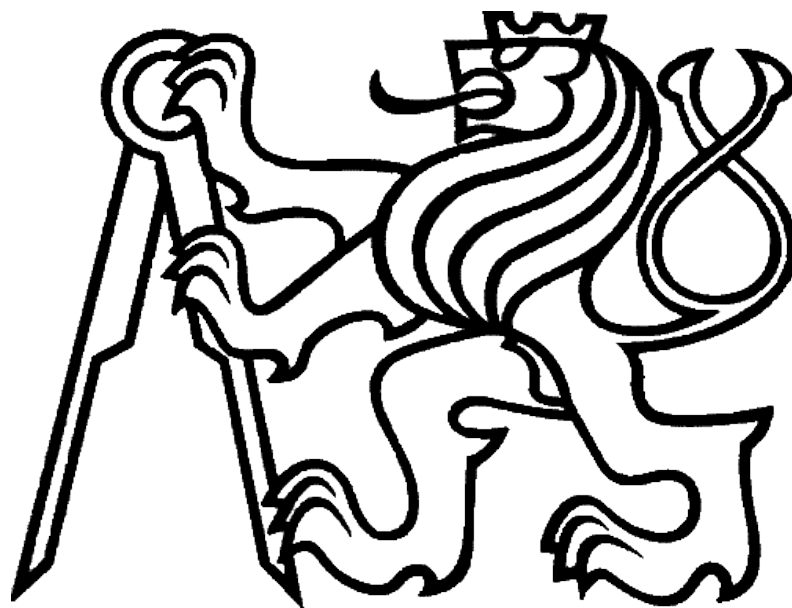


České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická



Bakalářská práce

Velkoplošný maticový LED displej

Praha, 2012

Autor: Svatopluk Vilhel

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne: 25.5.2012

podpis:



Poděkování

Děkuji především vedoucímu bakalářské práce Ing. Richardu Šustovi, Ph.D. za příkladné vedení a poskytnutí cenných rad.

Abstrakt

Tato práce se zabývá optimálním obvodovým řešením velkoplošného maticového displeje. Popisuje výhody a nevýhody zobrazovačů, které jsou dostupné na trhu a radí, jak vytvořit displej, který má lepší parametry a je levnější, než komerční displeje. Dále popisuje možný způsob řízení pomocí vývojového kitu DE0-nano od společnosti Terasic. Všechny schémata a návrhy plošných spojů jsou tvořeny v programu OrCAD.

Abstrakt

This work deals with optimal circuit solution of large LED dot-matrix display. It discibes advantages and disadvantages of displays that are available on the market and advises how to create a display which has better performance and is cheaper than a commercial displays. It also describes a possible way how to control display using Terasic development kit DE0-nano. All schematics and PCB designs are created in the OrCAD software.

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra kybernetiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: Svatopluk Vilhelm
Studijní program: Kybernetika a robotika (bakalářský)
Obor: Robotika
Název tématu: Velkoplošný maticový LED displej

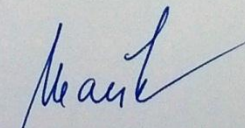
Pokyny pro vypracování:

1. Analyzujte techniky optimálního obvodového řešení velkoplošného maticového displeje.
2. Navrhněte provedení vhodné pro vnější použití.
3. Otestujte své řešení na funkčním vzorku.

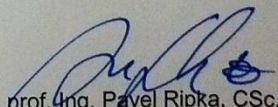
Seznam odborné literatury: Dodá vedoucí práce.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Richard Šusta, Ph.D.

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2012/2013


prof. Ing. Vladimír Mařík, DrSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 9. 11. 2011

Obsah

1	Úvod	1
2	Zobrazovače	2
2.1	LCD displeje	2
2.2	OLED displej	3
2.3	LED displeje	3
2.3.1	Sedmisegmentovky	3
2.3.2	Maticové displeje	4
2.4	Hotové displeje	4
3	Použité technologie.....	5
3.1	Maticový displej	5
3.2	Převodník 74HCT4094.....	6
3.3	FPGA.....	6
3.3.1	DE0 nano	7
3.4	VHDL.....	7
3.5	RS 232.....	8
4	Optimální řešení displeje	9
4.1	Matice	9
4.2	Převodník	12
4.3	Volba LED diody	13
4.4	Volba součástek převodníku	14
4.5	Cenová relace součástek.....	19
5	Řídící procesor.....	20
6	Tvarovače signálu.....	20
7	Převodník USB -> RS232.....	21
8	Závěr.....	23
9	Odkazy.....	24
10	Seznam obrázků	24

1 Úvod

V dnešní době vzrůstá zájem o velkoplošné displeje. Velký zájem projevují hlavně firmy, které na ně umisťují reklamu. Konkrétně tato práce byla zadána lékárnou U Sv. Mikuláše v Lounech, která má zájem o lékárenský kříž vyrobený právě pomocí velkoplošných displejů.

Dříve by se k tomuto účelu reklamy použily světelné neonové reklamní poutače, jejichž technologie má jistě své kouzlo, ale má také značné množství nevýhod. Pro větší výhody se proto více hodí displej, na který si firma může umístit denně jinou reklamní akci, např.: slevy na výrobky, otevírací dobu, vítací text, nebo všechny tyto věci najednou. Lékárenský kříž lze koupit již hotový, bohužel se velmi těžko řídí (uživatel není schopen nápis nebo animaci změnit, může pouze vybírat z předdefinovaných textů). Cena takového panelu se pohybuje v řádech několika desítek tisíc korun.

Cíl práce bude vytvořit oboustranný velkoplošný displej ve tvaru lékárenského kříže pro venkovní použití, který bude jednoduchý na řízení a zároveň bude cenově dostupnější, než kříže v komerční sféře.

2 Zobrazovače

V této kapitole jsou popsány zobrazovače, které lze dnes zakoupit a jsou zde vypsány jejich hlavní výhody a nevýhody.

2.1 LCD displeje

Panely založené na technologii LCD (Liquid crystal display) vynikají svým vysokým rozlišením. V dnešní době je možné vyrobit LCD pixel, jehož velikost je pouhých 0,1mm a tyto pixely je možné skládat několik mikrometrů vedle sebe. Tento pixel totiž nevyzařuje světlo, ale slouží jako filtr podsvětlovacího světla. Jako podsvětlení se používají buď ccfl trubice, nebo LED diody s velkým rozptylem. Bohužel rozlišení není to, co je u venkovního panelu potřeba. Tyto panely mají velmi slabé podsvícení, proto jsou na slunci nečitelné a hlavně každý takový panel dostupný na trhu musí mít z konstrukčních důvodů rámeček. Rámečky brání skládání těchto panelů do jiných, než čtvercových tvarů, v tomto případě požadovaného kříže. LCD panely jsou nevhodné pro vnější použití, a to z důvodu špatného snášení extrémních teplot. V extrémní zimě (okolo -10°C) začínají zamrzat a při teplotách, které jsou v Čechách v zimním období již skoro běžné (-15 až -20°C) se jejich odezva zpomalí až na řád několika sekund. Naopak při vysokých teplotách kolem 70°C se vytváří extrémní teplo, a to i kvůli teplotě produkované katodovou podsvětlovací trubicí.

Výhody:

- Vysoké rozlišení
- Vysoký poměr rozlišení/cena

Nevýhody:

- Svítivost
- Pozorovací úhly
- Špatná viditelnost z větší vzdálenosti
- Nesnese extrémní teploty

2.2 OLED displej

Tyto zobrazovače mají být technologií budoucnosti, jedná se o LED diody s organickou bází. Tyto diody již nepotřebují podsvícení a jsou docela dobře čitelné na slunci, bohužel jejich cena je zatím velmi vysoká a na trhu jsou velmi těžko dostupné. OLED snese extrémní teploty (-55 až 90°C) a jako velkoplošný zobrazovač je zatím používán jen armádou.

Výhody:

- Vysoké rozlišení
- Viditelnost i na přímém slunci
- Extrémní teplotní odolnost

Nevýhody:

- Časem ztráta intenzity
- Extrémní cena

2.3 LED displeje

LED displeje jsou tvořeny pomocí LED diod. Na rozdíl od LCD displejů jedna dioda má minimálně 1mm a není technicky možné tyto diody napasovat tak, aby byly několik mikrometrů vedle sebe. Tato nevýhoda však není vůbec podstatná, protože je potřeba vzít na vědomí, že venkovní displej bude pozorován z větší vzdálenosti a proto zde nízké rozlišení vůbec nevádí. Na rozdíl od LCD displejů, LED dioda nepotřebuje podsvícení, protože je sama zdrojem světla. Z toho důvodu dosahuje několikanásobně větší svítivosti a je ideální pro venkovní použití a její záření je viditelné i na přímém slunci.

Trh nabízí několik typů těchto LED displejů. Každý z nich má ale jiné nevýhody.

2.3.1 Sedmisegmentovky

Tyto displeje jsou výborné zobrazovače číslic. Jejich princip je vcelku jednoduchý. Jedná se v podstatě o osm diod uspořádaných tak, aby bylo možné zobrazit jakoukoliv číslici a desetinnou čárku. Tyto diody jsou vždy zapojené tak, že mají jednu elektrodu společnou, a proto je na řízení potřeba „pouze“ osm vodičů. Potřeba osmi vodičů je ale i jeho hlavní nevýhodou, protože potřebujeme na každou diodu jeden pin na procesoru.

Pro snížení nároků na počet pinů je možné použít převodník bcd to 7-segment jako jsou například integrované obvody 7448 nebo 74143. Tím snížíme počet potřebných pinů na 4. Tyto displeje se dají velmi jednoduše řadit za sebe a dají se řídit pulzně, proto je na každý další displej potřeba pouze o 1 pin navíc (pro jeden displej je potřeba 5 vodičů, pro dva 6, ...), který ovládá tranzistor určený pro výběr daného displeje.

Tyto displeje se dají sehnat i s více segmenty, které dovolují i zobrazení všech písmen abecedy. V zadání práce je požadavek i na jednoduché animace, proto tyto segmentové displeje použít nelze.

2.3.2 Maticové displeje

Zde se konečně dostáváme k technologii, která má námi požadované vlastnosti. Jedná se o matici LED diod o x sloupcích a y řádcích. Na řízení je potřeba $x \cdot y$ pinů, ale je možné k němu přidat desku s převodníky, která tento počet značně redukuje.

Na trhu se několik těchto displejů vyskytuje, většinou ve velikosti 8×8 diod a jejich cena se pohybuje v nejlevnějších variantách okolo 220,- Kč. Diody použité v těchto displejích ale nedosahují požadované svítivosti ani vyzařovacího úhlu, který je potřeba na vnější použití.

2.4 Hotové displeje [1]

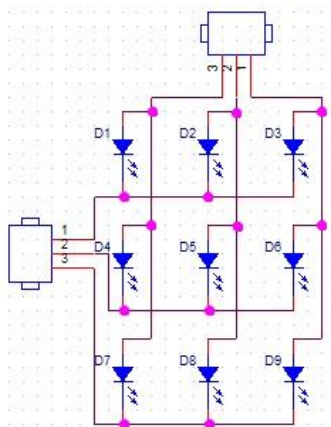
Je jasné, že existují i varianty pro ty, co by si displej nechtěli sestavovat, ale koupit hotový, a ten pouze zapojit. I taková možnost existuje, ale je finančně velmi nákladná. Příkladem je jediný větší český výrobce, který kříže nabízí, a to firma Prospecta, kde podobný kříž stojí přibližně 60 tisíc korun.

3 Použité technologie

3.1 Maticový displej [2]

Princip maticového displeje je velmi jednoduchý. Diody jsou uspořádány tak, že v každém sloupci jsou spojené katody a v každém řádku jsou spojené anody. K zobrazení informace na displeji se využívá slabá rozpoznávací schopnost oka, konkrétně jev zvaný setrvačnost zraku. Lidské oko nerozezná, zda dioda bliká nebo svítí, pokud je frekvence vyšší než 60Hz. Dále se využívá toho, že lidské oko vidí sled více obrázků jako plynulou animaci. Pro plynulou animaci se doporučuje 25 snímků za sekundu.

Funkce tohoto zapojení je vysvětlena na displeji o velikosti 3x3 diody. Pro větší matice je to úplně stejné. V první fázi je nutné přivést logickou nulu na první řádek, čímž ho uzemníme a na sloupce přivedeme informaci, kterou chceme zobrazit. Na druhý řádek přejdeme tak, že přivedeme logickou nulu na druhý řádek a první změníme na logickou jedničku. Opět na sloupce přivedeme informaci, kterou potřebujeme. Třetí řádek funguje úplně stejně jako předchozí dva.



Obrázek 3.1 - schéma zapojení maticového displeje

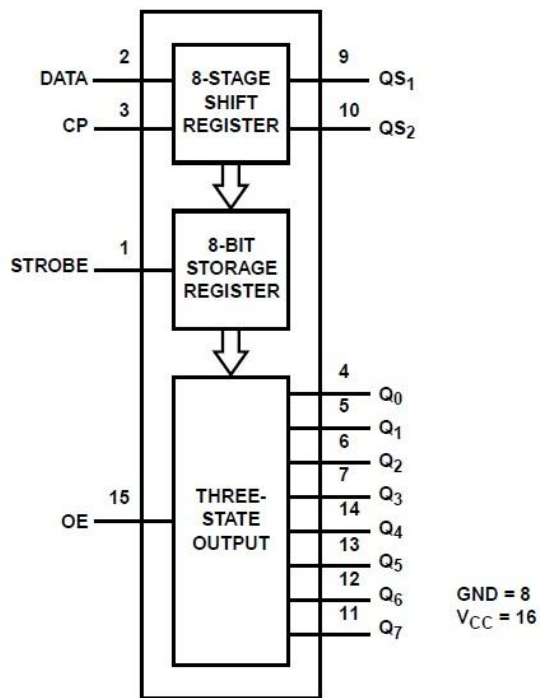
x/y	1	0	1		x/y	0	1	0		x/y	1	0	1
0					1					1			
1					0					1			
1					1					0			

Tabulka 3.1 - tabulka znázorňující zobrazení písmene x

V tabulce je vidět postupné přepínání řádků a informací na sloupcích. Pokud budeme tyto operace provádět s dostatečnou frekvencí, dostaneme jednotlivý obraz s písmenem x.

3.2 Převodník 74HCT4094 [3]

74HCT4094 je osmibitový posuvný registr s latch pamětí umožňující strobování sériového vstupu na třístavový paralelní výstup. Paralelní výstup může být připojen přímo na běžné sběrnice. Data jsou posunována na náběžnou hranu hodinového signálu. Data jsou posunována v registru do té doby, dokud je strobovací vstup roven logické jedničce. Při přechodu strobovacího signálu na logickou nulu jsou data zobrazena na výstupech. Pokud je pin output-enable roven logické nule, výstup se chová jako stav s vysokou impedancí. K dispozici jsou také dva výstupy umožňující kaskádní řazení těchto registrů.



Obrázek 3.2 - schéma posuvného registru 4094

3.3 FPGA [4]

Programovatelná hradlová pole (FPGA, Field Programmable Gate Array) jsou speciální číslicové integrované obvody obsahující různě složité programovatelné bloky propojené konfigurovatelnou maticí spojů. Field Programmable v názvu je to, čím se FPGA odlišují od zákaznických integrovaných obvodů - obvod je nakonfigurován u zákazníka.

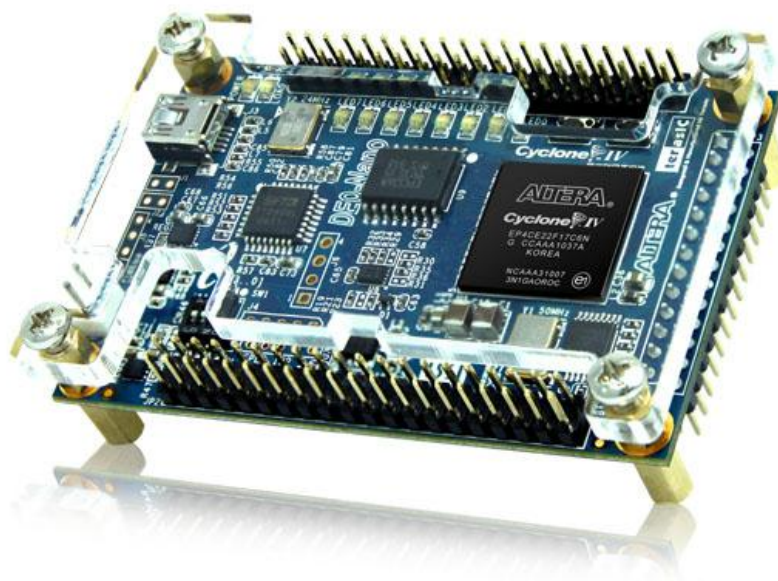
FPGA obvody dnes nacházejí uplatnění v široké škále aplikací a to díky své programovatelnosti, snadnému návrhu, flexibilitě, neustále klesajícím cenám a zvolna se snižující spotřebě energie vlastním čipem. Typické použití je v oblasti menších sérií navrhovaných zařízení, kdy se nevyplatí návrh zákaznického integrovaného obvodu a současně konvenční řešení systému s procesorem už není vhodné.

Kromě FPGA obvodů se lze běžně setkat i s tzv. CPLD obvody (Complex Programmable Logic Devices). CPLD použijeme spíše na návrh jednoduché propojovací logiky při integraci složitějších prvků.

3.3.1 DE0 nano [5]

DE0-nano je deska představující kompaktní FPGA vývojový kit vhodný pro obvodové konstrukce prototypů robotů a jiných účelových zařízení. Deska je vyrobena v nejjednodušší možné variantě implementující chip Cyclone IV.

Výhody tohoto vývojového kitu jsou hlavně v jeho velikosti a hmotnosti a také schopnosti být přeprogramován jednoduše pomocí USB bez potřeby jiných hardwarových zařízení.



Obrázek 3.3 - vývojový kit Terasic s FPGA chipem Altera cyclone IV

3.4 VHDL [6]

VHDL je programovací jazyk sloužící pro popis hardware. Používá se pro návrh a simulaci digitálních integrovaných obvodů, například programovatelných hradlových polí (CPLD, FPGA, ...), nebo různých zákaznických obvodů (ASIC).

VHDL je standardem IEEE od r. 1987, byl revidován v roce 1997 a je použitelný i pro návrh analogových obvodů. Jedná se o typovaný programovací jazyk. VHDL má prostředky pro popis paralelismu, konektivity a explicitní vyjádření času. Jazyk VHDL se používá jak pro popis paralelismu, konektivity a explicitní vyjádření času. Jazyk VHDL se používá jak pro simulaci obvodů, tak i pro popis integrovaných obvodů, které se mají vyrábět.

Zkratka VHDL znamená VHSIC Hardware Description Language (česky jazyk pro popis hardware), kde VHSIC je zkratka z Very-High-Speed Integrated Circuit (česky velmi rychlé integrované obvody).

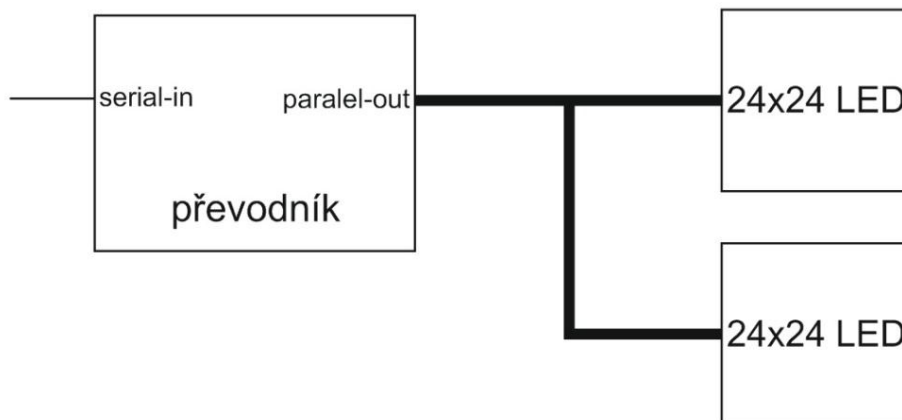
3.5 RS 232 [7]

Standard RS-232, resp. jeho poslední varianta RS-232C z roku 1969 (také sériový port nebo sériová linka) se používá jako komunikační rozhraní osobních počítačů a další elektroniky. RS-232 umožňuje propojení a vzájemnou sériovou komunikaci dvou zařízení, tzn. že jednotlivé bity přenášených dat jsou vysílány postupně za sebou (v sérii) po jednom páru vodičů v každém směru. Na rozdíl od síťové technologie Ethernet nebo rozhraní USB se tedy jedná o zcela bezkolizní fyzickou vrstvu.

Standard definuje asynchronní sériovou komunikaci pro přenos dat. Pořadí přenosu datových bitů je od nejméně významného bitu (LSB) po bit nejvýznamnější (MSB). Počet datových bitů je volitelný, obvykle se používá 8 bitů, lze se také setkat se 7 nebo 9 bity. Logický stav „0“/„1“ přenášených dat je reprezentován pomocí dvou možných úrovní napětí, které jsou bipolární a dle zařízení mohou nabývat hodnot ± 5 V, ± 10 V, ± 12 V nebo ± 15 V. Nejčastěji se používá varianta, při které logické hodnotě 1 odpovídá napětí -12 V a logické hodnotě 0 pak $+12$ V. Základní tři vodiče rozhraní (příjem RxD, vysílání TxD a společná zem GND) jsou doplněny ještě dalšími vodiči sloužícími k řízení přenosu (vstupy DCD, DSR, CTS, RI, výstupy DTR, RTS). Ty mohou a nemusí být používány (zapojeny), nebo mohou být použity pro napájení elektronických obvodů v zařízení, jako je například počítačová myš. Výstupní elektronika je vybavena ochranou proti zkratu, kdy po překročení proudu 20 mA proud již dále neroste.

4 Optimální řešení displeje

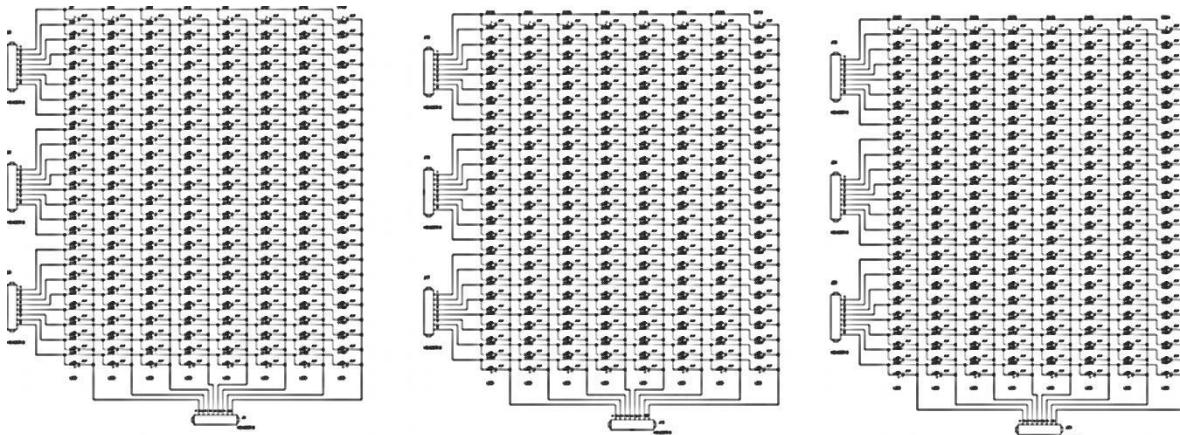
Optimální řešení by mělo mít co nejméně vstupů na co nejvíce diod a mělo by být co nejlevnější. Je zřejmé, že nejlepší variantou bude maticový displej, který bude na sobě z jedné strany mít diody a z druhé strany řídicí desku, která se bude starat o zpracovávání signálu.



Obrázek 4.1 - schéma jednoho z pěti displejů

4.1 Matice

Pro výrobu kříže bude potřeba pět čtvercových oboustranných displejů o velikosti 24x24 LED. Tento displej bude dále rozdělen na tři části po osmi diodách. Toto rozdělení je nutné ze dvou důvodů. První možností je možnost blikání při střídě 1:24 a druhou je podstatné snížení svítivosti diod.



Obrázek 4.2 - schéma celé matice

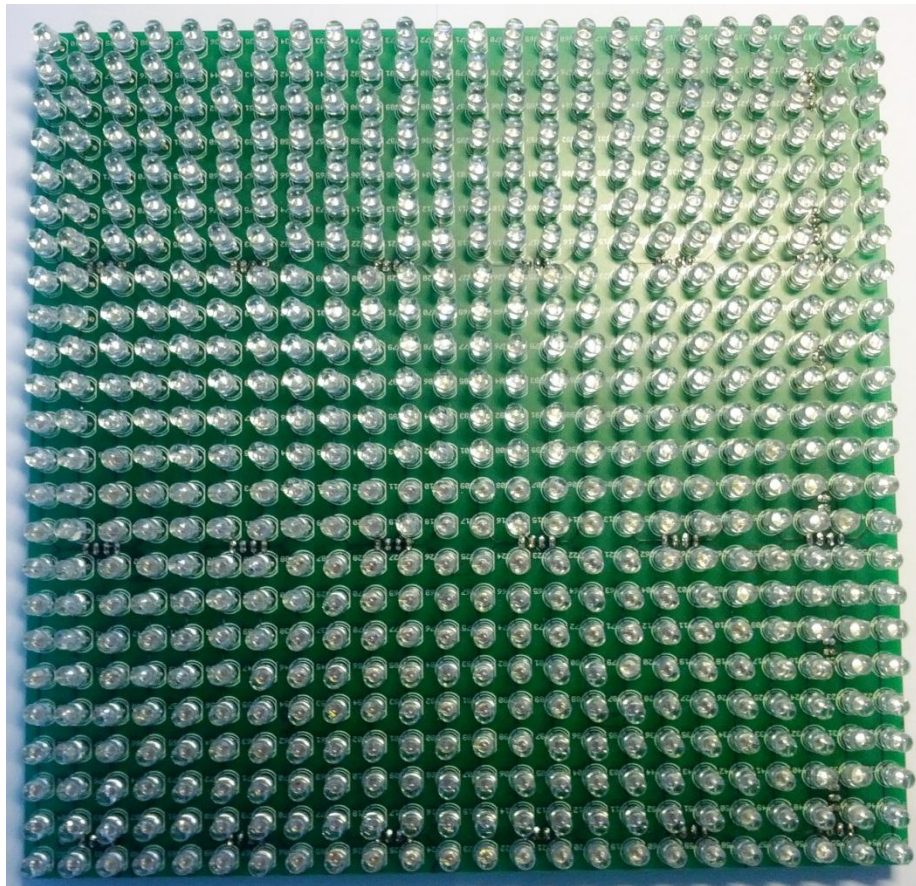
Na schématu je zobrazeno rozdělení celé matice 24x24 na tři menší displeje. Obrázek je pouze ilustrační a přesné zapojení je vidět na obrázku (Obrázek 3.1 - schéma zapojení maticového displeje)



Obrázek 4.3 - plošný spoj s diodovou maticí

Na plošném spoji jsou pouze diody a díry, do kterých se dá napájet klasický kolíkový konektor nebo rovnou přívodní vodiče. Na desce nemusí být žádný silkscreen potisk, protože poloha součástek při pájení je zřejmá a potisk by při dobrých světelných podmínkách mohl být vidět, což je nežádoucí.

Na obrázku (Obrázek 4.4 - hotový plošný spoj s diodami si lze povšimnout, že vrstva silkscreen je opravdu vidět). Tato deska byla vyrobena a osazena specializovanou firmou. I když firma slíbila perfektní kvalitu, diody rozhodně nejsou přesně napájeny a při rozsvícení je to hodně viditelné.



Obrázek 4.4 - hotový plošný spoj s diodami

4.3 Volba LED diody

LED dioda je nejdůležitější součástka celého displeje. Na té závisí parametry celého displeje. LED diod existuje nepřeberné množství, ale na výrobu takového displeje paradoxně existuje jen několik málo kusů, které jsou navíc velmi drahé. Důležité parametry, které musíme brát v úvahu při návrhu, jsou:

- Napětí a proud na diodě – ovlivňuje spotřebu celého displeje
- Svítivost
- Vyzařovací úhel
- Velikost diody
- Cena

Napětí na diodě nijak ovlivnit nelze, protože každá barva má svůj vlastní napěťovou úroveň, kterou je potřeba dodržet. Proud na diodě je důležitá informace, kvůli volbě předřadného rezistoru, protože při nedostatku proudu dioda svítí méně.

Nejdůležitějším údajem je svítivost. Ta by měla být co nejvyšší, aby byla dioda vidět i na přímém slunci. Je potřebné mít na paměti, že diody budou rozsvěcené pulzně se střídou 1:8, takže jejich svítivost klesne. Dalším parametrem je vyzařovací úhel, který by měl být větší než 30° a to z toho důvodu, aby byl displej čitelný i z většího pozorovacího úhlu.

Dalším důležitým parametrem je velikost. Ta velmi úzce souvisí s rozlišením displeje a s jemností zobrazení. Pro můj displej jsem zvolil diody s průměrem 5mm a jsou umístěny 400milů od sebe (odpovídá 10,16mm).

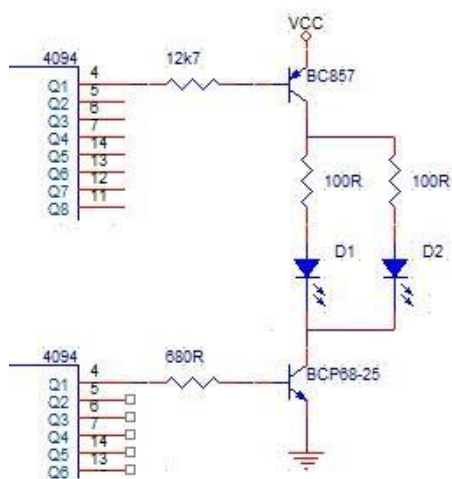
Posledním faktorem je cena, která se v českých obchodech pohybuje okolo 15-20ti korun za kus. Tato cena je více než nadsazená, proto je lépe obrátit se přímo na čínského výrobce, který je schopen vyrobit diody na zakázku a odeslat do čtrnácti dnů s cenou přibližně 1,20 Kč.

Pro výrobu mého displeje byly použity diody s těmito parametry:

- Průměr 5mm
- Napětí: 2,8 – 3,6V (typicky 3,2)
- Proud: 20mA
- Svítivost: 6370 – 8280 mcd
- Vyzařovací úhel: 30°
- Vlnová délka: 515 – 525 nm (zelená)
- Operační teplota -30 - +80°C

4.4 Volba součástek převodníku

Jak je již zmíněno v předešlé části, řídicí deska displeje má za úkol přijímat sériová data z procesoru a paralelně je odesílat na displej. Vstupem budou tedy čtyři piny a to hodinový signál CLK, sloupcová data - data_x, řádková data - data_y a strobovací vstup STR. Místo strobovacího vstupu by mohl na řídicí desce být counter, který mění frekvenci CLK na jednu osminu a dále místo data_y by mohl být přepínací obvod, který vybírá postupně vždy jeden z osmi. Toto řešení sice ušetří dva vstupní piny, ale zato zkomplikuje návrh desky a zvýší její cenu. Tyto operace může bez problému vykonávat řídicí procesor.



Obrázek 4.5 - schéma zapojení jedné diody

Jako převodníky na této desce byly použity CMOS posuvné registry 74HCT4094, vhodnější by možná byl model HC, který je trochu pomalejší, ale ten v této době není k dispozici. Tento model se ale výborně hodí kvůli svým tepelným možnostem, dokáže pracovat od -55 až do 125°C, tudíž je výborný i pro vnější prostředí. Také by šlo použít obvod 74HC164, který je naprosto totožný, ale ten je LP-shotky a je pouze do 80°C, což v našem podnebném pásmu sice není, ale na přímém sluníčku ve vhodné krabici by se teplota k této hranici vyšplhat mohla.

Jak je vidět ze schématu, tak je displej oboustranný, ale počítá i se zapojením pouze jedné strany, proto je rezistor umístěn před každou z diod (obecně jeden rezistor a dvě paralelně zapojené diody ani nemusí fungovat a to kvůli nepřesnostem u výrobního procesu těchto diod). Velikost rezistoru před diodou je dána jednoduchým vztahem:

$$R = \frac{U_{CC} - U_D}{I_D} = \frac{5V - 3,2V}{0,02A} = 90\Omega$$

Zde U_{CC} je napětí zdroje, U_D je napětí na diodě v propustném směru a I_D je požadovaný proud na diodě. Nejbližší vyšší rezistor je 100R. Výkon, který bude muset rezistor odvést je dán vztahem:

$$P = UI = 1,8V \cdot 0,02A = 0,036W$$

Zde U je úbytek napětí na rezistoru a I je proud procházející rezistorem. Zvolený rezistor má maximální povolený výkon 0,125W, což je naprosto dostačující.

Existuje i řešení, kde se proud na diodách ovlivňuje pomocí PWM, kde není potřeba předřadný rezistor. Šířka PWM se poté určí z počtu rozsvícených diod. Toto řešení má výhodu v tom, že nedochází ke ztrátě energie na rezistorech. Energetické ztráty na těchto rezistorech mohou být od 0 (při zhasnutých diodách), až $48 \cdot 0,036W$, což je 1,73W. Oproti tomu, při selhání řídicí jednotky hrozí zničení celého diodového panelu. Proto jsem se rozhodl pro variantu s rezistory a to kvůli odolnosti proti poruše a ztráta necelých dvou watů je v celkové spotřebě zanedbatelná.

V návrhu jsou dva druhy tranzistorů a to jeden PNP a jeden NPN. Jako PNP je použit tranzistor BC857, který je stavěný na 0,1A a jeho $h_{21E} = 125 - 800$. Protože potřebujeme, aby propustil přibližně 40mA je potřeba k němu dopočítat bázový rezistor a to podle vztahu:

$$R = \frac{U_{CC} - U_{BE}}{I_B} = \frac{5V - 0,7V}{3,2 \times 10^{-4}A} = 13437\Omega$$

Zde U_{CC} je napětí zdroje, U_{BE} je napětí mezi bází a emitorem na tranzistoru a I_B je bázové napětí, které je rovno 0,04A/125. Nejbližší rezistor je 12700ohmu. Výkon na tomto rezistoru je

$$P = RI^2 = 12700\Omega \cdot 3,2 \times 10^{-4}{}^2 = 1,3 \times 10^{-3}W$$

Tento výkon je naprosto zanedbatelný. Jako NPN tranzistor je použit BCP68-25, který je dimenzovaný na 1A a jeho $h_{21E} = 160 - 375$. U tohoto tranzistoru může nastat situace, že jím poteče 24x0,04A a to při stavu, kdy je rozsvícený celý řádek. Zde nastává malý problém, protože jak lze lehce spočítat, tak 24x0,04 je 0,94A. Tato hodnota je sice

pod maximální hodnotou proudu, který může protékat tranzistorem, ale bývá dobrým zvykem nechávat vždy nějakou rezervu, aby se tranzistor nepřehříval. Bohužel tranzistor, který snese vyšší proud, je do české republiky dodáván pouze jeden a to BDP949, dimenzovaný na 3A, ale cena za kus je 18,50 korun a to při počtu 24 tranzistorů na jednu desku je oproti vybranému za 4 koruny rozdíl přibližně 350ti korun na jeden převodník.

Poslední součástí je tedy bázev rezistor k NPN tranzistoru, který se spočítá obdobně jako u PNP vztahem

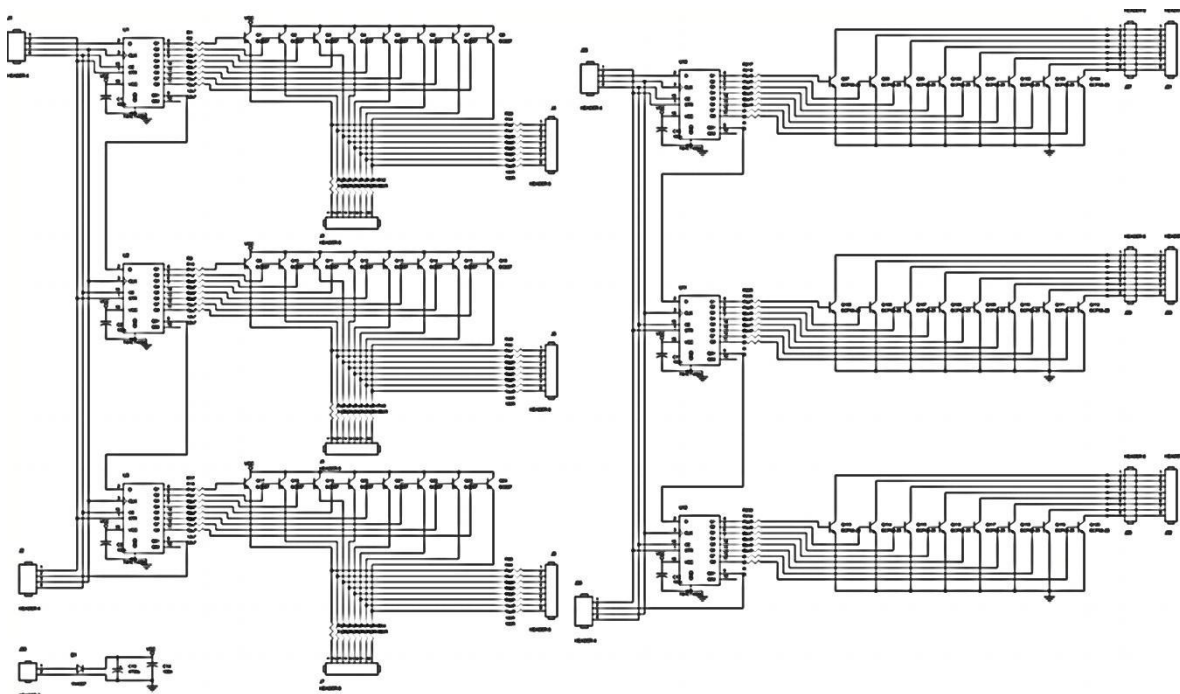
$$R = \frac{U_{cc} - U_{BE}}{I_B} = \frac{5V - 0,7V}{5,875 \times 10^{-3}A} = 731,9\Omega$$

Nejbližší rezistor v řadě je 680R. Nyní je potřeba spočítat už jen výkon na tomto rezistoru, který je dán vztahem

$$P = RI^2 = 680\Omega \cdot 5,875 \times 10^{-3}{}^2 = 0,02W$$

I u tohoto rezistoru je maximální povolený výkon 0,125W, takže rezerva je více než dostatečná.

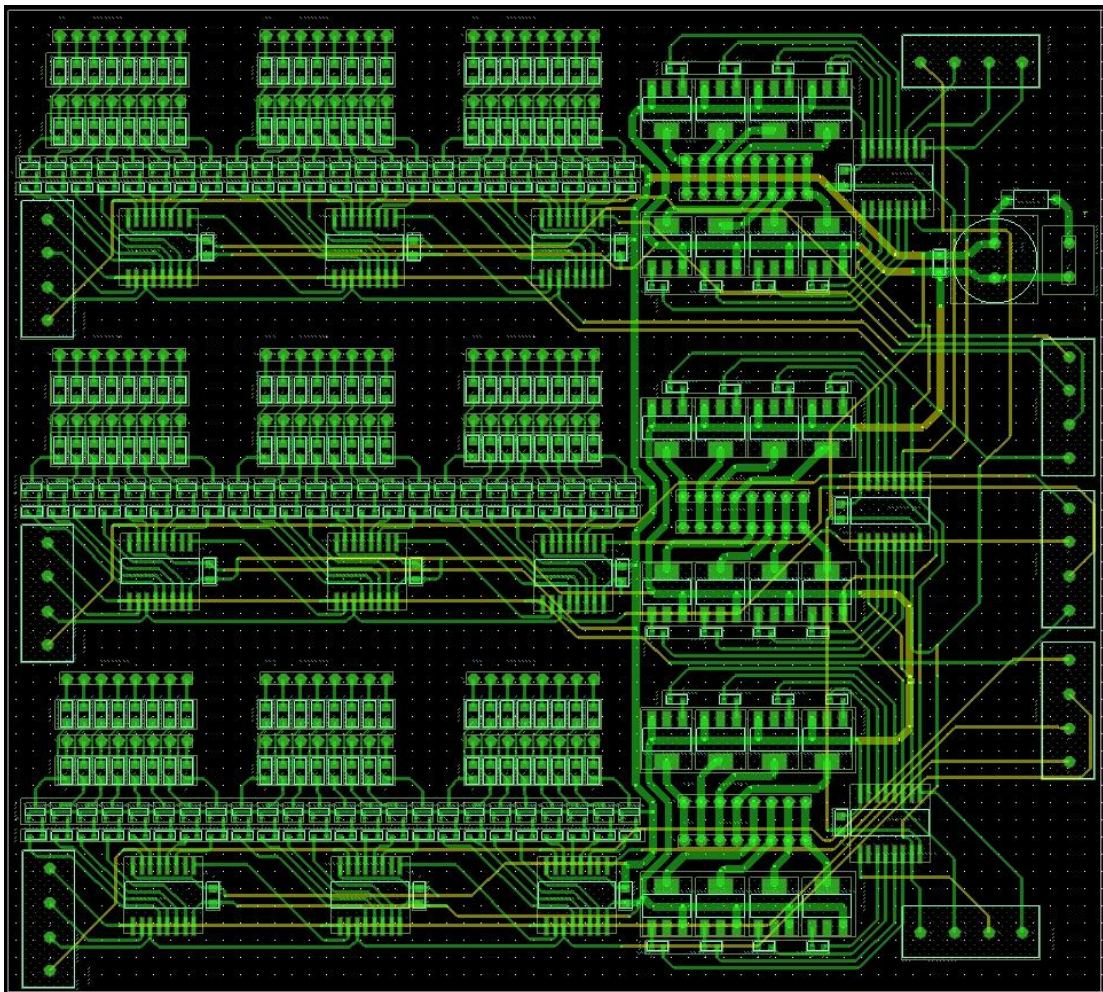
Pokud jde o tranzistory, tak jejich operační teplota je od -65 až do 150°C a u rezistorů jsou hodnoty ještě vyšší, takže jsou pro venkovní prostředí bez problému použitelné.



Obrázek 4.6 - schema části převodníku

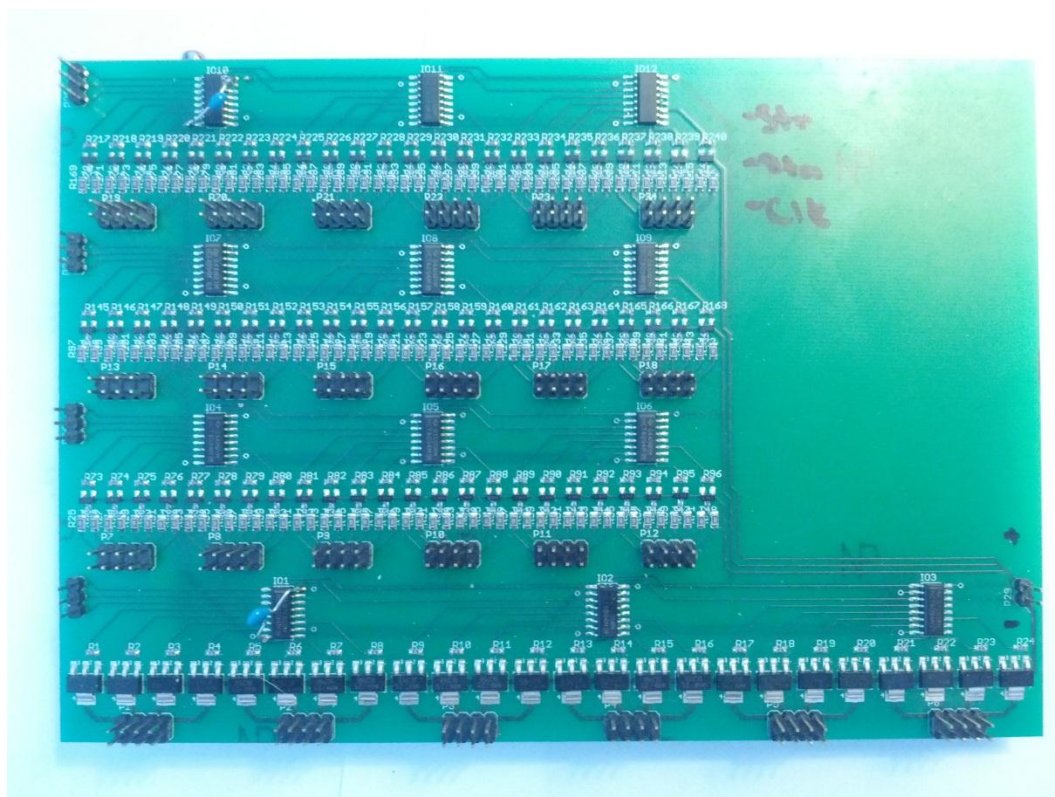
Na schématu je vidět část převodníku. Jedná se o to samé schéma, jako je na obrázku (Obrázek 4.5 - schéma zapojení jedné diody, jenže zde jsou zobrazeny všechny převodníky i s konektory.

Dále je zde obrázek plošného spoje. Jedná se o druhý návrh, který je optimálnější než návrh předešlý, jež můžeme vidět na obrázku (Obrázek 4.8 - plošný spoj převodníku (první verze)). Plošný spoj obsahuje vždy dvoje konektory pro připojení displeje, ale u displeje, který je umístěn na zadní straně převodníku je nutné obrátit konektory o 180° a přehodit jejich pořadí. Je to tím, že pokud by byla navržena deska, která má konektory správně, její návrh by byl mnohem složitější a zřejmě by ani nestačily dvě vrstvy plošného spoje.



Obrázek 4.7 - návrh plošného spoje převodníku (druhá verze)

Z obrázku to není patrné, ale u této desky je použit i silkscreen potisk. Potisk není u každé součástky, ale vždy u skupiny součástek, které jsou stejné. Dále u konektorů je napsáno, zda se jedná o vstup nebo výstup z desky.



Obrázek 4.8 - plošný spoj převodníku (první verze)

4.5 Cenová relace součástek

Nyní jen pro porovnání. Displej, který neobsahuje řídicí desku a nedosahuje ani zdaleka takových parametrů jako výše navržený displej, vyjde přibližně na 226,- Kč. Pokud bychom z takovýchto displejů chtěli udělat jeden velký, který bude 24x24, tak jich potřebujeme 9, což je 2034,- Kč.

Ukázka kalkulace dosavadní ceny:

Součástka	Počet	Cena za kus (Kč)	Celková cena (Kč)
Dioda	576	1,2	691,2
Registr 74HC4094	12	9,16	109,92
PNP BC587	72	0,38	27,36
NPN BCP68-25	25	4,09	102,25
Rezistor 100R 1/8W	144	0,51	73,44
Rezistor 12k7 1/8W	72	0,03	2,16
Rezistor 680 1/8W	24	3,10	74,4
Jiné			100
Celkem			1182,73

Tabulka 4.1 - cenový přehled součástek

Z tabulky je vidět, že součástky vyjdou přibližně na 1200,- Kč, což je něco málo přes polovinu. V tabulce je uvedena položka jiné, pod kterou se skrývají konektory, 100n keramické kondenzátory, 4700u elektrolytický kondenzátor a svorkovnice. Další položkou je ale cena za výrobu plošných spojů, která se u specializované firmy vyšplhala skoro k deseti tisícům.

Pokud si plošný spoj vyrobíme sami, vyjde podstatně levněji. Oboustranný fotocitlivý cuprexit o velikosti 25x25cm vyjde přibližně na 250,- Kč, díry se vyvrtají na CNC fréze a jediná věc, na kterou je potřeba specializovaná firma je prokovení, které u takto velké desky vyjde přibližně na 400,- Kč.

Protože se jedná o displej s venkovním použitím, je nutné zajistit jeho ochranu. Na to se dá použít například silikonový sprej od firmy Masterbond, který chrání desku před vlhkostí, korozí, prachem, chemickým porušením a mnoha dalšími negativními vlivy venkovního prostředí.

Dále je potřeba se vypořádat s problémem, který nastává při pájení LED diod. Ručně se velmi těžko usazují diody tak, aby byly ve správné pozici, proto je vhodné si vyrobit přípravek, který zajistí i stabilitu při pájení, i to, že diody budou přesně tam, kde mají být. Jedná se o plech tloušťky alespoň 1-2 mm, ve kterém jsou navrtány otvory přesně tam, kde mají být diody. Takový plech není problém vyrobit na CNC fréze nebo na

laseru. Poté stačí nasázet do plošného spoje LED diody, nasadit na ně přípravek a pomocí distančních matek nastavit přesně výšku, ve které mají být diody připájené. Před sázením LED diod do plošného spoje doporučuji přestříkat desku ochranným sprejem, abychom ho poté nemuseli nanášet přes diody a kazit tím jejich optické vlastnosti.

5 Řídící procesor

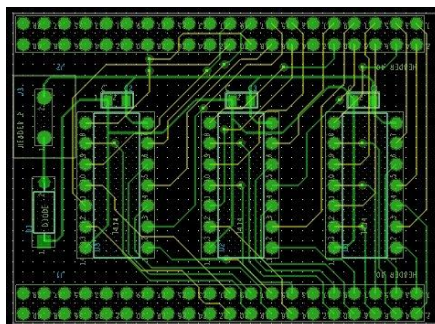
Jako hlavní procesor, který bude přijímat data z PC a bude je vysílat na displej, bylo vybráno hradlové pole FPGA od firmy Altera, konkrétně vývojový modul DE0-nano od firmy Terasic, který je nejjednodušší variantou této firmy a pro tyto účely bohatě postačí.

Deska obsahuje procesor řady Cyclone IV, který obsahuje přes 22 tisíc logických elementů, 32MB SDRAM a 2Kb EEPROM. Dále je deska vybavena zdrojem hodinového signálu o frekvenci 50MHz a dvěma čtyřiceti pinovými headery, na kterých je 72 vstupně výstupních pinů pracujících na napětí 3,3V.

Výhodou této desky je, že se dá velmi jednoduše programovat, a to hned několika způsoby. Pro tuto aplikaci bude stačit několik bloků, které budou vytvořeny v programovacím jazyku VHDL.

6 Tvarovače signálu

Při přenosu signálu z FPGA do displeje vzniká problém v tom, že typická hodnota, při které se převodníky 74HCT4094 překlápí je 3,2V. FPGA pracuje s napětím 3,3V, takže může nastat stav, kdy FPGA pošle logickou jedničku a hradlo se nepřeklopí. Proto je potřeba za každý výstup dát tvarovač signálu, který bude signál upravovat na 5V. Jako tvarovač postačí schmittův klopný obvod v integrovaném obvodu 74HC 14. Tento obvod obsahuje 6 těchto klopných obvodů, ale je nutné si dát pozor na to, že výstupy z těchto klopných obvodů jsou negované. 74HC 14 má v charakteristice hysterezi, kdy do logické jedničky přechází při hranici od 1,7 do 3 V a logické nuly při hranici 0,9 až 2V a to v závislosti na teplotě.



Obrázek 6.1- Návrh tvarovače signálu

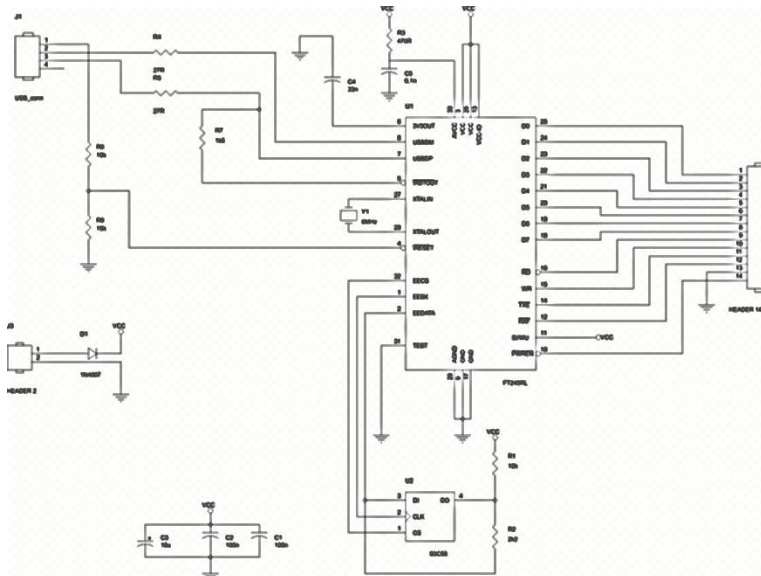
Na návrhu je vidět, že se jedná o velmi jednoduchý obvod, který obsahuje pouze dva headers napojené na vývojový kit a na převodník.

Vzhledem k tomu, že displeje se dají řadit sériově i paralelně, mělo by na této desce být těchto obvodů co nejvíce. Pro jeden displej $X \times 8$ (X – libovolná délka, protože pokud zvýšíme frekvenci, můžeme sériově posílat i podstatně delší množství binárních znaků), ale pro více displejů je potřeba vždy jeden navíc. Náš vývojový kit má 36 vstupně výstupních pinů na jednom headeru, proto je možné tímto způsobem připojit až 9 displejů (36 pinů děleno 4 piny na displej), proto by bylo ideální mít zde 6 integrovaných obvodů.

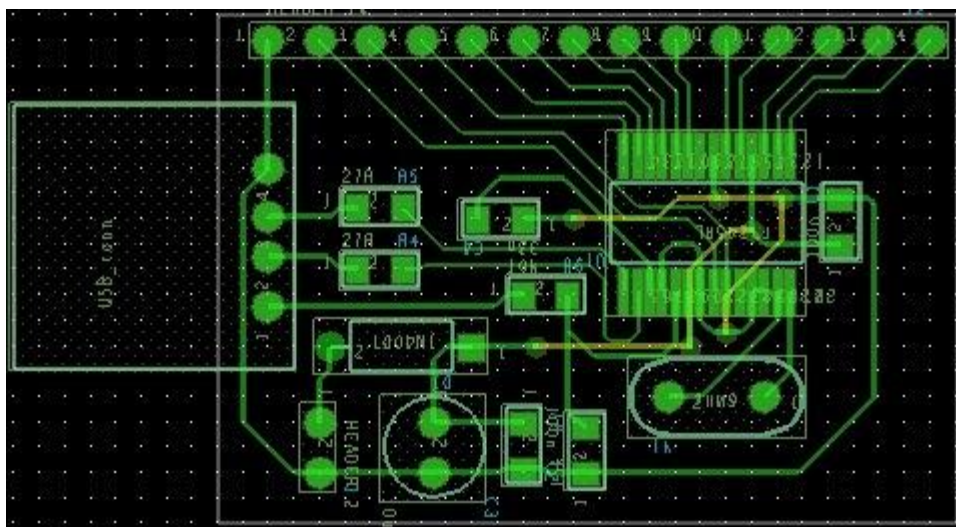
7 Převodník USB -> RS232

Vývojový kit DE0 – nano sice obsahuje miniUSB konektor, ale ten slouží pouze k napájení a k programování desky. Proto je nutné vyrobit ještě převodník, který bude sbírat data z USB kabelu a bude je převádět na komunikaci podle standardu RS232. V podstatě se nejedná o komunikaci RS232, protože napěťová úroveň této komunikace je definována $\pm 5V$ a v naší komunikaci je napěťová úroveň 0 a 5V. Princip komunikace je ale naprosto totožný.

Základem této desky je integrovaný obvod od firmy FTDI a to konkrétně FT245RL, který zajišťuje samotný převod mezi protokoly. Protože se od samého začátku předpokládá, že všechny tyto součásti budou umístěny venku, je potřeba nahradit USB kabel síťovým kabelem. Síťový kabel však dokáže přenést pouze komunikaci, napájení již ne, proto musí být deska vytvořena s externím napájením.



Obrázek 7.1- schéma převodníku s chipem FTDI245RL



Obrázek 7.2 - návrh desky převodníku USB na RS232

Ze schématu i z návrhu desky je vidět, že deska obsahuje několik rezistorů a kondenzátorů. Všechny tyto rezistory se dají sehnat ve variantě SMD v pouzdře 0805. Žádný z rezistorů není určený na vysoký výkon a stačí tedy varianta na 1/8W.

8 Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit funkční oboustranný displej pro vnější použití, který půjde řadit tak, aby se z něj dal poskládat lékárenský kříž.

V první části práce jsou popsány možné technologie, kterými by bylo možné kříž sestavit. Nakonec se jako nejlepší technologie ukázal maticový LED displej a to kvůli nízké ceně, jednoduchému řízení a výborné čitelnosti na přímém slunci. Tomuto displeji nevadí extrémní teploty a je odolný vůči vnějším vlivům.

Další část práce se věnuje výrobě matice s diodami a převodníku seriové komunikace na paralelní. Dále výrobě tvarovače signálu, bez kterého by se posuvné registry správně nepřeklápěly. Tato část byla hlavní náplní mé práce a povedlo se jí i úspěšně otestovat.

V poslední části programu jsem se seznámil s vývojovým kitem DE0-nano od firmy Terasic a vytvořit program na vyslání jednoduchá seriové informace, hodinového a strobovacího signálu do převodníku. K tomuto kitu je připojen převodník z USB na RS232, který zajišťuje komunikaci s PC. Bohužel tuto část práce se nepodařilo otestovat, protože druhou část této práce, kterou bylo vytvořit java aplikaci zajišťující vysílání dat do paměti vývojového kitu se kolegovi nepodařilo vytvořit včas.

Cíl práce byl tedy splněn a část, u které to bylo možné byla úspěšně otestována.

9 Odkazy

- [1] Prospecta – světelné informační systémy s.r.o.
URL: <http://www.prospecta.cz/lekarenske-krize>
- [2] Wikipedia – The Free Encyklopedia – Dot matrix
URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Dot_matrix
- [3] GM elektronik – elektronika, kterou znáte
URL: <http://www.gme.cz/dokumentace/952/952-050/dsh.952-050.1.pdf>
- [4] Wikipedie – Otevřená encyklopedie – Programovatelné hradlové pole
URL: http://cs.wikipedia.org/wiki/Programovatelné_hradlové_pole
- [5] Terasic
URL: <http://www.terasic.com.tw/cgi-bin/page/archive.pl?No=593>
- [6] Wikipedie – Otevřená encyklopedie - VHDL
URL: <http://cs.wikipedia.org/wiki/VHDL>
- [7] Wikipedie – Otevřená encyklopedie – RS232
URL: <http://cs.wikipedia.org/wiki/RS232>

10 Seznam obrázků

Obrázek 3.1 - schéma zapojení maticového displeje	5
Obrázek 3.2 - schéma posuvného registru 4094	6
Obrázek 3.3 - vývojový kit Terasic s FPGA chipem Altera cyclone IV	7
Obrázek 4.1 - schéma jednoho z pěti displejů	9
Obrázek 4.2 - schéma cele matice	9
Obrázek 4.3 - plosny spoj s diodovou maticí	10
Obrázek 4.4 - hotový plošný spoj s diodami	11
Obrázek 4.5 - schéma zapojení jedné diody	14
Obrázek 4.6 - schema části převodníku	16
Obrázek 4.7 - návrh plošného spoje převodníku (druhá verze)	17
Obrázek 4.8 - plošný spoj převodníku (první verze)	18
Obrázek 6.1- Návrh tvarovače signálu	20
Obrázek 7.1- schéma převoníku s chipem FTDI245RL.....	21
Obrázek 7.2 - návrh desky převodníku USB na RS232.....	22