/SMP6-RGB.pdf>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

3D	Trojrozměrné zobrazení
A/D	Analogově-číslicový
DFT	Diskrétní Fourierova transformace
DIF	Decimace ve frekvenci
DPS	Deska plošných spojů
FFT	Rychlá Fourierova transformace
FLASH	Nevolatilní elektronicky programovatelná paměť s libovolným přístupem
HW	Hardware
I2C	Sériová synchronní sběrnice
IR	Infračervený přenos dat
LCD	Displej z tekutých krystalů
LED	Světlo vyzařující dioda
MASTER	Nadřízený
NEC	Norma infračerveného přenosu
PDP	Plazmový zobrazovací panel
RAM	Volatilní elektronicky programovatelná paměť s libovolným přístupem
RGB	Červená – zelená - modrá
SCI	Sériová asynchronní sběrnice
SLAVE	Podřízený
SMA	Subminiaturní konektor typu A pro koaxiální kabel
SMS	Krátká textová zpráva
SPI	Sériová synchronní sběrnice
SW	Software

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Struktura LCD obrazovky.....	11
Obr. 2 Struktura plazma obrazovky .....	12
Obr. 3 Struktura LED obrazovky.....	13
Obr. 4 Blokové schéma SPI komunikace.....	15
Obr. 5 Časovací diagram SPI komunikace.....	16
Obr. 6 Blokové schéma SCI komunikace .....	16
Obr. 7 Časovací diagram SCI komunikace .....	17
Obr. 8 Blokové schéma I2C komunikace .....	17
Obr. 9 Časovací diagram I2C komunikace .....	17
Obr. 10 Blokové schéma NEC komunikace.....	18
Obr. 11 Časovací diagram NEC komunikace.....	18
Obr. 12 Výpočet 8 bodové FFT s využitím DIF .....	20
Obr. 13 Základní zapojení DS1307 .....	22
Obr. 14 Paměť RAM v obvodu DS1307 .....	23
Obr. 15 Zapojení vývodů LM386.....	23
Obr. 16 Schéma zapojení LM386.....	24
Obr. 17 Konstrukce stolu.....	26
Obr. 18 Náčrt maticového displeje .....	27
Obr. 19 Detail jednoho pixelu .....	28
Obr. 20 Blokové schéma hardware.....	29
Obr. 21 Schéma řídicí desky.....	32
Obr. 22 Návrh DPS .....	33
Obr. 23 3D vizualizace DPS top .....	33
Obr. 24 3D vizualizace DPS bottom .....	34
Obr. 25 Schéma budiče řádků .....	36
Obr. 26 Návrh DPS .....	37
Obr. 27 3D vizualizace DPS .....	37
Obr. 28 Schéma budiče sloupců .....	40
Obr. 29 Návrh DPS .....	41
Obr. 30 3D vizualizace DPS .....	41
Obr. 31 Schéma zapojení .....	42

---

Obr. 32 Bluetooth modul.....	43
Obr. 33 Dálkový ovladač .....	43
Obr. 34 Funkce stolu .....	45
Obr. 35 Vývojový diagram programu.....	47
Obr. 36 Blokové schéma programu.....	49



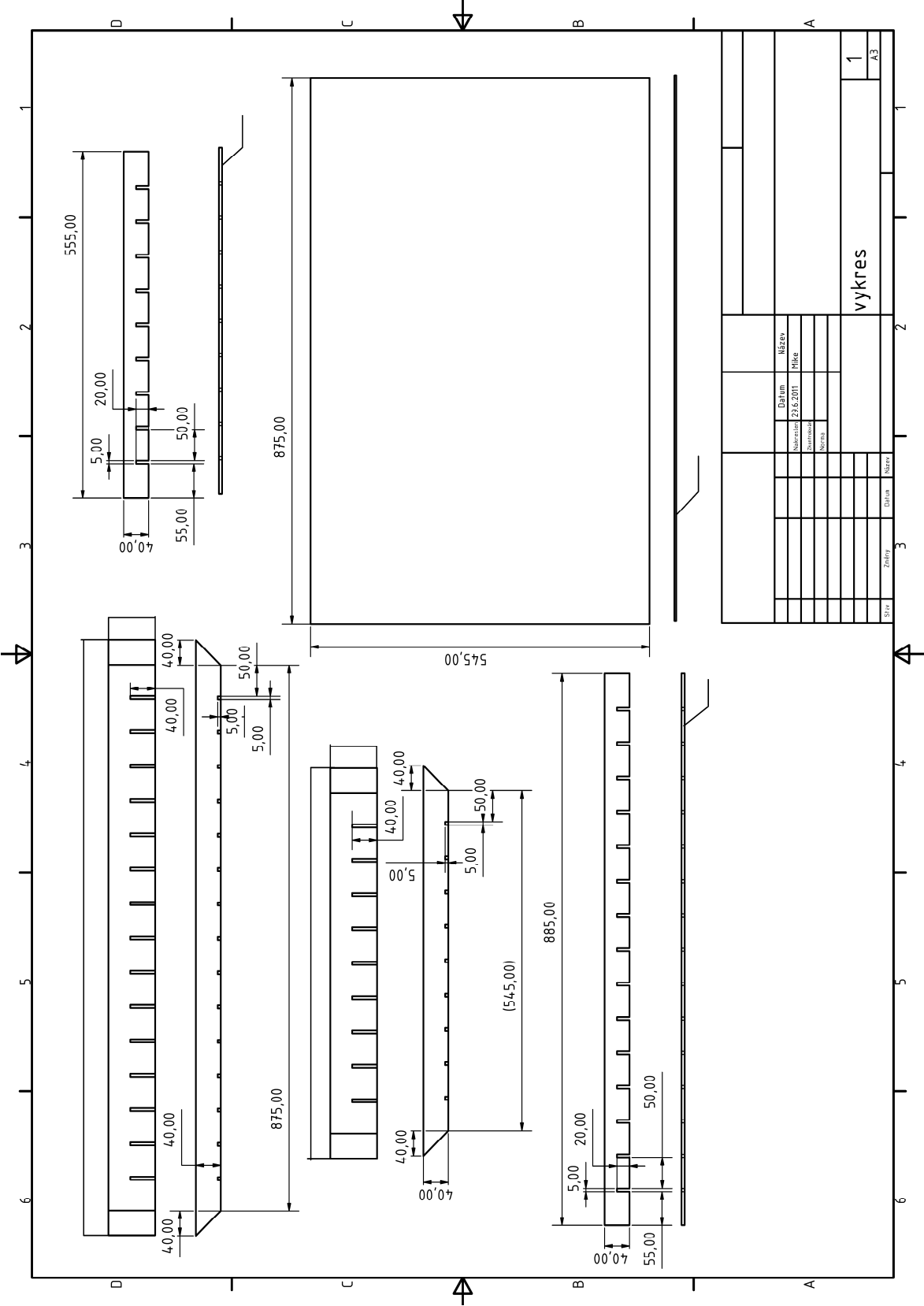
**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 Základní vlastnosti použitého mikropočítače .....	14
Tab. 2 Základní vlastnosti bluetooth modulu .....	24

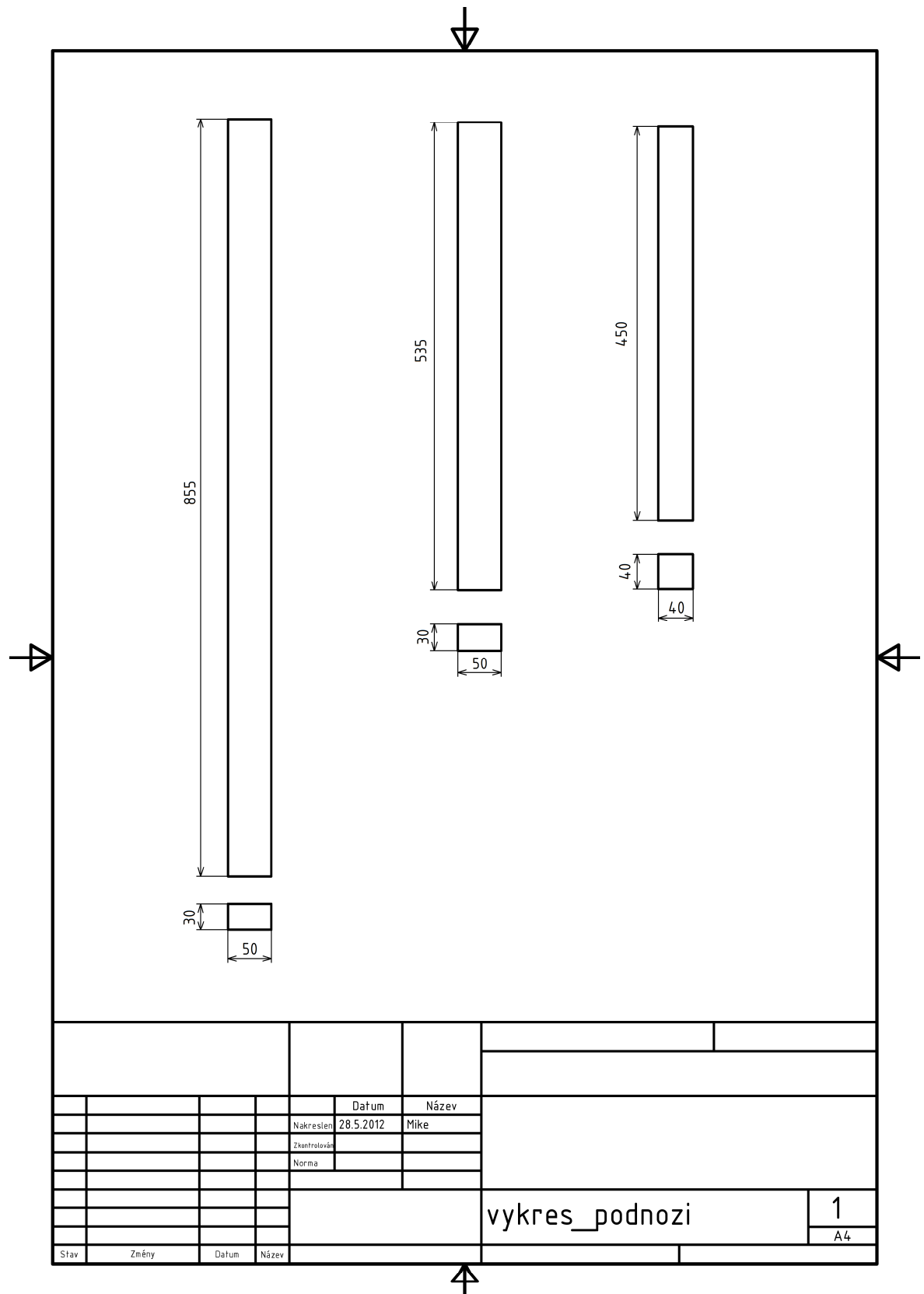
## SEZNAM PŘÍLOH

- P I Výkresová dokumentace efektového panelu
- P II Výkresová dokumentace podnoží
- P III Android – hlavní obrazovka a připojení ke stolu
- P IV Android – nastavení a dálkový ovladač
- P V Fotografie celého stolu
- P VI Osazovací plán a podklad pro výrobu řídicí desky
- P VII Osazovací plán a podklad pro výrobu řádkových budičů
- P VIII Osazovací plán a podklad pro výrobu sloupcových budičů

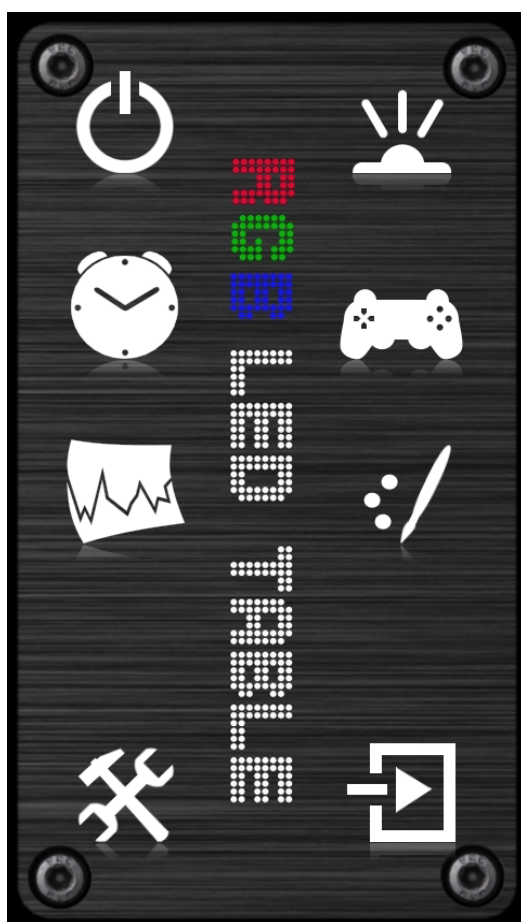
PŘÍLOHA P I: VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE EFEKTOVÉHO  
PANELU



## PŘÍLOHA P II: VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE PODNOŽÍ



## PŘÍLOHA P III: ANDROID – HLAVNÍ OBRAZOVKA A PŘIPOJENÍ KE STOLU



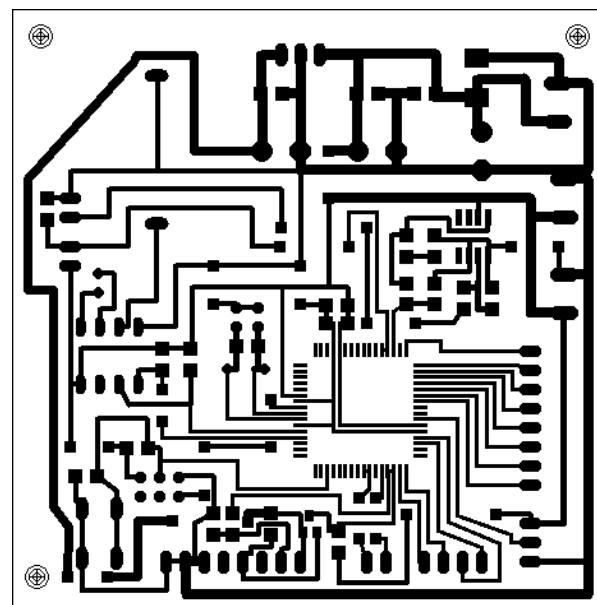
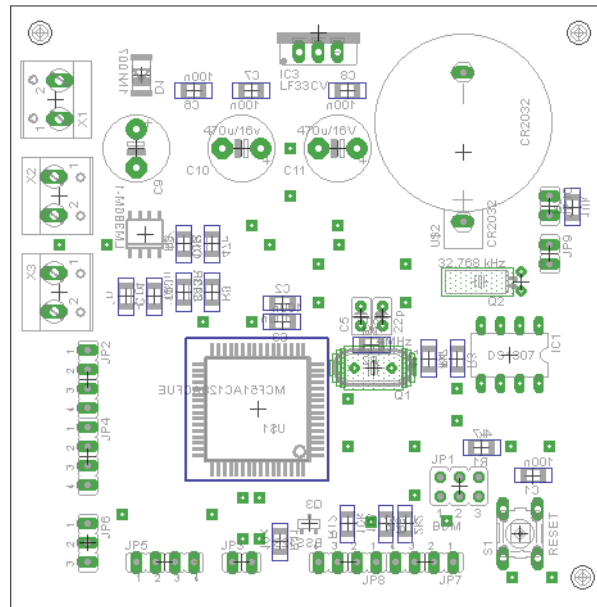
## PŘÍLOHA P IV: ANDROID – NASTAVENÍ A DÁLKOVÝ OVLADAČ



## **PŘÍLOHA P V: FOTOGRAFIE CELÉHO STOLU**

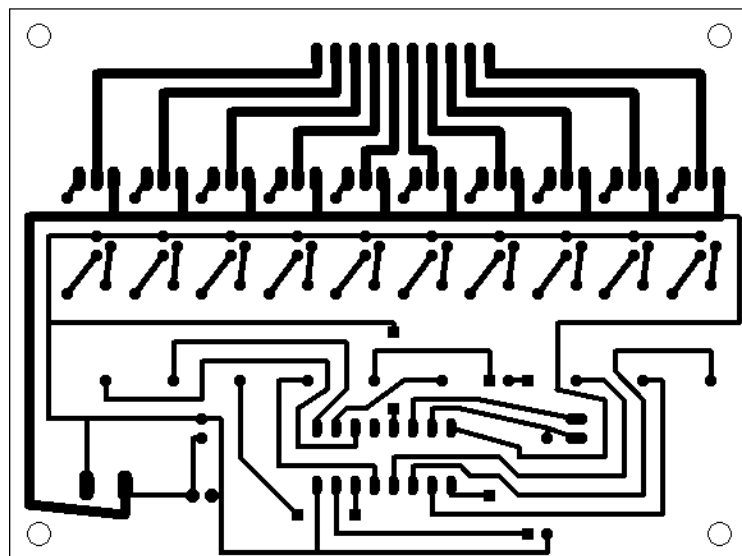
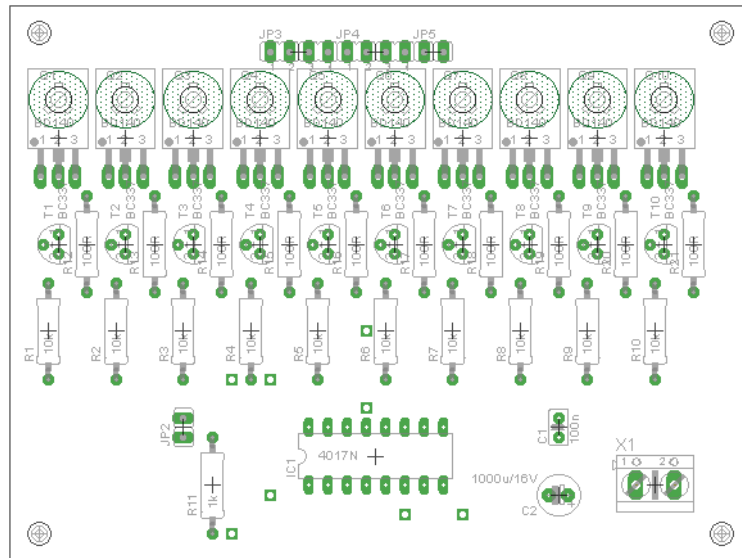


## PŘÍLOHA P VI: OSAZOVACÍ PLÁN A PODKLAD PRO VÝROBU ŘÍDÍCÍ DESKY





## **PŘÍLOHA P VII: OSAZOVACÍ PLÁN A PODKLAD PRO VÝROBU ŘÁDKOVÝCH BUDIČŮ**



# **PŘÍLOHA P VIII: OSAZOVACÍ PLÁN A PODKLAD PRO VÝROBU SLOUPCOVÝCH BUDIČŮ**

