

# **Středoškolská odborná činnost 2006/2007**

Obor 9 –Strojírenství, hutnictví, doprava a průmyslový design

## **Výroba DPS**

Autor:  
**Jan Nezval**

SOŠp a SOUs, Prostějov Lidická 4,  
2. ročník  
Konzultant práce:  
**Ing. Josef Melka**  
(SOŠp a SOUs, Prostějov Lidická 4)  
Zadavatel práce:

**Prostějov, 2007**  
Olomoucký kraj

Prohlašuji tímto, že jsem, soutěžní práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Josefa Melky a uvedl v seznamu literatury veškerou použitou literaturu a další informační zdroje včetně internetu.

V Prostějově dne 3. března 2007

---

vlastnoruční podpis autora

# Úvod

Jmenuji se **Jan Nezval**. Jsem studentem 2.ročníku Střední odborné školy průmyslové v Prostějově, obor strojírenství. Zajímám se především o automatizaci a robotiku. Jakýkoliv robot nebo zařízení je bez elektroniky jen „mrtvý“ hardware. Proto jsem se rozhodl navrhnout a zkonstruovat zařízení, které by zjednodušilo a zkvalitnilo výrobu plošných spojů.

Nejprve jsem začínal s jednostrannými plošnými spoji. Fotolak jsem nechával zasychat v troubě na pečení a osvit prováděl pomocí horského slunce, přišroubovaného na zdi. Leptání probíhalo na jednoduché houpací plošině, pod kterou byl umístěn motor s vačkou. Toto zařízení bylo velmi jednoduché a neumožňovalo žádné nastavení (všechny časy byly odměřovány stopkami).

Nová verze sady pro výrobu plošných spojů má možnost nastavení všeho, co jen nastavit lze. Práce s ní je velice rychlá a jednoduchá.

# Cíl práce

Hlavním cílem bylo vytvořit takové zařízení, které by urychlilo a co nejvíce usnadnilo výrobu plošných spojů – jak jednostranných tak i oboustranných. Původní myšlenkou bylo vytvořit plně-automatické zařízení na výrobu DPS (Desky Plošných Spojů). Tento návrh nebyl realizován ze dvou důvodů:

1) Příliš vysoká pořizovací cena zařízení vzhledem k počtu vyráběných kusů (prototypy a nulové série)

2) Velký záběr pracovní plochy.

Proto jsem se rozhodl rozdělit celý výrobní proces na 3 fáze => každou fází bude zpracovávat právě jedno zařízení:

1) Sušení fotocitlivého laku na cuprexitu – pec – ohřeje cuprexit na teplotu 60°C. Zasychání laku se tímto zkrátí z 24 hodin (při pokojové teplotě 20°C) na 80 minut.

2) Osvěcování fotolaku – osvětlovací přístroj – osvítí cuprexit přes folii s předlohou. Velkou výhodou je osvěcovací rámeček, který velice usnadňuje výrobu dvoustranných plošných spojů (dříve se přes cuprexit museli vrtat pracovní otvory pro sjednocení horní a dolní folie)

3) Vyvíjení a leptání – leptací stanice – po osvětlení se plošný spoj vloží do vývojky, kde se smyjí nekryté části laku. Poté putuje do chloridu železitého, kde probíhá vlastní leptání.

Na internetu jsem našel několik zařízení na výrobu plošných spojů. Většina z nich mi nevyhovovala z těchto důvodů:



- Příliš vysoká cena ( 8 831 Kč)
- Problémy s výrobou oboustranných DPS
- Nedá se nastavit intenzita osvětlení
- Zářivky jsou umístěny dole. Proto se špatně kalibruje cuprexit vůči předloze ( zhora není vidět rámeček předlohy, protože jej cuprexit překrývá)
- Nejsou zde nastavitelné předvolby



- Tento přístroj téměř vyhovuje požadavkům, ale jeho cena je příliš vysoká ( 74 461 Kč)
- Chybí možnost nastavení předvoleb
- Zařízení má v sobě zabudovanou vývěvu pro přítlak folií a cuprexitu, což se mi zdá příliš složité



- Příliš vysoká cena ( 12 442 Kč)
- Při leptání je použito velké množství chloridu železitého (5 litrů) a vývojky (5 litrů)
- Velká hmotnost zařízení s náplní (30kg)
- Dlouhá doba ohřevu kapalin
- Náplně zůstávají v zařízení na několik leptání (proces se neustále zpomaluje)



- Vysoká cena ( 5 876 Kč)
- Neumožňuje použití vývojky a opláchnutí (při leptání je třeba používat další misky)
- Velká náplň leptacího prostředku ( 3 litry)
- Leptací miska je otevřená, což znamená, že se chlorid železitý vypařuje do ovzduší ( kovové předměty korodují)

Zařízení pro sušení laku jsem nikde nenalezl.

Při návrhu zařízení jsem si stanovil minimální a maximální požadavky.

## Minimální požadavky

- **Pec**
  - vytápění minimálně na 40°C
  - doba za kterou se pec vytopí na pracovní teplotu menší než 1hodina
  - nastavení doby ohřevu
  - zobrazení na sedmisegmentovém displeji
  - stav topného tělesa – zapnuto/vypnuto
  - přesnost  $\pm 8$  stupňů
  
- **Osvětlovací přístroj**
  - konstantní svítivost zářivek
  - nastavitelný čas doby osvitu
  - výroba jednostranných plošných spojů
  - zobrazení na sedmisegmentovém displeji
  
- **Leptací stanice**
  - Doba leptání menší než 30 minut
  - Výměnné kvety (kvůli menší spotřebě chloridu železitého)
  - Pohyb chloridu železitého vůči cuprextitu (např.: na houpací plošině)
  - Výroba jednostranných plošných spojů

## Maximální požadavky

- **Pec**
  - Vytápění na teplotu 60°C a vyšší
  - Doba vytopení pece na pracovní teplotu menší než 30 minut
  - Nastavení doby ohřevu ve více krocích
  - Zobrazování na LCD displeji
  - Topné těleso s plynule regulovatelným výkonem
  - Přesnost  $\pm 2$  stupně
  - Paměť pro více uložených programů
  - Zajímavý design
  
- **Osvětlovací přístroj**
  - Plynule regulovaný svit zářivek
  - Nastavení doby osvitu
  - Výroba oboustranných plošných spojů
  - Zobrazování na LCD displeji
  - Paměť pro více uložených programů
  - Snadná manipulace
  - Zajímavý design

- **Leptací stanice**

- Doba leptání menší než 10 minut
- Výměnné kyvety (kvůli menší spotřebě chloridu železitého)
- Pohyb chloridu železitého vůči cuprextitu (např.: cirkulací pomocí čerpadla)
- Ohřev chloridu železitého
- Zobrazování na LCD displeji
- Výroba oboustranných plošných spojů
- Paměť pro více uložených programů
- kyvety pro chlorid železitý, vývojku a vodu (na opláchnutí)
- mechanické rameno, které bude přemísťovat cuprextit mezi jednotlivými kyvetami
- malá spotřeba chloridu železitého při leptání
- snadná údržba (mytí)
- Zajímavý design

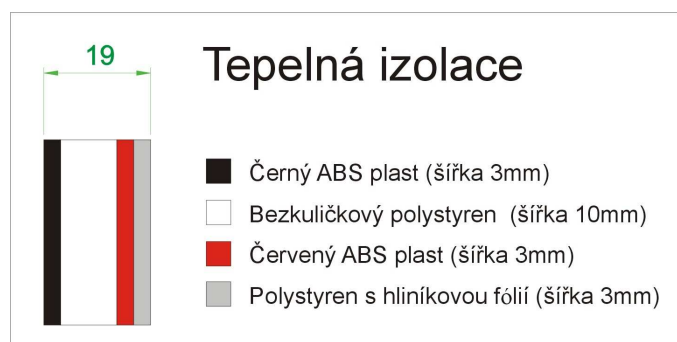
## Realizované požadavky

Dle mého názoru se podařily realizovat všechny maximální požadavky na zařízení.

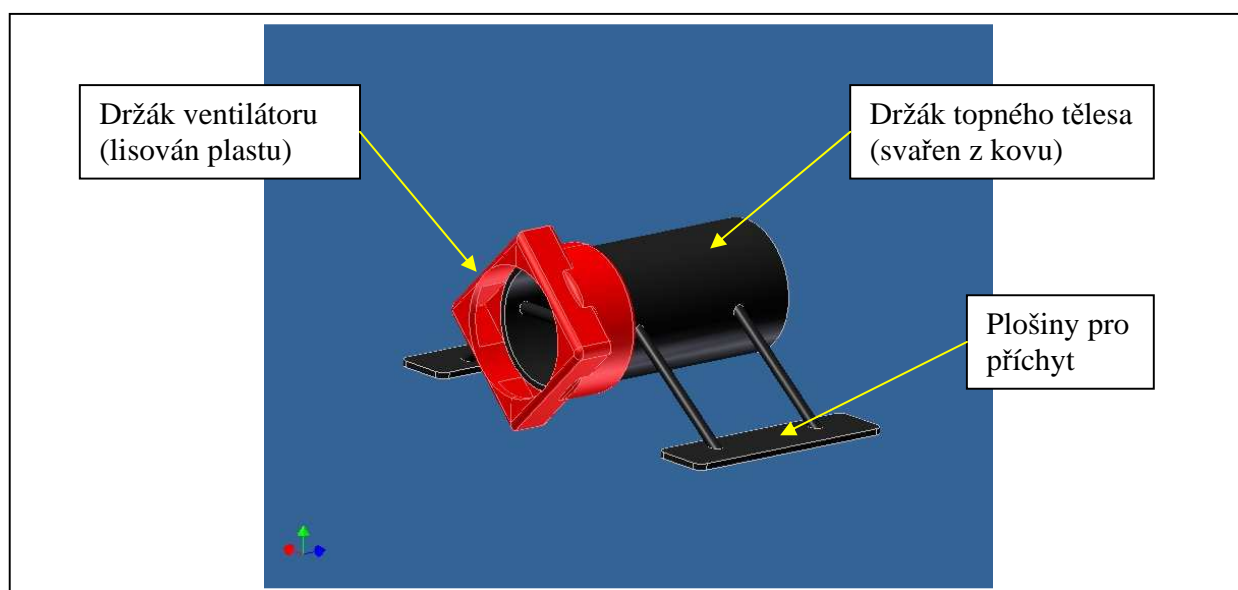
# 1) Pec

Po nanesení laku na cuprexit se musí nechat lak zavadnout (bez přístupu světla). Při pokojové teplotě (20°C) lak zavadá 24 hodin. Tento proces se dá urychlit zvýšením teploty, nebo rychlým odváděním par (pohyb vzduchu), které se uvolňují při zavádání. Pec byla konstruována tak, aby nejen ohřívala, ale i zajišťovala cirkulaci vzduchu.

Pec je sestavena převážně z plastových částí. Výjimkou je topné těleso které je kovové. Plášť je tvořen z černého ABS plastu o síle 3 mm se strukturou kůže. Pod pláštěm je 10 mm silný polystyren. Ten zajišťuje poměrně dobrou tepelnou izolaci. Vnitřek pece je z červeného ABS plastu na kterém je nalepena vrstva termofolie. O vytápění se stará 50-ti wattové topné těleso (viz. Obr). Řízení činnosti celého zařízení obsluhuje mikroprocesor PIC16F877A, který umožňuje nastavení teploty a doby ohřevu ve dvou krocích – např.: vytápění na teplotu 30°C po dobu 20minut a poté na teplotu 60°C po dobu 60minut s možností zapnutého nebo vypnutého ventilátoru. Vše se nastaví v jednoduchém a přehledném menu hned při startu. Řídící procesor si pamatuje až 3 přednastavené programy vytápění. Celé zařízení je napájeno 230 V přímo ze sítě. Maximální rozměr plošného spoje je 180x240. Velikost celého zařízení je 200x280x430 (Výška x Šířka x Délka).



Topné těleso s ventilátorem a úchyty





Pohled zepředu



Otevřené dveře



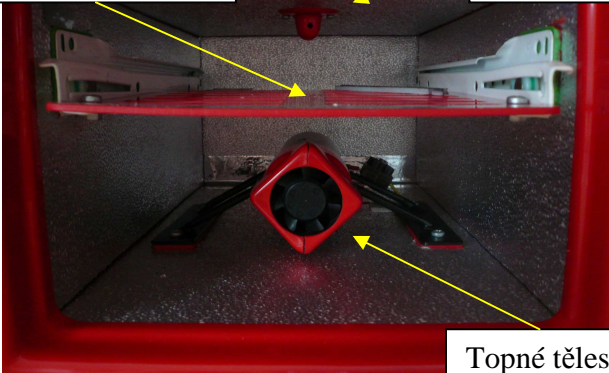
Pohled na panty



Pohled dovnitř pece

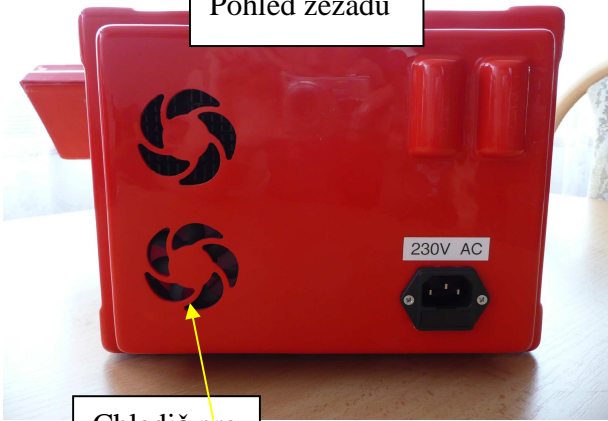
Plošina na kolejnici pro odklad cuprexitu

Teplotní čidlo



Topné těleso s ventilátorem

Pohled zezadu

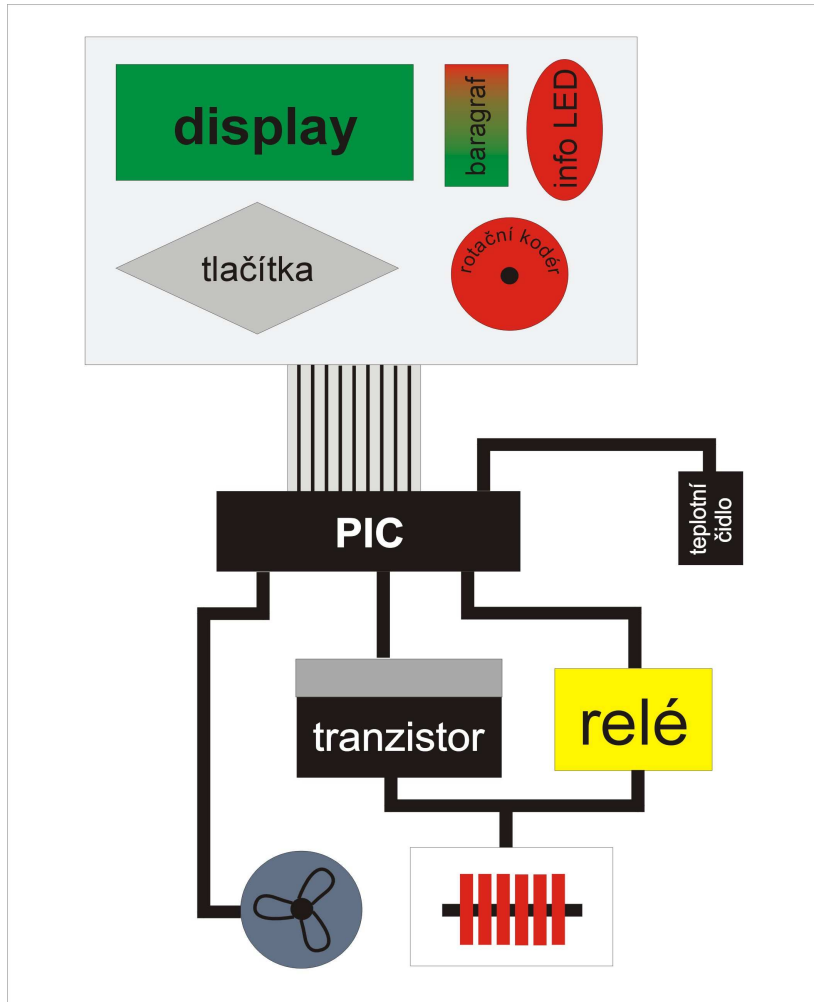


Chladič pro tranzisto

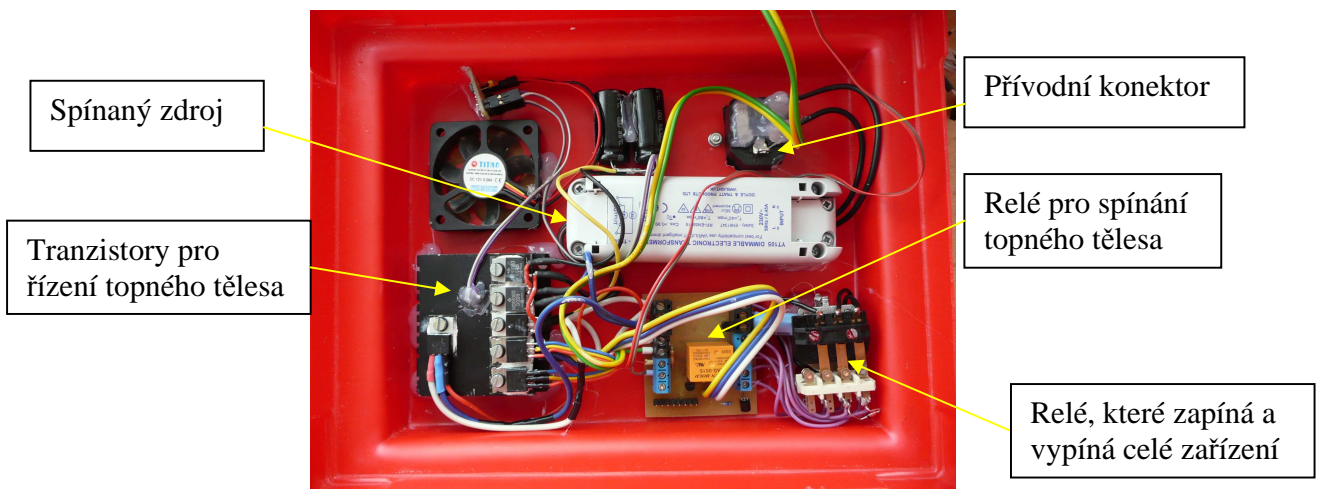
Ovládací panel



# Elektronika



Na obr. vlevo je znázorněno schematické zapojení elektroniky. V horní části je ovládací panel, vlevo teplotní čidlo a ve spodní části je zapojení ventilátoru a topného tělesa. Topné těleso je spínáno jak tranzistorem, tak i relátkem. Při jeho řízení tranzistorem je topné těleso plynule pulzně regulované (ve čtyřech krocích) a jeho výkon se zobrazuje na baragrafu. Při řízení relátkem topné těleso topí na 100% výkonu. Jakmile sepne relé diody na baragrafu zhasnou a rozsvítí se kontrolka, která signalizuje jeho sepnutí. Na spodním Obr. je pohled zadní stěny zevnitř.

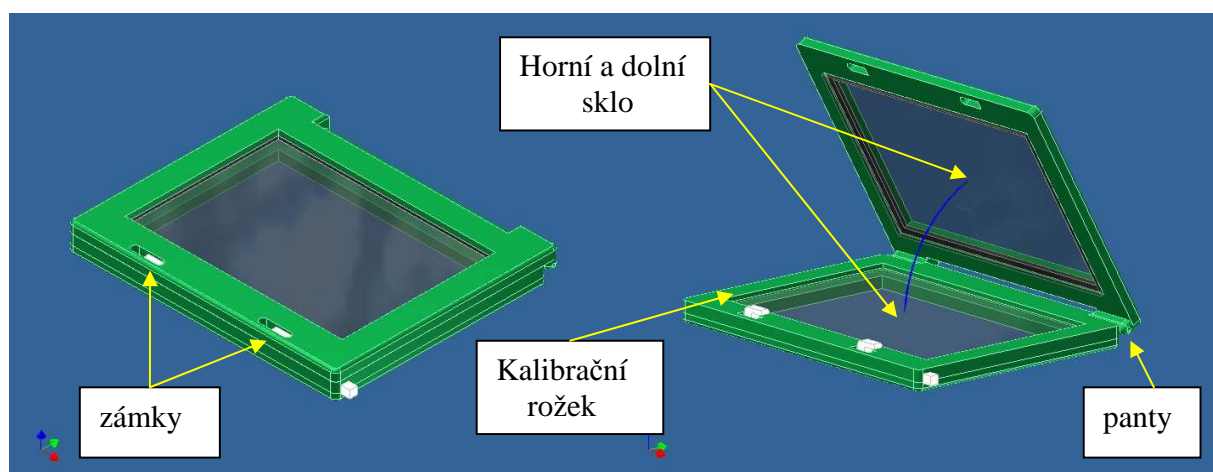


# Osvětlovací přístroj

Po zavaznutí laku se na plošný spoj přiloží předloha (viz. Obr.). Poloha předlohy se musí vůči cuprextitu zajistit tak, aby se předloha nepohybovala a nekrčila během osvitů (obzvlášť u oboustranných desek). Plošný spoj se osvítil UV světlem a lak se v osvětlených částech smyje ve vývojce. Intenzita UV záření určuje dobu osvitů. Při velké intenzitě se zmenší čas osvitů, ale předloha musí být dostatečně neprůsvitná, aby záření neproniklo do míst kde mají být vedeny plošné spoje. Při menší intenzitě se sice předloha neprosvítí, ale proces trvá déle.

Osvětlovací zařízení je opět tvořeno převážně z plastových výlisků. Osvit zajišťují čtyři patnácti-wattové UV zářivky. Aby mohly být zářivky plynule regulovány nejsou zapojeny klasicky ke startéru a tlumivce, ale jsou řízeny elektronickým předřadníkem od firmy OSRAM. Při výrobě jednostranných spojů se položí cuprextit s předlohou na molitanovou podložku. Po přiklopení zářivek se sklo přitlačí na předlohu s cuprextitem a tím ji vyrovná a zajistí její pozici. Zde byl kladen velký důraz na co nejjednodušší obsluhu. Při výrobě oboustranného spoje se musí použít speciální osvicovací rámeček. Do rámečku do levého dolního rohu se vloží první folie, na folii se vloží cuprextit a na něj opět do levého dolního rohu druhá folie. Poté se přiklopí sklo, které stiskne předlohy a cuprextit k sobě a tím zajistí jejich vyrovnání a vzájemnou polohu. Tento osvicovací rámeček velice usnadní výrobu oproti svrtávání přes pomocné díry. Řízení činnosti celého zařízení obsluhuje mikroprocesor PIC16F876A, který umožňuje nastavení jasu zářivek a doby osvitů. Vše se nastaví v jednoduchém a přehledném menu hned při startu. Řídicí procesor si pamatuje až 3 přednastavené programy osvitů. Zařízení je napájeno přímo ze sítě (230 Volt). Z důvodu bezpečnosti se musí nejdříve přiklopit zářivky a poté je teprve lze rozsvítit. Delší pohled do zapnutých zářivek způsobuje zánět spojivek a bolest očí.

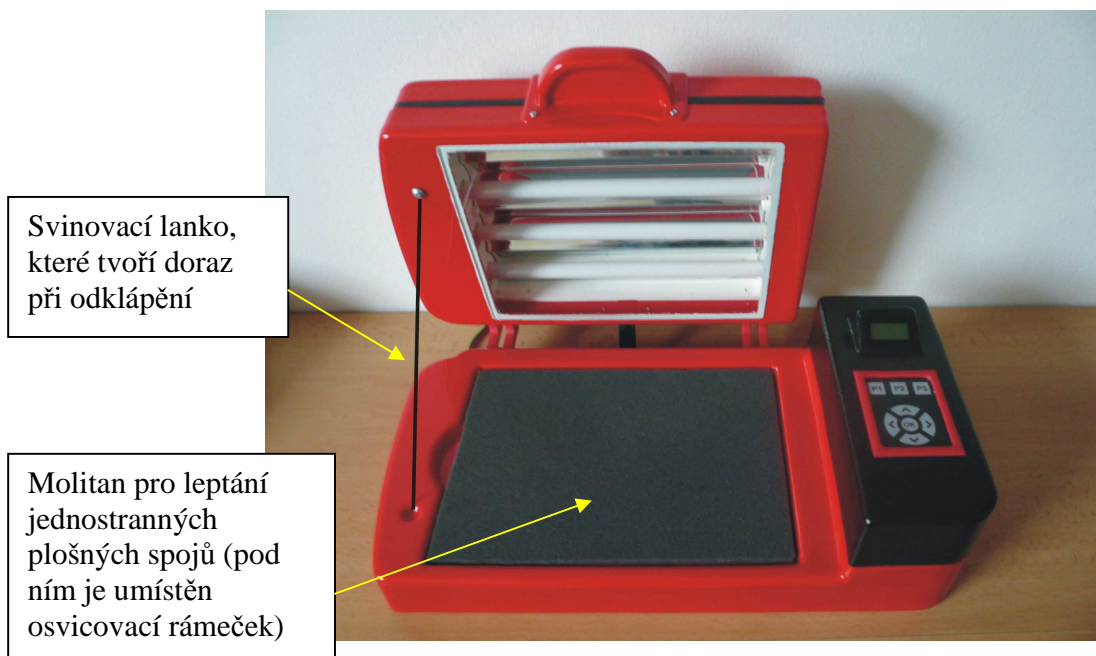
Osvicovací rámeček



Plošné spoje se vyrábí o různých tloušťkách. Z tohoto důvodu je horní sklo přilepeno na oboustranné pěnové folii která kompenzuje různé tloušťky cuprextitu a zajistí dokonalý přítlak od 0,5 do 2,5 milimetrů.



Pohled na otevřené zářivky



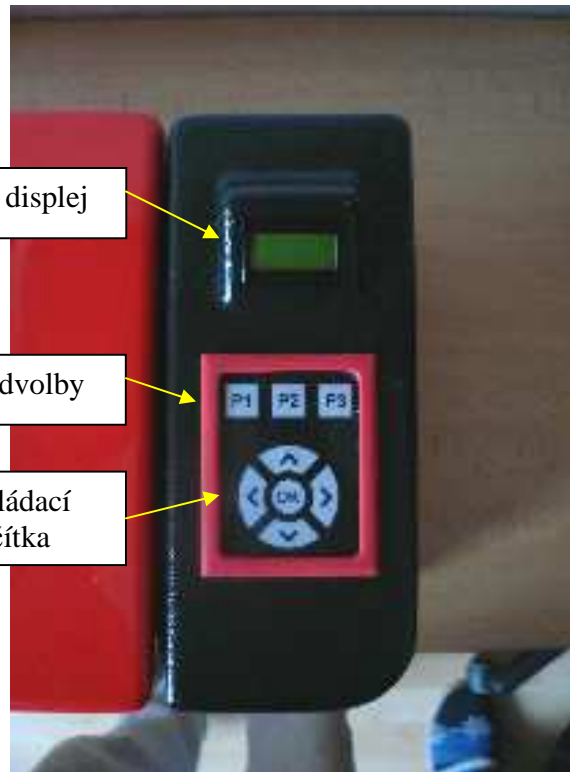
Svinovací lanko,  
které tvoří doraz  
při odklápění

Molitan pro leptání  
jednostranných  
plošných spojů (pod  
ním je umístěn  
osvícovací rámeček)

Osvicovací  
rámeček



Ovládací menu

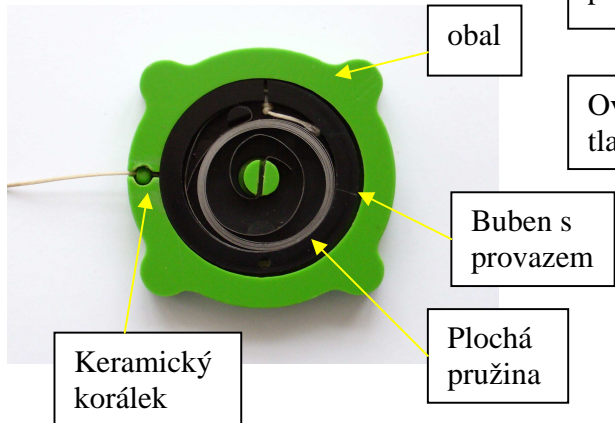


displej

předvolby

Ovládací  
tlačítka

Doraz při odklápění zářivek



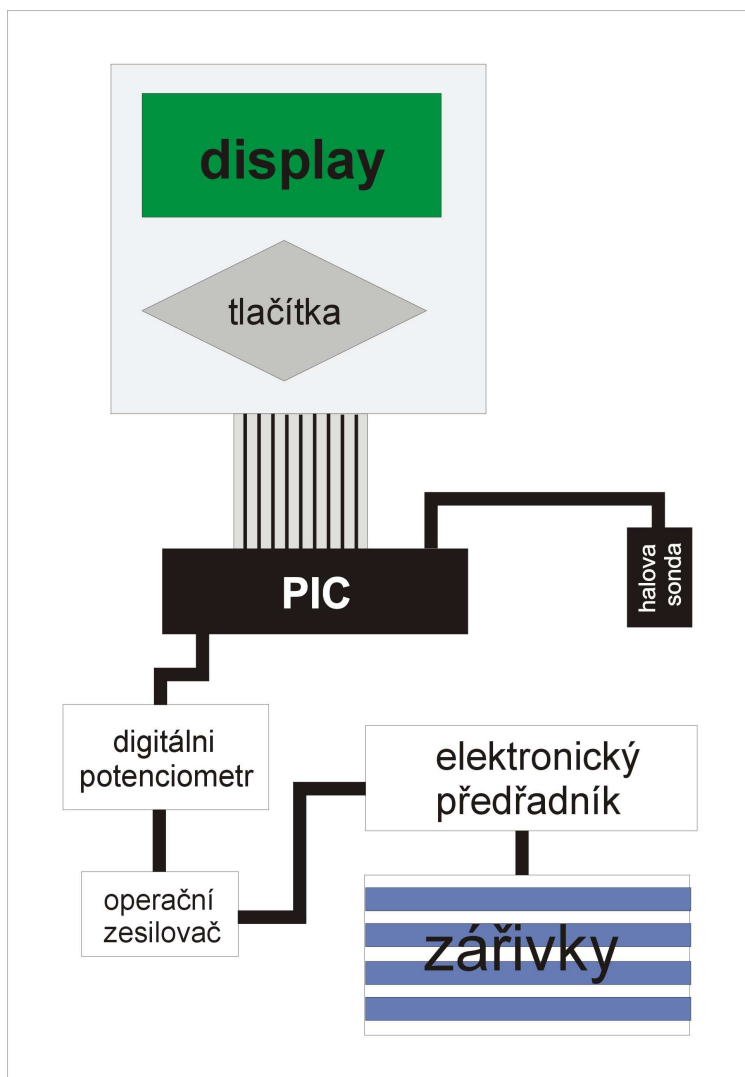
obal

Buben s  
provazem

Plochá  
pružina

Keramický  
korálek

# Elektronika



V horní části je opět zobrazen ovládací panel vpravo je hallova sonda, která zjišťuje, zda je zařízení otevřené nebo ne. V odklápěcí části je umístěn magnet a v pevné části je hallova sonda citlivá na magnetické pole. Ve spodní části obrázku je zobrazen digitální potenciometr. Za ním je operační zesilovač, který má na výstupu napětí od 1 do 10 voltů. Tímto napětím se řídí elektronický předřadník (1 volt minimální svit zářivek – 10 voltů maximální svit zářivek). Předřadník je přímo určen pro řízení čtyř osmnácti-wattových zářivek.

# Leptací stanice

Na tomto zařízení se v současné době pracuje.

Popis zařízení: Leptací stanice, kterou vytvářím, bude mít zcela odlišnou konstrukci oproti ostatním komerčně prodávaným zařízením. Hlavní rozdíl spočívá v tom, že nebude mít 3 kyvety (chlorid železitý, vývojka a voda) , ale jen jednu, což přináší řadu výhod. Plošný spoj se nemusí přenášet mezi jednotlivými kyvetami a také se usnadní údržba.

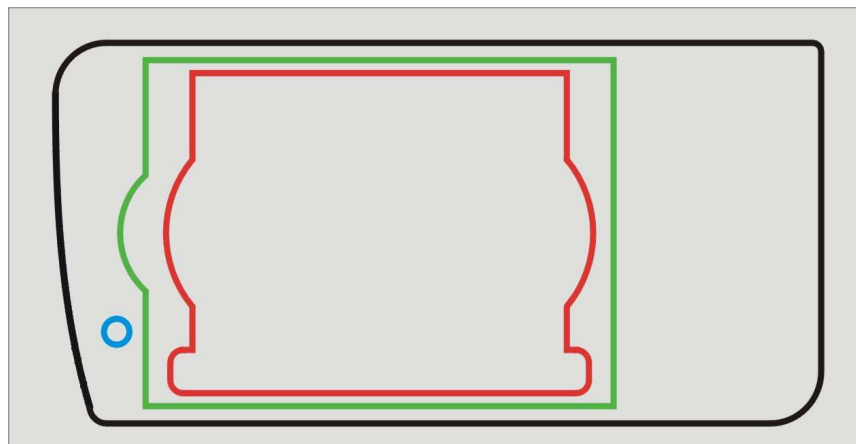
Popis činnosti zařízení: nejdříve se vloží cuprexit do držáku a poté se zasune do kyvety. Čidla si sama zjistí velikost plošného spoje, aby se kyveta neplnila zbytečně velkým množstvím náplně. První rozdělovač nastaví sání čerpadla z misky s vývojkou a naplní jí kyvetu. Poté se rozdělovač přepne do polohy, aby čerpadlo sálo z kyvety a tím umožní cirkulaci kapaliny. Po smytí neosvícených částí laku se kapalina přečerpá do láhve s odpadem. Rozdělovač se přepne do polohy, kdy čerpadlo sáje z misky s vodou. Opět proběhne cirkulace a vypuštění do láhve s odpadem. Po opláchnutí plošného spoje se do kyvety napustí chlorid železitý (probíhá odleptání nekrytých částí mědi). Po odleptání se opět plošný spoj opláchně ve vodě a na displeji se zobrazí „leptání dokončeno“. Teď už jen stačí odšroubovat láhev s odpadem a plošný spoj vytáhnout. Celý proces bude probíhat plně automaticky, aniž by bylo třeba něco nastavovat nebo kontrolovat.

# Použité metody a techniky

1)frézování

Frézované části byli nejdříve navrženy v modelovacím programu Autocad Mechanical 2007.

Ukázka modelu formy pro osvicovací přístroj



Model se přenesl do obráběcího softwaru Stepfour, kde se vytvoří dráha pro CNC frézu.

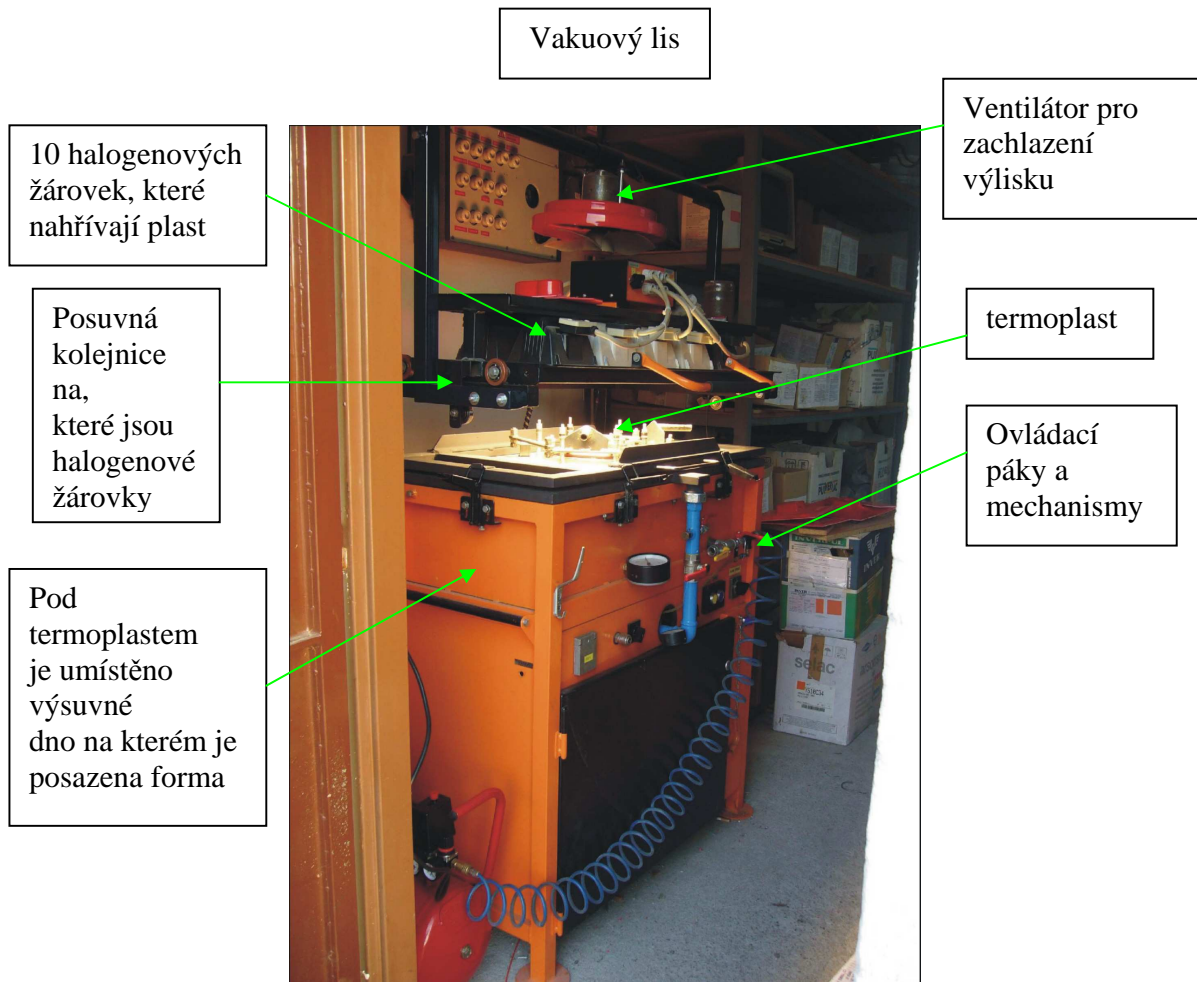
CNC fréza



Frézu jsem stavěl se svým otcem v říjnu roku 2006.



## 2) vakuové lisování



Vakuový lis byl navržen a zkonstruován mým strýcem.

Princip vakuového lisu:

Halogenové žárovky nahřejí polotovar – desku termoplastu. Po zahřátí na teplotu, kdy je měkký a tvárný. Pistnice vysunou kopyto (formu) pod plastem. Aby plast dokonale zkopíroval povrch kopyta je potřeba mezi ním a plastem vytvořit podtlak. Atmosférický tlak působí na vylisek z hora tak, že jej přitlačí ke kopytu. Poté se vylisek zchladí, aby si udržel svůj nový tvar. Celý proces je dlouhý přibližně 3 minuty, což se nedá říct o výrobě formy, protože její výroba trvá i několik hodin.

## Výsledky práce

Zařízení bylo navrženo a úspěšně realizováno. Byla dosažena velká úspora času při leptání – zejména při sušení laku (o 22,5h hodin). Při osvětlování (o 2 minuty) protože v minulém modelu byla použita na osvit výbojka a ta se musí před použitím nejprve nažhavit. Dále se velice zjednodušila výroba oboustranných plošných spojů, hlavně díky osvicovacímu rámečku. Tato sada je schopna vyrábět jednostranné plošné spoje do maximálního rozměru 240 x 190 mm a oboustranné pak 170 x 120 mm. S tvorbou těchto zařízení jsem začal v prosinci roku 2006 a stále pokračuji.

## Pokračování v práci

V budoucnu se chystám postavit malou CNC frézu na vrtání děr do plošných spojů, případně frézování 3D modelů..

## Seznam použité literatury:

- Internet
  - [www.conrad.cz](http://www.conrad.cz)
  - [www.osram.cz](http://www.osram.cz)
- Katalog GM electronic 2006

# Přílohy

