



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Pedagogická fakulta
Katedra informatiky

Bakalářská práce

Tvorba pracoviště pro výrobu desek plošných spojů

Vypracoval: Václav Vítek
Vedoucí práce: Ing. Michal Šerý

České Budějovice 2013

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta pedagogická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav VÍTEK**
Osobní číslo: **P10381**
Studijní program: **B7507 Specializace v pedagogice**
Studijní obor: **Informační technologie ve vzdělávání**
Název tématu: **Tvorba pracoviště pro výrobu desek plošných spojů**
Zadávající katedra: **Katedra aplikované fyziky a techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Metody návrhu DPS (ruční, návrhové programy, ...)
2. Možnosti výroby DPS (osvitové a tepelné přenosem z výstupu z laserové tiskárny)
3. Konstrukce prototypu a řídicího modulu
4. Ověření funkčnosti
5. Vyhodnocení a vytvoření návodu použití

Rozsah grafických prací: podle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: cca 40-50 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- ZÁHLAVA, V.: Návrh a konstrukce desek plošných spojů. Praha, BEN-Technická literatura, 2010. ISBN 978-80-7300-266-4
- ŠANDERA, J.: Návrh plošných spojů pro povrchovou montáž - SMT a SMD. Praha, BEN-Technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-181-0
- SIROVATKO, M., ČERNOCH, B.: Zapojení s integrovanými obvody. Praha, SNTL - Statní nakladatelství technické literatury, 1987, 416 s.
- HRABOVSKÝ, M., JURÁNEK, A.: EAGLE pro začátečníky - návrhový systém pro plošné spoje. Praha, BEN-Technická literatura, 2007. ISBN 80-7300-213-2
- LADMAN, J.: Elektronické konstrukce pro začátečníky. Praha: BEN-Technická literatura, 2002. ISBN 978-80-7300-0
- [Http://hw.cz](http://hw.cz) [online]. 17.5.2005 [cit. 2010-11-02]. Vyroba DPS nažehlením toneru. Dostupne z WWW: <http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART1286-Vyroba-DPS-nazehlenim-toneru.html>
- MLABonline. KÁKONA, Jakub, Jan LAFATA a Milan HORKEL. MLABonline [online]. 03.12.2011 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: http://www.mlab.cz/Articles/HowTo/How_to_make_PCB/DOC/HTML/How_to_make_PCB.cs.html

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michal Šerý
Katedra aplikované fyziky a techniky

Datum zadání bakalářské práce: 27. dubna 2012
Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2013



Mgr. Michal Vančura, Ph.D.
děkan



prof. RNDr. Petr Špatenka, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 27. dubna 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 18.6.2013

.....

Václav Vitek

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé práce Ing. Michalu Šerému za poskytnutí cenných rad, připomínek při zpracování mé práce, trpělivost a veškerý čas, který mi během mé práce poskytl.

Anotace

Tato bakalářská práce pojednává o různých metodách návrhu a výroby desek plošných spojů a jejich výhodách či nevýhodách. Součástí práce je konstrukce prototypu pro domácí výrobu desek plošných spojů. Tento prototyp bude ovládán pomocí mikrokontroléru ATmega32 s inteligentním LCD displejem, jehož funkčnost bude zajištěna správným zapojením všech součástek a naprogramováním v jazyce Bascom.

Klíčová slova

Deska plošných spojů, DPS, ATmega32, Atmel AVR, Bascom, Osvitová jednotka

Abstract

This bachelor's thesis deals with variol methods of design and manufacture of printed circuit boards and their advantages and disadvantages. A part of this thesis is construction of a prototype for the domestic production of printed circuit boards. This prototype will be controlled by a microcontroller ATmega32 with intelligent LCD display, which operations will be ensured by right involvement of all components and by right programming in the language Bascom.

Key words

Printed circuit board, PCB, ATmega32, Atmel AVR, Bascom, Imagesetter

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Teoretický rozbor.....	10
2.1	Deska plošných spojů	10
2.1.1	Druhy DPS	11
2.1.2	Materiály používané k výrobě DPS	12
2.2	Návrh DPS.....	13
2.2.1	Zásady konstrukce plošných spojů.....	13
2.2.2	Programy pro návrh DPS	14
2.3	Výroba DPS.....	15
2.3.1	Subtraktivní metoda	16
2.3.2	Aditivní metoda.....	16
2.3.3	Semiaditivní metoda.....	17
2.3.4	Metody přenesení matrice na plošný spoj.....	20
2.4	Atmel AVR.....	24
2.4.1	Startkity	25
2.4.2	Architektura AVR	25
2.4.3	Programování AVR.....	25
2.4.4	Programovací jazyky a SW	26
3	Sestavení a testování	27
3.1	Výběr vhodných komponent	27
3.1.1	Zdroj UV záření	27
3.1.2	Předřadník	30
3.1.3	Startér	31
3.1.4	Patice	31

3.2	Sestavení osvitové jednotky	32
3.2.1	Zapojení.....	33
3.3	Tvorba řídicího modulu	35
3.4	Ověření funkčnosti	37
3.4.1	Výroba vlastní DPS.....	37
4	Závěr	38
5	Seznam obrázků.....	39
6	Seznam použité literatury	40
7	Přílohy.....	43
7.1	Návod použití osvitové jednotky.....	43
7.2	Zdrojový kód programu v BASCOM-AVR.....	44

1 Úvod

Tématem této bakalářské práce je tvorba pracoviště pro výrobu desek plošných spojů.

Jedním z cílů této práce je shrnutí různých možností výroby desek plošných spojů, ať už metodou ruční, tepelnou či metodou osvitem, a pojednání o jejich výhodách a nevýhodách. Dále budou shrnuty metody návrhu DPS.

Na základě těchto získaných informací bude vytvořen prototyp sloužící pro domácí výrobu DPS. Tento prototyp bude dále disponovat řídicím modulem vytvořeným pomocí mikrokontroléru Atmel AVR, který bude ovládán pomocí tlačítek a jako výstup bude použit LCD zobrazovač. Programování bude uskutečněno v jazyce Bascom.

Při konstrukci prototypu se musí brát v úvahu fakt, že s daným zařízením mohou v budoucnu pracovat také studenti Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, proto musí být při konstrukci dbáno na bezpečnost vytvořeného zařízení.

Na závěr bude ověřena funkčnost prototypu vytvořením zkušební desky plošných spojů.

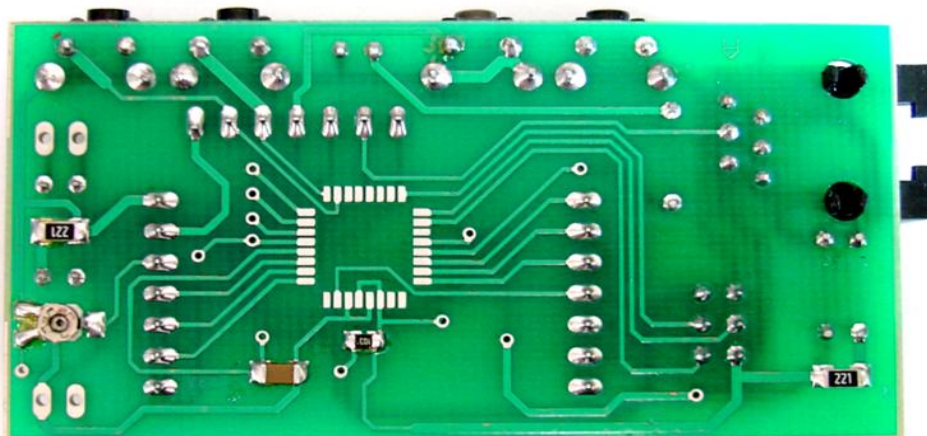
2 Teoretický rozbor

2.1 Deska plošných spojů

Deska s plošnými spoji (zkráceně DPS, anglicky Printed Circuit Board, PCB) se v elektrotechnice používá pro mechanické připevnění a současně pro elektrické propojení elektronických součástek. Je tedy základní složkou montážní technologie všech elektronických celků. Plní funkci nosného prvku součástek, tj. funkci mechanickou a odvádí ztrátové teplo. Funguje jako elektrický a optický propojovací člen mezi součástkami a systémy. [1]

Plošné spoje se začali vyrábět po zjištění, že čára měkkou tužkou na papíře vede elektrický proud. Díky tomuto zjištění vznikl nápad nahradit změř drátů v radio přístrojích, předem připravenou soustavou vodičů. Původní název byl tištěné spoje. Současný název plošný spoj vznikl odvozením od nejpoužívanější techniky zhotovování tištěných spojů chemickým odleptáváním kovu přes masku na předem připravených deskách plátovaných měděnou folií. [2]

DPS musí být spolehlivá i cenově dostupná. Musí vyhovovat požadavkům elektrickým, mechanickým, tepelným, chemickým, klimatickým a v neposlední řadě i optickým. Funkčnost i spolehlivost DPS je ovlivněna dvěma faktory. Prvním faktorem je materiál DPS, druhým je technologie výrobního postupu. [3]



Obr. č. 1 Deska plošného spoje – s montáží SMD; převzato a upraveno z [4]

2.1.1 Druhy DPS

Desky plošných spojů se dělí jednak podle uspořádání vodičů na:

- Jednovrstvé DPS
- Dvouvrstvé DPS
- Vícevrstvé DPS

a podle použitého materiálu na:

- Neohebné DPS
- Ohebné DPS

Jednovrstvé či jednostranné desky plošných spojů mají plošné vodiče umístěny pouze z jedné strany, oproti tomu dvouvrstvé (oboustranné) desky plošných spojů mají vodiče umístěny na vrchní i spodní straně, díky čemu se docílí zmenšení prostoru potřebného pro obvod. Obě strany vodičů se propojují pomocí průchozího pokovení. Při osazování oboustranných plošných spojů se používají SMD součástky pro povrchovou montáž. Díky tomu můžeme plošný spoj osadit z obou stran.

K vývoji vícevrstevných desek vedly stoupající požadavky kladené na nová elektrická zařízení co do technické realizace obvodu, např. zkrácení délky vodičů s cílem zkrátit doby šíření signálu, a požadavky na větší integraci. V tomto případě se uvnitř desky plošných spojů vytvářejí další úrovně obvodů. Dosahuje se toho uspořádáním několika tenkých desek plošných spojů nad sebou. Jednotlivé vrstvy vodičů se elektricky propojují rovněž prostřednictvím průchozího pokovení. [5]

Dále také existují ohebné plošné spoje, které byly původně vytvořené hlavně jako náhražka drátové kabeláže, která měla propojovat více dvojic bodů. Základní výhod spočívají v ohebnosti, nabízí i zvýšenou spolehlivost, lepší kontrolu impedance, úsporu hmotnosti a místa, případně i redukci mechanických konektorů. V současné době se pásy ohebných spojů vyvinuly do montážního prostředku pro analogové i digitální zařízení, které obsahují kombinace vícevrstevných pohyblivých a pevných obvodů. [6]

2.1.2 Materiály používané k výrobě DPS

Základním materiálem pro výrobu DPS je nejčastěji laminát ze skelné tkaniny sycený epoxidovou pryskyřicí. Z jedné nebo obou stran je nalepena měděná folie většinou o tloušťce 17 nebo 35 mikrometrů, pro náročnější účely se používají i větší tloušťky. Tloušťka laminátu bývá od 0,1 mm do 2,5 mm, zřídka větší. Složení nemusí být vždy skelná tkanina v epoxidu. Pro jednodušší výrobky (jako je spotřební elektronika) existují lamináty se základní vrstvou ze speciálního papíru nebo mohou být ze skelné tkaniny pouze vnější vrstvy, mezi nimi je netkaná textilie. Pro vysokofrekvenční obvody se užívá laminát na bázi teflonu. Tloušťka měděné folie je odvozena z její hmotnosti v amerických mírách. Podle této hmotnosti se také kdysi tloušťka označovala: 17 mikrometrů je tzv. jednouncová měď (jedna čtvereční stopa váží jednu unci), 35 mikrometrů je dvouuncová měď. [7]

Značení materiálů; převzato a upraveno z [8]

- FR1 - Papír nasycený fenolformaldehydovou pryskyřicí - laciný druh
- FR2 - Nosným materiálem je několik vrstev celulóзовého papíru spojeného fenolickou pryskyřicí, lze dobře mechanicky opracovávat, není vhodný do vyšších teplot, pro prokovování otvorů. Obsahuje toxické látky.
- FR3 - Papír nasycený epoxidovou pryskyřicí - nosným materiálem je několik vrstev celulóзовého papíru spojeného fenolickou pryskyřicí, lze dobře opracovávat, je vhodný pro použití do teplot 90 °C, nevhodný na prokovování otvorů, doporučuje se na jednostranné DPS.
- FR4 - Tkanina ze skelných vláken sycená epoxidovou pryskyřicí – nejběžnější druh. Nosným materiálem je několik vrstev skelné rohože spojené epoxidovou pryskyřicí. Vhodný pro obrysové frézování, mechanicky odolný, má vysokou ohybovou pevnost a tepelnou odolnost do 130 °C. Určen pro prokovení otvorů, je vhodný na nejnáročnější aplikace DPS.

- FR5 - Tkanina ze skelných vláken sycená epoxidovou pryskyřicí - zvláště tepelně odolný.
- FR6 – Skelná rohož napuštěná polyesterovou pryskyřicí.
- G30 – Polyamid-sklotextil – pro tepelně více namáhané konstrukce, základem je jako u FR4 pryskyřice, s tím rozdílem, že její teplota tání je až 260 °C.
- CEM1 - nosný materiál je konstruován kombinací celulózového papíru spojeného epoxidovou pryskyřicí pro vnitřní vrstvy a nalaminovanou vrstvou vyztužující skelné rohože pro vnější vrstvy, má zvýšenou mechanickou odolnost a odolnost proti tepelnému rázu a klimatickým podmínkám, není vhodný na prokovení otvorů.

2.2 Návrh DPS

2.2.1 Zásady konstrukce plošných spojů

Devatenáct zásad, jimiž by se měl řídit každý, kdo navrhuje plošný spoj pomocí nějakého počítačového programu.

- 1) Určení šířky spoje podle velikosti procházejícího proudu přičemž
 - Tloušťka spoje je dána tloušťkou měděné fólie
 - Proudová hustota je okolo $5 A \times mm^{-2}$
- 2) Šířka mezer mezi spoji musí být úměrná užitému napětí
- 3) Vodič musí být dostatečně vzdálený od hran desky
- 4) Vodiče se nesmí napojovat pod ostrým úhlem
- 5) Pro více vývodů se nevytvářejí společné pájecí plochy
- 6) Přednostně je nutno rovnoměrně rozmístit těžké součástky (relé, cívky s jádry, apod.), aby nekroutili desku
- 7) Ostatní součástky se rozmísťují podle schématu, jež automaticky vytvoří počítač, tímto schématem je zajištěna co nejmenší délka spojů
- 8) Válcovité součástky (rezistory, kondenzátory, apod.) se umísťují orientované v jednom směru

- 9) Křížení vodičů se řeší umístěním vhodné součástky, která příčný spoj přemostí
- 10) Rozměry vícevrstvé desky plošných spojů by neměly být větší než 340 mm × 260 mm
- 11) Vícevrstvé spoje nelze zhotovovat podle ruční předlohy
- 12) Pro výrobní účely se schéma navrhuje podle počítačových programů, které vycházejí z těchto zásad [2]

2.2.2 Programy pro návrh DPS

Postup výroby elektronických zařízení lze rozdělit do jednotlivých kroků. Tím vzniká následující technologický řetězec:

- Návrh obvodu
- Simulace obvodu
- Návrh plošného spoje
- Simulace tepelného, proudového a napětového zatížení obvodu a parazitních jevů při daném rozložení na plošném spoji
- Výroba matrice
- Výroba plošného spoje
- Osazení plošného spoje
- Testovací měření

Řetězec musí být provázán tak, aby změna v jednom bodu řetězce způsobila změny ve všech ostatních bodech. Díky modernímu přístupu výroby plošných spojů dochází k využívání výpočetní techniky ve všech bodech tohoto technologického řetězce. Programy, jež se používají k návrhu, se obecně označují EDA (Electronic Design Automation).

Ze součástí návrhového řetězce se výpočetní technika začala užívat nejdříve právě při návrhu plošného spoje. V dnešní době existuje řada návrhových systémů. Liší se zejména svým zaměřením, složitostí a cenou. [9]

Jedním z nepoužívanějších návrhových programů u nás je program EAGLE. Dalším hojně používaným programem u nás je program Formica.

Samozřejmě existuje ještě spousta jiných dosti používaných programů jako například Altium Designer, Electronic Workbench, Expres PCB apod. Při výběru vhodného SW záleží vždy na požadavcích uživatele, názory na „nejlepší program“ se tedy často liší.

2.2.2.1 EAGLE

Jeden z nejoblíbenějších návrhových programů plošných spojů, jež vyvíjí německá firma CadSoft Computer GmbH. Oblíbenost EAGLU spočívá zejména v relativní jednoduchosti oproti jiným programům a přitom se s ním dají při troše pečlivosti vytvářet DPS na profesionální úrovni. Program je dostupný buď v základní placené verzi nebo v tzv. „LIGHT“ verzi, jež je volně přístupná pro nekomerční využití. Tato verze má však tato omezení:

- Maximální velikost desky 100 × 80 mm
- Vytváření pouze jednovrstvých či dvouvrstvých DPS
- Nemožnost rozdělení schéma do více listů

Proti tomu je v placené verzi možné vytvářet desky o nejvyšším rozměru 1,6 × 1,6 m s až 16 signálovými vrstvami a jedno schéma lze rozdělit do 99 listů. [9]

2.3 Výroba DPS

Desky plošných spojů se vyrábějí více způsoby. Nejpoužívanější jsou tři následující metody:

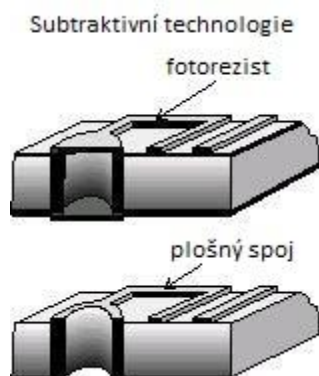
- Subtraktivní (odčítací)
- Aditivní (přídavná)
- Semiaditivní (polopřídavná)

Tyto metody se liší v odleptávání či nanášení mědi a vodivých cest na desku plošných spojů.

2.3.1 Subtraktivní metoda

Subtraktivní metoda je nejznámější tým, kteří si někdy zkusili vytvořit plošný spoj v domácím prostředí. Tato metoda pracuje na principu odleptávání základního materiálu s měděnou fólií. Tento postup se vyznačuje zejména nízkou výrobní cenou.

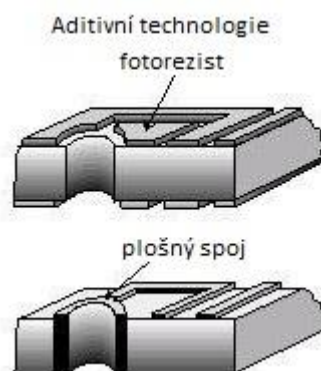
Bohužel je problematické použití základních materiálů s plátovanou 35 μm silnou měděnou fólií s jemnou roztečí, u kterých může dojít k podleptání. Řešením tohoto problému bylo použití tenčí měděné fólie o tloušťce 17,5 μm , 10 μm či 5 μm . Tenká tloušťka 5 μm se připravuje elektrolytickým vylučováním mědi na hliníkovou fólii, která slouží jako nosič a ochrana proti oxidaci a při manipulaci. Používá se například hliníková fólie tloušťky 40 μm , která se po vyvrtání bez obtíží odleptá v kyselině chlorovodíkové. [10]



Obr. č. 2 Subtraktivní technologie; převzato a upraveno z [11]

2.3.2 Aditivní metoda

Výroba plošných spojů pomocí aditivní metody spočívá v nanášení vodivých cest přímo na desku plošných spojů. Odpadá tedy metoda leptání a s ní spojené problémy (podleptání, zkraty způsobené oddělenými převisy, zpracování odpadu z leptání). Měď se nanáší chemicky bez přítomnosti elektrického proudu. Výhoda této metody proti subtraktivnímu procesu je, že nedochází k prohnutí či zkroucení desek, zapříčiněným vnitřním pnutím výchozího materiálu s měděnou fólií. [10, 12]



Obr. č. 3 Aditivní technologie; převzato a upraveno z [11]

2.3.3 Semiaditivní metoda

Upraveno podle [12].

Touto metodou lze vyrábět jak jednostranné, tak i dvoustranné a vícevrstvé desky plošných spojů. Ukážeme si, jak se pomocí této metody vyrábí dvoustranná deska plošných spojů.

Nejdříve se musí vykreslit filmové matrice, případně vytvořit výrobní kopie. Filmové matrice se vykreslují na fotoplotru. Toto zařízení vykreslí pomocí laseru požadovaný motiv na fotocitlivou fólii. Motiv je vykreslován s přesností 1-10 μm . Výše zmíněné výrobní kopie se vytvářejí z matic osvitem na fotocitlivý materiál a používají se hlavně při sériové výrobě.

Po vytvoření matrice je na řadě formátování základního materiálu. Tímto materiálem je pro semiaditivní postup nosná deska, plátovaná z obou stran měděnou fólií. Toto formátování spočívá v nastřížení plátované desky na předem daný rozměr, vyvrtání montážních otvorů a obroušení hran po ostříhu.

- Nosná deska může být vytvořena z tvrzeného papíru, teflonu, kaptonu, polyamidu, invaru na hliníkové desce atd. Nejčastěji se však používá skelný laminát plněný epoxidovou pryskyřicí, který se označuje FR4.
- Měděná fólie může mít různé tloušťky. Standardně se používá tloušťka 18 μm . Plátování na nosnou desku probíhá pod vysokým tlakem a teplotou.

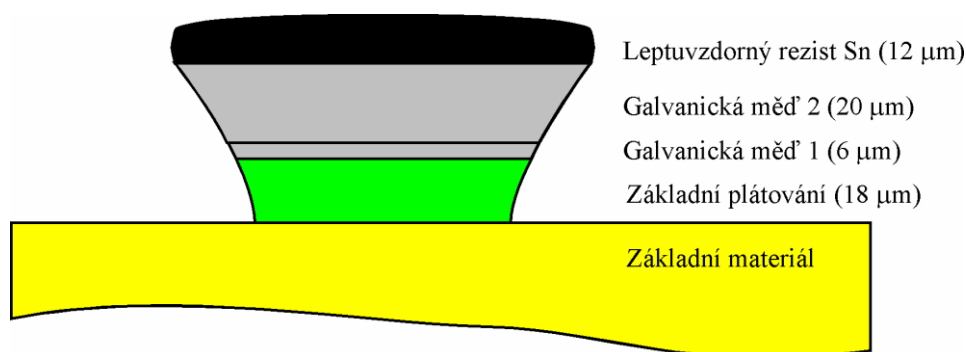
Po formátování nastupuje vrtání, které probíhá nejčastěji na souřadnicové vrtačce. Dále je třeba vyčistit vyvrtané otvory a odstranit otřepy po vrtání. Používají se různé průměry vrtáků od 0,4 mm do 0,1 mm. Otvory větších průměrů se frézují. Po vyvrtání je třeba desku připravit k prokovení otvorů. Pomocí kartáčování se začistí otřepy děr a dále se z povrchu mědi musí odstranit mastnoty a jiné nečistoty.

Prokovení otvorů se provádí metodou přímého prokovu. Postup je následující:

- Chemicky se vyčistí vrtané otvory a naruší se povrch základního materiálu, čímž se obnaží skelná výztuha laminátu.
- Do upraveného otvoru se elektrostaticky nanese 0,1 μm vrstva palladia. Tím se vodivě propojí ově strany plošného spoje.
- Nakonec se galvanicky nanese 6 až 8 μm mědi.

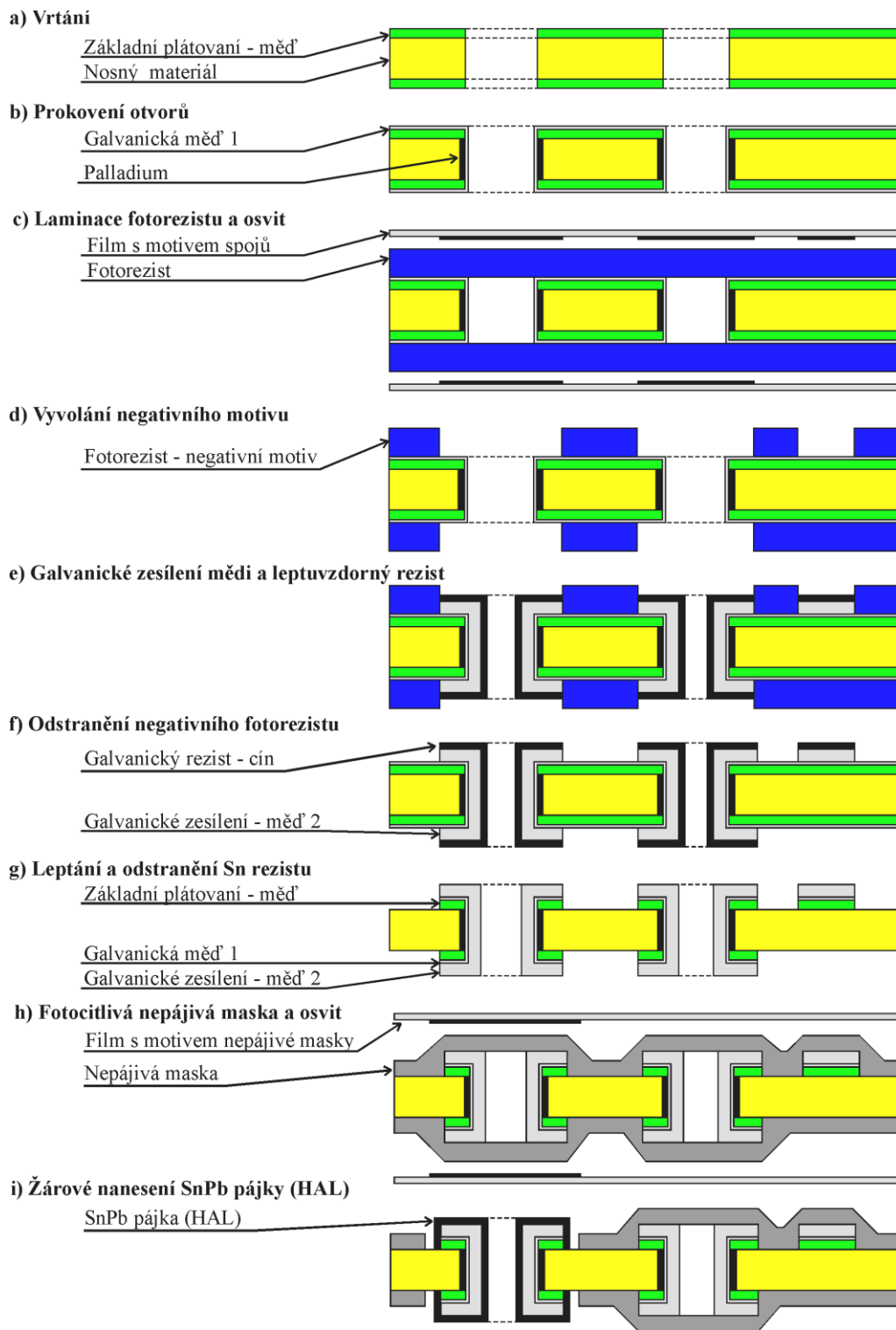
Dalším krokem je laminace fotorezistu, osvit motivu a vyvolání negativního motivu. Jako fotorezist se může použít fólie fotocitlivého polymeru, která se naválcuje na prokovenou desku v laminátoru nebo tekutý rezist který se na desku nastříká. Před nanášením musí být deska opět vyčištěná a odmaštěná. Následuje osvit UV výbojkou či jiným zdrojem UV záření.

Na místa odkrytá fotorezistem se nanese leptuvzdorný rezist a provede se galvanické zesílení mědi. Poté je deska připravená pro leptání. Na následujícím obrázku (*obr. č. 4*) vyniká výhoda semiaditivní metody výroby plošných spojů. Výsledná tloušťka spoje je větší než odleptávaná hloubka.



Obr. č. 4 Reálný profil leptaného spoje; převzato z [12]

Následující obrázek popisuje celý postup výroby dvoustranných plošných spojů pomocí semiaditivní metody.



Obr. č. 5 Znárodnění semiaditivního postupu výroby dvoustranných plošných spojů;
 převzato a upraveno z [12]

2.3.4 Metody přenesení matrice na plošný spoj

U subtraktivní či semiaditivní metody můžeme také rozlišovat způsoby přenesení předlohy (matrice) na desku plošných spojů, která chrání měď před leptáním. Jedná se o tyto metody:

- Ruční kreslení
- Nažehlení
- Fotocesta
- Vykreslení pomocí plotteru

2.3.4.1 Metoda ručního kreslení

Možná nejstarší způsob přenesení matrice na desku plošného spoje. Tato metoda je vhodná hlavně pro výrobu prototypů jednodušších desek plošných spojů. Touto metodou se pomocí speciálních fixů překresluje obrazec spojů.

Nejdříve je třeba si z návrhového systému vytisknout předlohu v měřítku 1:1. Podle předlohy se z kuprextitu vyřízne potřebný tvar desky a začistí se okraje. Dále se na připravenou desku umístí vytisknutá předloha a pomocí jehly či nějakého malého důlčíku se přenesou poloha všech děr. Předloha by měla být pevně připevněná k desce, například pomocí obyčejné lepicí pásky.

Následně odstraníme z desky předlohu a námi vyznačené díry vyvrtáme příslušnými vrtáky. Tímto způsobem nám vznikne přehledný rastr otvorů budoucího plošného spoje. Po vyvrtání otvorů vyznačíme okolo nich pájecí body. Tyto body spojíme čarami tak, jak to máme nakreslené v předloze. Obecně platí pravidlo, dvakrát měř a jednou řež, tudíž je vhodné se neustále ujišťovat, zda je váš postup správný. Nakonec celou desku ještě jednou překontrolujeme. Případné nedokonalosti či přetahy můžeme vyretušovat pomocí rýsovací jehly.

Nyní je deska připravena k leptání. To by mělo následovat v co nejkratším intervalu po překreslení předlohy. Výsledek by nám totiž mohla nepříznivě ovlivnit oxidace mědi. [13]

2.3.4.2 *Metoda nažehlení toneru*

Tato metoda je často využívána při amatérské výrobě desek plošných spojů v domácích podmínkách a je stejně jako předchozí metoda vhodná zejména pro výrobu prototypů. Její výhodou je převážně jednoduchost, rychlost a nízké náklady oproti fotocestě. K tepelnému přenosu, který je potřeba pro přenesení toneru z papíru na měď, se může použít obyčejná žehlička na prádlo. Proto se této metodě říká „metoda nažehlením“.

Princip spočívá v přenesení toneru z předlohy, která musí být vytisknutá pomocí laserové tiskárny, na měděnou fólii DPS. Předlohu je nejlepší tisknout na barevné lepící papíry nebo lesklé katalogové papíry (plakáty). Z těchto papírů se toner přenáší mnohem lépe než z obyčejného kancelářského papíru.

Nejdůležitější operací je nažehlení. Rozložení vrstev je následující:

- Tvrdá podložka (stůl)
- pružný podklad (např. utěrka přeložená na půl)
- papír s natištěnou předlohou
- deska cuprexitu (měď směrem k natištěné předloze)
- ochrana plochy žehličky (např. standardní papír)
- žehlička

Nastavení teploty se může lišit podle daného typu žehličky. Podle [14] byla nastavena teplota na 2 puntíky a doba žehlení byla okolo 2 minut.

Nejprve je třeba prohrát desku, v tomto případě na žehličku nijak netlačíme. Zhruba po minutě, kdy je deska již prohrátá, se může na žehličku jemně tlačit (přítlak cca 1 kg). Důležitá je rovnoměrnost přítlaku.

Po nažehlení je papír s předlohou na desku těsně přilehlý. Papír s deskou vložíme do misky s vodou a čekáme, dokud se papír od desky samovolně zcela neodlepí. Po osušení je třeba desku zkontrolovat. Případné nedostatky se mohou opravit speciálním fixem, který se používá pro ruční kreslení plošných spojů. Dále je deska připravená k leptání, natření pájitelným lakem apod.

Problém v použití této metody vyvstává v nutnosti správné teploty nažehlování a rovnoměrnosti přítlaku na desku. Pokud je teplota při

nažehlování nízká dochází k neúplnému přenosu toneru na desku. Naopak pokud je teplota příliš vysoká, může dojít k rozlití toneru a případnému spojení vodivých cest. Dalším problémem je výroba větších desek plošných spojů, kde by se muselo přejíždět žehličkou po celé ploše. [14]

2.3.4.3 Fotocesta

Tato metoda je opět hojně využívána při amatérské výrobě DPS v domácím prostředí. Na rozdíl od předchozích metod je však vhodná pro malosériovou výrobu 5 a více kusů a desky vyrobené fotocestou působí profesionálním dojmem.

Fotocitlivá vrstva

Při této metodě se používá deska kuprexitu s fotocitlivým lakem reagujícím na UV záření. Tyto desky se dají buď koupit již hotové, nebo se na obyčejnou desku lak nanese manuálně. Desky s již nanesenou fotocitlivou vrstvou jsou však zbytečně drahé, a pokud se proces nasvícení nepovede na poprvé, není možno ho opakovat. Oproti tomu manuálně nanesený lak lze po špatném osvícení lehce smýt a desku je možno použít znovu.

Nanášení fotocitlivé vrstvy je velmi náročný proces na pečlivost. Deska musí být perfektně odmaštěná a očištěná od prachu a jiných nečistot. Každé zrnko prachu může znamenat přerušení spoje, zejména zrnko tzv. odpudivého prachu, jež od sebe odpuzuje fotoemulzi. Mimo dokonalého očištění desky je nutno dbát na rovnoměrný ostřík a rozlití emulze.

Emulze se musí po nanesení nechat zaschnout a vytvrdit. Zasychání probíhá při běžné pokojové teplotě zhruba do hodiny a vytvrzení do 24 hodin. Při zvýšení teploty na 70 °C dojde k vytvrzení za 15 minut. Vytvrzení i skladování desek s nanesenou fotoemulzí musí probíhat po tmě.

Výroba předlohy

Výroba předlohy se může lišit podle druhu použité emulze. Existují dva různé druhy emulzí, podle kterých se liší způsob vytváření předlohy:

- Positivní
- Negativní

Positivní fotoemulze je citlivá na osvětlení. To co je osvětleno se následně rozpustí ve vývojce. Předloha se proto tiskne tak, aby toner zakrýval vodivé cesty plošného spoje.

Negativní fotoemulze pracuje přesně naopak. To co je osvětleno, emulze chrání před rozpuštěním ve vývojce a následně při leptání. Předloha se tedy tiskne způsobem, kdy toner zakrývá všechno ostatní kromě vodivých cest. Práce s negativní fotoemulzí má oproti pozitivní fotoemulzi spoustu výhod. Nanášení emulze není tak náchylné na čistotu jako u pozitivní, je tedy menší riziko trhlin na vodivých cestách. Dále při osvětlování negativní fotoemulze nedochází k nežádoucímu podsvícení předlohy.

Při výrobě matrice je důležitý také materiál, na který se předloha tiskne. Obyčejný kancelářský papír je pro svou neprůsvitnost nevhodný. Dá se sice lehce zprůsvitnit pomocí spreje Transparent 21, ale existují i lepší varianty. Mezi tyto „lepší“ varianty patří například vytištění laserovou či inkoustovou tiskárnou na fólii pro zpětný projektor. Tyto fólie jsou naprosto průhledné a musí být vybírány právě podle používané tiskárny (inkoustová, laserová). Nevýhodou těchto fólií může být špatné krytí toneru (zejména velkých míst) a přílišná cena fólií. Nejvhodnější je tisk inkoustovou tiskárnou na pausovací papír. Tento papír je průsvitný a při správném nastavení tisku je krytí toneru velmi dobré. [15]

Osvit

Pro správný osvit DPS je potřebný zdroj UV záření. Tímto zdrojem může být například rtuťová výbojka, horské sluníčko, panel z UV LED diod či UV zářivka. Doba osvitu a vzdálenost umístění zdroje ultrafialového záření od desky se liší podle použitého zdroje a jeho výkonu.

Před osvitem je třeba matici pevně umístit na DPS tonerem k desce. To proto, aby nedošlo k podsvícení předlohy. Podsvícení předlohy má za následek zúžení vodivých cest a následnou nefunkčnost DPS. [15]

Vyvolávání

Vyvolávání se provádí v roztoku hydroxidu sodného (NaOH). Vyvolání v roztoku probíhá při pokojové teplotě, tak že se krouživým pohybem promíchává roztok v nádobě. Deska se do roztoku pokládá fotoemulzí nahoru, aby bylo dobře vidět její rozpouštění. V optimálním případě by se fotoemulze měla rozpustit cca do dvou minut. Pokud se emulze nerozpouští, expozice byla buď příliš krátká, nebo je vývojka málo koncentrovaná. Naopak pokud desku sotva namočí a emulze se téměř okamžitě rozpustí, důvodem je příliš dlouhá doba expozice či příliš koncentrovaná vývojka.

Hydroxid sodný je silná žíravina, proto je při práci s ním třeba dbát jisté opatrnosti. [15]

2.3.4.4 Vykreslení pomocí plotteru

Dalším způsobem vykreslení matrice na DPS je použití plotteru. Plottery používají jazyk HPGL, který rovnou generuje například program Eagle používaný pro návrh DPS.

2.4 Atmel AVR

ATMEL AVR je označení pro 8bitové mikrokontroléry typu RISC. Využívají koncepci Harwardské architektury, což znamená, že mají oddělenou paměť pro data a pro program. Tyto 8bitové mikroprocesory dosahují takové početní výkony, které jsou typické pro 16bitové procesory. Mikroprocesory AVR se vyrábějí ve dvou řadách, ATtiny a ATmega. Liší se v počtu instrukcí. Většina mikroprocesorů z řady ATmega obsahuje navíc rozhraní JTAG, které se používá pro ladění softwaru přímo v aplikaci. Mikroprocesory se také liší použitými obvody. Je to například velikost paměti SDRAM,

FLASH a EEPROM, počtem čítačů/časovačů a jejich rozlišením, počtem portů, výskytem A/D převodníku a spousty dalších obvodů. [16, 17, 18]

2.4.1 Startkity

Úkolem všech startkitů je zajistit mikroprocesoru potřebné napájecí napětí, zdroj hodinových impulsů, možnost resetování obvodu a připojení dalších prvků pomocí dostupných konektorů. Startkit si tedy můžeme představit jako zařízení pro první testování programu. Výrobci pro své mikroprocesory dodávají vlastní startkity. Bohužel tyto startkity bývají pro amatérské bastlíře finančně nedostupné nebo představují zbytečnou investici. Většina šikovných elektrotechniků si totiž takový jednoduchý startkit dokáže sestrojít sama a to za minimální náklady. [18]

2.4.2 Architektura AVR

AVR jádro se skládá ze 32 stejných 8bitových registrů, které mohou obsahovat data či adresy. Posledních 6 registrů lze používat ve dvojici jako ukazatele adresy pro nepřímé adresování paměti dat. Tyto registry se označují písmeny X, Y, Z, a dovolují libovolné ukládací operace. Programátor si například může vybrat, zda ukazatel adresy bude po zpracování instrukce inkrementovat či před zpracováním této instrukce dekrementovat. [18]

Architektura AVR má 5 adresovacích módů pro paměť dat:

- Přímé adresování
- Nepřímé adresování
- Nepřímé adresování s posunutím (6bitový posun)
- Nepřímé adresování s dekrementací ukazatele adresy před zpracováním instrukce
- Nepřímé adresování s inkrementací ukazatele adresy po zpracování instrukce

2.4.3 Programování AVR

Mikroprocesory AVR je možno programovat paralelně či sériově, přímo v systému. Při paralelním programování se využívá toho, že obvod je navržen tak, aby se po připojení programovacího napětí na určitý pin obvodu provedlo

přepnutí vývodů z normálního režimu I/O portů, na adresové a datové vývody vnitřní paměti. Poté je možné paralelně zaznamenat data do paměti a po naprogramování se obvod opět přepne zpět. Nevýhoda paralelního programování je, že je nutné mikroprocesor odpojit od všech obvodů a umístit ho do programátoru. Při sériovém programování tato nevýhoda odpadá. Mikroprocesor zůstává v aplikaci a pomocí několika signálů připojených na programátor ho lze jednoduše naprogramovat. Převážně se využívá signálů MOSI, MISO, SCK a RESET. Tomuto programování se říká ISP. [17]

2.4.4 Programovací jazyky a SW

Mikroprocesory AVR lze programovat pomocí spousty programovacích jazyků. Například v jazyce ASM, C, Pascal, Assembler či Bascom. Je tedy logické, že existuje také velké množství softwaru, usnadňující programování mikroprocesorů AVR. Některé programy jsou, tak jak to bývá, zdarma a jiné zase placené. Zdarma si lze například stáhnout AVRstudio, jež je přímo od Atmelu. Tento program je určen pro ladění programu a lze si ho celý postupně odkrokovat a odsimulovat. Tímto způsobem je možné najít v programu spoustu chyb. Při použití speciálního programátoru lze přes tento program mikrokontrolér i naprogramovat. Pro programování v jazyce C se nejčastěji používá WinAVR, který je zdarma nebo CodeVisionAVR, který je placený. Při programování v jazyce Bascom se pak nejčastěji používá program BASCOM-AVR, který je placený, ale lze ho používat také zdarma v demo verzi, která pracuje s kódem o maximální velikosti 4kB. [17]

3 Sestavení a testování

Rozhodl jsem se pro výrobu plošných spojů metodou fotocesty. K této metodě je potřebný zdroj ultrafialového záření. Používají se například horská sluníčka, rtuťové vysokotlaké výbojky, UV zářivky či UV LED diody.

3.1 Výběr vhodných komponent

3.1.1 Zdroj UV záření

Nejjednodušší pro výrobu osvitové jednotky by bylo použití horského sluníčka či rtuťové výbojky. Tyto zdroje UV záření lze snadno a lacino sehnat v bazarech či sběrných dvorech. Dále se také člověk nemusí zabývat složitějším zapojením, jako je to například v případě UV LED diod. Stačí pouze umístit zdroj záření na nějaký stojan do vzdálenosti cca 20 – 30 cm od desky plošného spoje a svítit zhruba 10 – 20 minut. Přičemž vzdálenost a doba osvitu je ovlivněna výkonem zařízení. Jejich výhodou tedy spočívá v lehké dostupnosti, nízké ceně a snadném zapojení.

Hlavní nevýhoda horských sluníček je vyzařování krátkovlnného UVC záření, které způsobuje vznik ozónu a je karcinogenní. Oproti tomu hlavní nevýhody rtuťové výbojky (vysokotlaké) spočívají ve vysoké spotřebě energie a špatné použitelnosti. Produkuje hodně tepla a před použitím se musí dlouho nahřívat. Po vypnutí je zase nutno počkat, dokud výbojka úplně nevystydně, aby se mohla znovu zapnout. [19]



Obr. č. 6 Rtuťová vysokotlaká výbojka z pouličního osvětlení; převzato z [15]



Obr. č. 7 Staré horské sluníčko; převzato z [15]

Dále je možné k osvětlení použít výše zmíněné UV LED diody. Jejich použití spočívá v tvorbě panelu osazeného diodami. Množství diod na panelu se volí podle velikosti panelu, výkonu diod a úhlu osvětlení diod. Například na panel o rozměru 160 x 220mm, což není ani velikost A4, bylo podle [20] použito 396 ks UV LED diod. Mezi hlavní výhody možnosti osvětlení UV LED diodami patří hlavně skladnost a bezpečnost. Díky velmi měkkému UV záření a práci s relativně nízkým napětím je tato metoda osvětlení nejbezpečnější. Díky tomu je práce s UV LED panely vhodná například v různých zájmových kroužcích, kdy s nimi mohou pracovat i děti. [15]



Obr. č. 8 Panel s UV LED diodami; převzato a upraveno z [20]

Po zvážení předchozích variant výběru zdroje ultrafialového záření jsem se nakonec rozhodl pro použití UV zářivek. Tzv. zářivka je vlastně nízkotlaká rtuťová výbojka. Potřebuje tedy podobně jako vysokotlaké rtuťové výbojky startér a k tomu navíc tlumivku, která omezuje protékající proud v obvodu. Kombinace startér a tlumivka (elektromagnetický předřadník) může být nahrazena novějším elektronickým předřadníkem.

Zářivky se dělí podle konstrukce na tyto základní typy:

- Lineární (trubicové)
- Kompaktní (různé tvary, nejznámější tvar U)

Lineární zářivky se dále dělí podle průměru trubic:

- T12 – 38mm
- T8 – 26mm
- T5 – 16mm
- T4 – 11mm

K příslušným typům lineárních zářivek se vyrábějí příslušné patice. Pro zářivky typu T12 a T8 jsou patice značené G13, pro zářivky T5 a T4 jsou patice značené G5. [21]

Počet a rozměr zářivek byl vybrán pro dosažení osvětovací plochy velikosti A4. Konkrétně 5 zářivek průměru T5 s délkou 28,8 cm, jež jsou umístěny pod víkem skeneru podélně.

Poslední problém při výběru vhodných UV zářivek bylo zvolení typu vyzařovaného UV spektra. Na fórech jsem se dočítal různé věci, někdo tvrdil, že světlocitlivý lak reaguje pouze na UVC záření, jiný na UVA. Nakonec jsem musel kontaktovat tvůrce podobné osvitové jednotky, který mi potvrdil mou domněnku. Je jedno, jaký typ UV záření je zvolen. Světlocitlivý lak reaguje na všechny druhy, rozdíl je pouze v drobných odchylkách doby osvitu.

Díky této informaci jsem se jednoznačně rozhodl pro zářivky typu UVA, jež se používají například na diskotékách a vyzařují zdraví nezávadné UV záření. Proti tomu se totiž UVC (tzv. germicidní) zářivky používají např. k desinfekci

pokoju v nemocnicích. Vyzářují zdraví škodlivé krátkovlnné UV záření, jež je karcinogenní a vytváří ozón.

3.1.2 Předřadník

Při výběru jsem se rozhodoval mezi elektronickým a elektromagnetickým předřadníkem. Tzv. elektromagnetický předřadník je kombinace startéru a tlumivky, jež se propojí se zářivkou. Elektronické předřadníky jsou novější a skýtají spoustu výhod oproti druhé variantě. Mají například menší spotřebu elektrické energie a eliminují stroboskopický efekt, čímž prodlužují životnost zářivek. Problém však je, že elektronické předřadníky se dělají na zářivky s minimálním jmenovitým výkonem 18 W a cena se pohybuje okolo 200 – 300 Kč za kus.

Tlumivky v kombinaci se startérem jsou znatelně levnější. Například pro 2 lineární zářivky o výkonu 8 W může být použita jedna tlumivka s výkonem 18W a dva startéry. Celková cena za tlumivku se startéry se vyšplhá na hranici stokoruny. V tomto případě však musí zářivky být propojeny sériově s tlumivkou. K mnou vybraným pěti zářivkám jsem tedy koupil pět startérů, jednu tlumivku s výkonem 7 – 11W a dvě tlumivky s výkonem 18W, ke kterým budou vždy sériově připojeny dvě zářivky. Na následující obrázku jsou zobrazeny použité tlumivky (2 x 18W a 1 x 7-11W)



Obr. č. 9 Použité tlumivky

3.1.3 Startér

Pro dané zářivky jsem vybral startéry od firmy Philips řady S2. Tyto startéry lze speciálně použít pro jednotlivé i sériové zapojení zářivek o výkonu 4 – 22W. Tyto startéry s přívlastkem ecoclick jsou vyráběny z nehořlavého plastu a bez jakýchkoliv radioaktivních materiálů. Životnost těchto startérů je 10 000 hodin a je garantovaná spolehlivost na minimálně 10 000 spínacích cyklů. Navíc díky bezpečnému přehřívání elektrod a dostatečnému proudu prodlužují životnost zářivek až o 25%. [22]



Obr. č. 10 Použité startéry a jejich patice

3.1.4 Patice

Pro správné propojení a snadné umístění komponent do krabice je třeba koupit příslušné patice. Každá zářivka typu T5 potřebuje dvě patice typu G5 a každý startér potřebuje také příslušnou patici. Na obrázku č. 10 jsou zobrazeny použité startéry a jejich patice.

3.2 Sestavení osvitové jednotky

Abych mohl vybrat vhodné zářivky, musel jsem nejprve zvolit konstrukci celého zařízení. Původně bylo v plánu vytvořit železnou krabici s šuplíkem, kde by se na vrch zavěsily zářivky, a svítilo by se ze vzdálenosti 15 – 25 cm. Toto zařízení by však bylo zbytečně těžké, velké a nehezké. Proto bylo od tohoto plánu upuštěno. Další návrh, bylo použití nějakého starého vykuchaného skeneru, do kterého by se umístily všechny komponenty a zářivky by svítily ze spodu přes sklo na plošný spoj.

Problém byl však v obstarání skeneru, do kterého by se vešly všechny potřebné komponenty. Nakonec jsem se rozhodl, že si vyrobím dřevěnou bednu o trochu větší, než byly rozměry největšího skeneru, který se mi podařilo obstarat. Z tohoto skeneru jsem použil akorát vršek, do kterého se dá dobře upevnit sklo.



Obr. č. 11 Bedna pro osvitovou jednotku

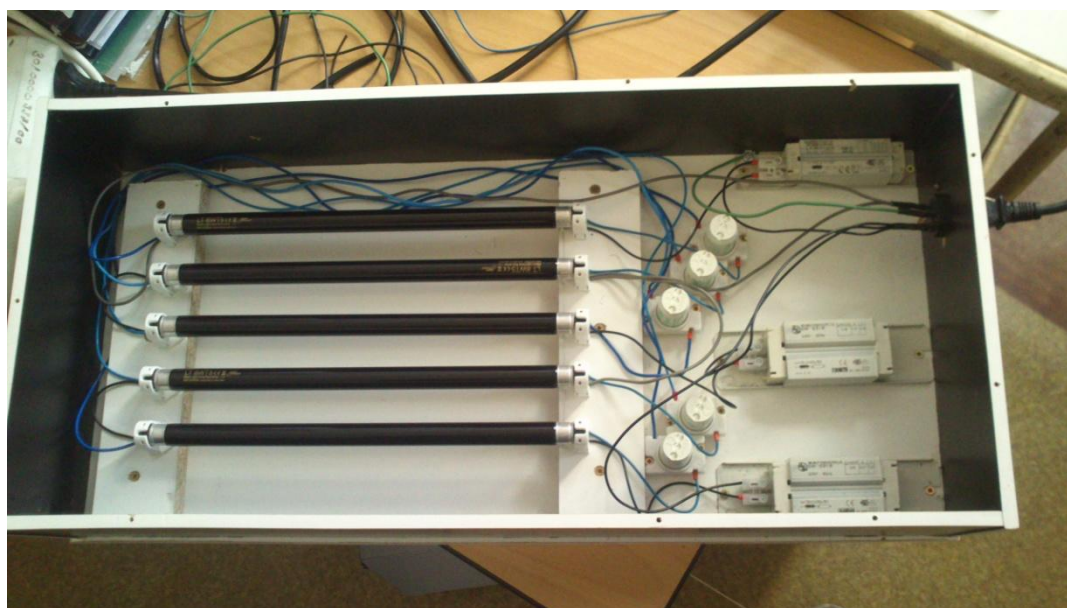
Jak je vidět na obrázku č. 11, vytvořená bedna byla oproti skeneru delší a hlubší. Do prodloužené části byly nainstalovány tlumivky a startéry. Zářivky byly umístěné pod víko skeneru, kam byla přidána dvě prkýnka jako podklad pro patice k zářivkám. Díky těmto podstavcům se zmenšila vzdálenost osvětování i potřebná doba osvitu.



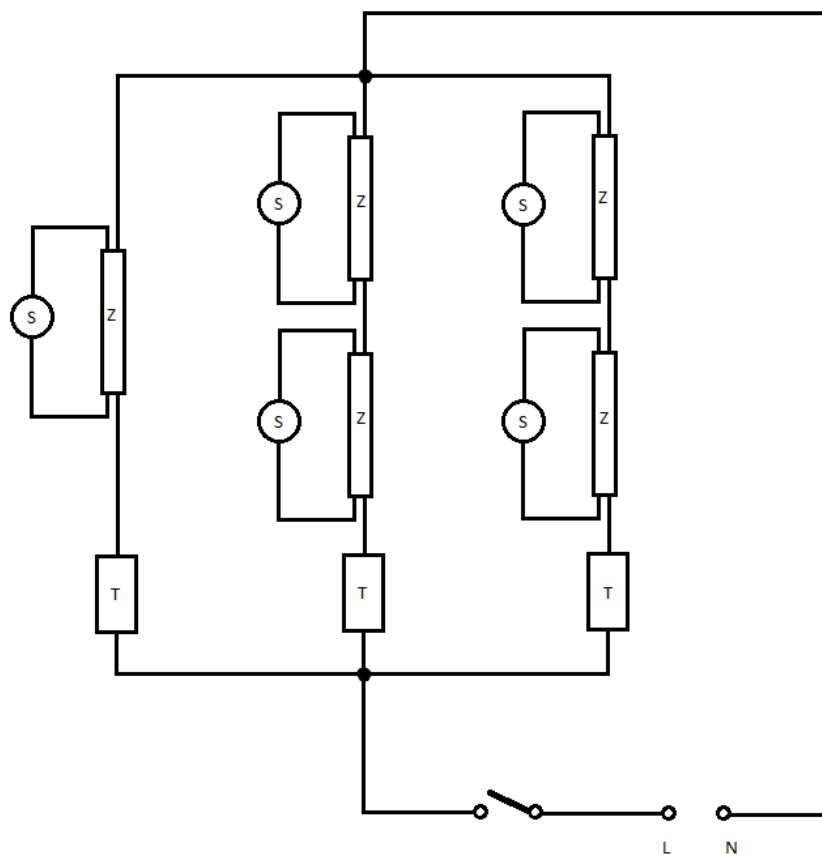
Obr. č. 12 Umístění součástek v bedně

3.2.1 Zapojení

Zářivky byly zapojeny po dvou v sérii na dvě 18W tlumivky a jedna samostatně na tlumivku o výkonu 7 – 11W. Ke každé zářivce je navíc paralelně připojen startér. Tlumivky jsou mezi sebou připojeny také paralelně. Do obvodu je možno externě připojovat časovač s displejem naprogramovaný pomocí AVR Atmel, který řídí osvit.



Obr. č. 13 Zapojená osvitová jednotka



Obr. č. 14 Schéma zapojení zářivek, upraveno dle [23]

Do osvitové jednotky byl přidán navíc alobal, který je umístěn pod zářivkami. Odráží tedy UV záření ode dna a zajišťuje tím lepší svítivost celého zařízení.



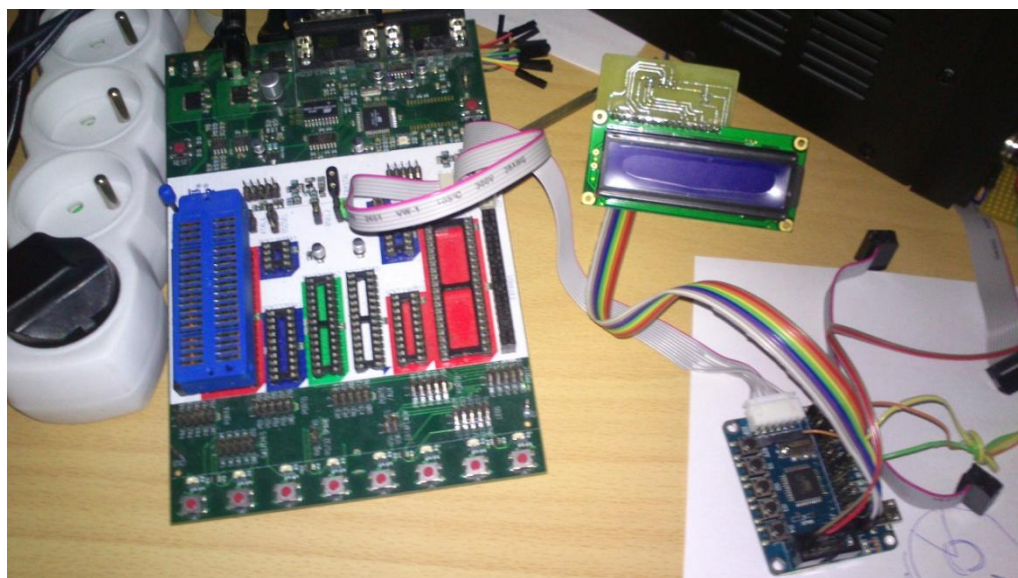
Obr. č. 15 Rozsvícená osvitová jednotka s alobalem a krytem

3.3 Tvorba řídicího modulu

Řídicí modul byl vytvořen za cílem ovládat přívod napájení do osvitové jednotky pomocí časovače. Součástí tohoto modulu je displej, který zobrazuje aktuální nastavení odpočtu.

Časovač byl realizován za pomoci mikrokontroléru Atmel AVR, konkrétně pomocí mikroprocesoru ATmega32. K tomuto mikroprocesoru byl připojen zmiňovaný displej, programátor a zdroj napájení.

Pro naprogramování časovače bylo použito vývojové prostředí Bascom-AVR. Funkce modulu byla naprogramována tak, aby bylo možné celý modul řídit pomocí čtyř tlačítek na mikroprocesoru. Tato tlačítka byla pojmenována *Uber*, *Pridej*, *Res* a *Zacni*. Podle názvů odvodíme, že tlačítko *Uber* nám bude dekrementovat nastavovanou hodnotu a naopak tlačítko *Pridej* tuto hodnotu bude inkrementovat. Tlačítko *Res* vrátí nastavenou hodnotu na nulu a tlačítko *Zacni* zahájí odpočítávání a s tím i osvit DPS. Čas se nastavuje v jednotkách sekund.



Obr. č. 16 Programátor, displej, mikroprocesor



Obr. č. 17 Displej při odpočítávání

3.4 Ověření funkčnosti

3.4.1 Výroba vlastní DPS

Funkcionalita osvitové jednotky byla ověřena testováním zařízení a následnou výrobou zkušební desky plošného spoje, jež bude předvedena při obhajobě.

4 Závěr

V teoretické části práce byly popsány metody návrhu a výroby desek plošných spojů. Na základě získaných podkladů z teoretické části byl zkonstruován prototyp zařízení pro výrobu DPS.

Tímto prototypem je osvitová jednotka, která obsahuje pět UVA zářivek, pomocí kterých je možno tvořit desky plošných spojů téměř do velikosti rozměru papíru A4.

K osvitové jednotce byl dále vytvořen řídicí modul za pomoci mikrokontroléru Atmel AVR, konkrétně ATmega32. Tento mikroprocesor byl naprogramován v jazyce Bascom a v programu Bascom-AVR. Pomocí řídicího modulu se nastavuje doba osvitů a probíhá samostatný odpočet. Po ukončení odpočtu se přeruší přívod napájení do osvitové jednotky a osvit se tedy ukončí.

Osvitová jednotka i řídicí modul byly řádně odzkoušeny a lze tedy konstatovat, že zařízení bylo na základě teoretické části sestrojeno úspěšně a všechny cíle práce byly splněny.

5 Seznam obrázků

<i>Obr. č. 1 Deska plošného spoje – s montáží SMD [4]</i>	10
<i>Obr. č. 2 Subtraktivní technologie [11]</i>	16
<i>Obr. č. 3 Aditivní technologie [11]</i>	17
<i>Obr. č. 4 Reálný profil leptaného spoje [12]</i>	18
<i>Obr. č. 5 Znárodnění semiaditivního postupu výroby dvoustranných plošných spojů [12]</i>	19
<i>Obr. č. 6 Rtuťová vysokotlaká výbojka z pouličního osvětlení [15]</i>	27
<i>Obr. č. 7 Staré horské sluničko [15]</i>	28
<i>Obr. č. 8 Panel s UV LED diodami [20]</i>	28
<i>Obr. č. 9 Použité tlumivky</i>	30
<i>Obr. č. 10 Použité startéry a jejich patice</i>	31
<i>Obr. č. 11 Bedna pro osvitovou jednotku</i>	32
<i>Obr. č. 12 Umístění součástek v bedně</i>	33
<i>Obr. č. 13 Zapojená osvitová jednotka</i>	33
<i>Obr. č. 14 Schéma zapojení zářivek, upraveno dle [23]</i>	34
<i>Obr. č. 15 Rozsvícená osvitová jednotka s alobalem a krytem</i>	34
<i>Obr. č. 16 Programátor, displej, mikroprocesor</i>	35
<i>Obr. č. 17 Displej při odpočítávání</i>	36

6 Seznam použité literatury

- [1] KROUPA, Miroslav. Analýza chyb montáží desek plošných spojů a návržení metod vedoucí ke snížení chybovosti jejich výroby. Plzeň, 2011. bakalářská práce (Bc.). ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI. Fakulta elektrotechnická
- [2] WASYLUK, R. *Elektrotechnologie pro školu a praxi*. Praha 6: Scientia, 2004. ISBN 80-7183-306-1.
- [3] ABEL, M.: SMT Technologie povrchové montáže, Vydalo nakladatelství Platan., Pardubice 2000.
- [4] BROŽ, Martin. Plošný spoj - s montáží SMD. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Plosny_spoj_s_SMD.png Materiál plošných spojů
- [5] Modely desek plošných spojů. *Smtcentrum* [online]. 2010 [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: <http://www.smtcentrum.cz/vyroba-desek-plosnych-spoju/modely-desek-plosnych-spoju/>
- [6] Co jsou ohebné plošné spoje a k čemu se hodí. *Hw.cz* [online]. 2006 [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/produkty/co-jsou-ohebne-plosne-spoje-a-k-cemu-se-hodi.html>
- [7] Plošné spoje - obecné informace. *A3, v.o.s.* [online]. © 2009-2013 [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://www.a3.cz/plosne-spoje-informace.php>
- [8] MALINKA, Martin. Modelování teplotního pole ve dvouvrstvé desce plošných spojů za účelem separace vrstev. Zlín, 2011. diplomová práce (Ing.). Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta aplikované informatiky
- [9] MIŠUREC, Jiří, Václav ZEMAN a Miroslav ŠTĚPÁN. VUT V BRNĚ. Konstrukce elektronických zařízení: návrh plošných spojů [online]. [cit. 2013-04-12].
- [10] BŮŽEK, Radim. Konstrukce řezacího stroje TS. Zlín, 2010. bakalářská práce (Bc.). Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická

- [11] *SMT centrum* [online]. © 2008-2010 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: <http://www.smtcentrum.cz>
- [12] ZÁHLAVA, V. *Návrh a konstrukce desek plošných spojů*. Vyd. 1. Praha : Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2005. 77 s. ISBN 80-01-03351-1
- [13] DOSTÁL, Zbyněk. *Obsahová dimenze předmětu odborný výcvik v oboru „Elektromechanik pro stroje a přístroje – digitální technika“ pro I. pololetí 2. ročníku* [online]. 2010 [cit. 2013-03-30]. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce Josef Pecina. Dostupné z: <http://is.muni.cz/th/246627/pedf_b/>.
- [14] Výroba DPS nažehlením toneru. *Hw.cz* [online]. 2005 [cit. 2013-03-30]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/vyroba-dps-nazehlenim-toneru.html>
- [15] MLABonline. KÁKONA, Jakub, Jan LAFATA a Milan HORKEL. *MLABonline* [online]. 03.12.2011 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: http://www.mlab.cz/Articles/HowTo/How_to_make_PCB/DOC/HTML/How_to_make_PCB.cs.html
- [16] MATOUŠEK, David. *Práce s mikrokontroléry atmel AVR AT90S*. 1. vyd. Praha: BEN, 2003, 375 s. ISBN 80-730-0088-1.
- [17] BABČANÍK, Jan. *Začínáme s mikroprocesory Atmel AVR*. *HW.cz* [online]. 2006 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/zaciname-s-mikroprocesory-atmel-avr.html>
- [18] DRÍNEK, Milan. *Architektura AVR*. *Avr.hw.cz/* [online]. 2000 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: http://avr.hw.cz/architektura/arch_avr.html
- [19] *Světlo* [online]. 2008 [cit. 2013-03-14]. ISSN 1212-0812. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=38296
- [20] *Osvitová UV jednotka*. *Agaton.cz* [online]. 2010 [cit. 2013-03-21]. Dostupné z: <http://www.agaton.cz/index.php/elektronika/osvitova-uv-jednotka>
- [21] *Světlo* [online]. 2008 [cit. 2013-03-22]. ISSN 1212-0812. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=37032
- [22] *Elektro Palouček* [online]. 2013 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.elektro-paloucek.cz/>

- [23] Osvětlení. Aqua-rosik [online]. 2003 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z:
<http://www.r.wz.cz/aqua.php?s=c-svetlo>

7 Přílohy

7.1 Návod použití osvitové jednotky

Osvitová jednotka byla vytvořena s umístěním DPS nad UV zářivkami. Po otevření víka je tedy potřeba umístit DPS s matricí a fotorezistem, směrem dolů. Po umístění plošného spoje s matricí zavřete poklop osvitové jednotky, který zastíňuje záření. Zahájení osvitů a nastavení časovače se ovládá pomocí 4 tlačítek na mikrokontroléru ATmega32. Tato tlačítka byla pojmenována, první zleva *Uber*, druhé *Pridej*, třetí *Res* a poslední *Zacni*. Podle názvů odvodíme, že tlačítko *Uber* dekrementuje nastavovanou hodnotu a naopak tlačítko *Pridej* tuto hodnotu inkrementuje. Tlačítko *Res* vrátí nastavenou hodnotu na nulu a tlačítko *Zacni* zahájí odpočítávání a s tím i osvit DPS. Čas se nastavuje v jednotkách sekund.

Přesto, že jsou použity zářivky s UVA zářením, které běžně dopadá na Zem ze slunce, nedoporučuji hledět na svítící zářivky. Dále je také nutno přistupovat k celému zařízení s opatrností, pokud je aktivně připojeno k elektrické síti.

Návod na výrobu desky plošných spojů metodou fotocesty, naleznete na str. 22.

7.2 Zdrojový kód programu v BASCOM-AVR

```
'JY board
' diody port B
' D8 PortB.0
' D7 PortB.1
' D6 PortB.2

' D5 PortB.3
' D4 PortB.4
' D3 PortB.5
' D2 PortB.6
' D1 PortB.7

' Tlačítka:
' S1 PortD.4
' S2 PortD.5
' S3 PortD.6
' S4 PortD.7

'$sim
$regfile = "m32def.dat"
$crystal = 16000000

'Typ LCD
'Konfigurace pinů LCD
Config Lcd = 16 * 2
Config Lcdpin = Pin , Rs = Portc.5 , E = Portc.4 ,
Db4 = Portc.0 , _ Db5 = Portc.1 , Db6 = Portc.2 ,
Db7 = Portc.3

Config Porta = Output

'0 = in, 1 = out
```

```
Config Portb = &B11111110
```

```
Uber Alias Pind.4
```

```
Pridej Alias Pind.5
```

```
Res Alias Pind.6
```

```
Zacni Alias Pind.7
```

```
Config Uber = Input
```

```
Portd.4 = 1
```

```
Config Pridej = Input
```

```
Portd.5 = 1
```

```
Config Res = Input
```

```
Portd.6 = 1
```

```
Config Zacni = Input
```

```
Portd.7 = 1
```

```
Config Pind.2 = Input
```

```
'--konstanty--
```

```
Const Vypnuty = 1
```

```
Const Zapnuty = 0
```

```
'--deklarace proměnných--
```

```
Dim Pom As Byte
```

```
Dim Cas As Byte
```

```
Dim Odecitac As Byte
```

```
Dim I As Integer
```

```
'--počáteční nastavení displeje--
```

```
Cls
```

```
Lcd " Casovac osvitky "
```

```
Lowerline
```

```
Lcd "v.1.0 12.6.2013"
```

```
Cls
```

```
Odecitac = 1
```

Pom = 0

Cas = 0

Wait 1

'-----HLAVNI PROGRAM-----'

Do

Zacatek:

Lcd "* Zadejte cas *"

Lowerline

Lcd " zbyva: " ; Str(cas) ; " sec. "

Cursor Off

'-----NASTAVENI CASU-----':

If Pridej = Zapnuty Then

Waitms 125

Incr Cas

End If

If Uber = Zapnuty Then

Waitms 125

Decr Cas

End If

If Res = Zapnuty Then

Waitms 500

Cas = 0

End If

If Zacni = Zapnuty Then

Pom = 1

End If

```

If Pom = 1 Then
  For Odecitac = Cas To 0 Step -1
    Cls
    Lcd " Probiha odpocet "
    Lowerline
    Lcd " zbyva: " ; Str(odecitac) ; " sec. "
    Cursor Off
    Waitms 950
    If Odecitac = 0 Then
      Zacni = Vypnuty
      Pom = 0
      Cas = 0
      For I = 1 To 20 Step 1
        Cls
        Waitms 500
        Lcd " * HOTOVO * "
        Waitms 500
      Next
      Cls
      Goto Zacatek
    End If
  Next
End If
Loop
End

```