

Plošné spoje na plotteru Colorgraf 0512 Aritma profesionálně ...

Simon Cihelník^a, Petr Šimek^b

^asi.ci@seznam.cz

^bpsimek@jcu.cz

keywords: PCB, printed circuit boards, plotter, Aritma, Colorgraf 0512, Staedtler, Eagle

Problematika vytváření desek plošných spojů (PCB) v amatérské a poloprofesionální elektronice je rozhodně stále aktuální. Svědčí o tom četné a pravidelné dotazy na tematických konferencích. Především trend postupného přechodu na smt si žádá mezi amatéry a v drobné profesionální praxi dokonalejší a přesnější postupy. Vedle amatérsky poměrně vděčné technologie přes pozitivní fotoresisty (v tuzemsku zejména reprezentované široce dostupnými spreji Positiv 20 a Transparent 21, výrobce CRC Industries Europe), která ale není ve všech situacích vhodná, je nejrozšířenější technikou pravděpodobně kreslení manuální, event. na vhodném typu plotteru. V tuzemsku je zřejmě mezi amatérskými i poloprofesionálními uživateli rozšířen nejvíce plotter Aritma Colorgraf 0512, ve všech jeho subverzích, event. jeho modernější verze 0516.

Základním problémem kreslení plošných spojů na substráty v tuzemsku často nazývané kuprextity je kvalita kreslených obrazců odvozená od kvality hrotů a kvality laku. První faktor ovlivňuje vzhled PCB a dosažitelné rozlišení spojů na PCB. Propustnost laku hrotem ovlivňuje odolnost nanášené vrstvy při leptání PCB. Druhý faktor ovlivňuje odolnost nanášeného laku proti leptacímu roztoku, kompaktnost nanášené vrstvy (roztékavost laku) a adhezi k mědi, která se zejména projeví, spolu se zasychavostí, při kreslení kompaktních ploch paralelně vedenými tahy laku, event. při jiných tazích laku přes již kreslené vrstvy. Požadavkem je, aby se lak v těchto případech netrhal, neucpával tak hrot a nedestruoval obrazec PCB. Kreslení dostupným levným tuzemským lakem produkce Elchemco, který je na trhu v zeleném odstínu, v těchto případech zcela selhává. Proto jsme hledali adekvátní náhradu, která ve všech výše uvedených kriteriích vyhoví. Tu jsme našli a rádi bychom se s Vámi o zkušenosti podělili. Kreslení bylo realizováno v editoru PCB Eagle 3.55 a 4.01 pro OS Win32.

1. Příprava Aritmy 0512 a způsoby kreslení:

Plotter Aritma 0512 se řídí přes sériový port PC. Zapojení kabelu je na webu popsáno, pouze upozorňujeme na chybu zapojení v originálním manuálu.

V zásadě jsou dva způsoby, jakými data na plotter odesílat. První je kreslení přes CAM Eagle přímo, druhý kreslení z CAM přes soubor a jeho odeslání na port. Oba způsoby mají své výhody a jsou v krátkosti popsány dále (odd. 1.1. a 1.2.). Mechanické úpravy plotteru a způsob řízení posuvu substrátu PCB v plotteru je popsán v oddělení 1.3.

1.1. Kreslení přes CAM Eagle 3.55 v OS Win32 (zkoušeno pod Windows 98 SE CZ)

CAM Eagle 3.55 umožňuje efektivní kreslení PCB přímo. V okně "CAM Processor" po vytvoření obrazce brd se nastaví:

Device (v comboboxu) na	HPGLX;
Output na	COM*:9600E71X, kde * je číslo COM;
Offset podle potřeby, např.	2.5 a 2.5;
Pen - Diameter	podle definice hrotu;
Pen - Velocity	doporučené rozmezí: 0.5(krajně pomalé kreslení) - 1 (svižné kreslení)
Layer	v příslušném checkboxu se označí hladina (vrstva), která má být vykreslena;
	v numeditu "Color" se napíše číslo pera, které má kreslení provést;
	číslování je pořadí zleva na plotteru.

Tlačítkem "Process" a potvrzením "OK" se zahájí kreslení.

1.2. Kreslení z CAM přes soubor (Eagle 4.01 v OS Win32)

Při použití výše uvedeného postupu, kdy Eagle kreslí všechny vrstvy jedním perem, nevykresluje napřed jednu vrstvu, pak druhou atd., ale kreslí objekty z různých vrstev "napřeskáčku". Pokud při výše uvedeném postupu nezadáme výpis na COM port, ale do souboru, můžeme tento soubor před tiskem upravovat a zkontrolovat jej v grafickém editoru (například zjistit kolika čarami bude plotter kreslit tu kterou čáru). Může to být užitečné pro kreslení obrazce na jiném PC kde je připojený plotter, ale není instalován Eagle.

Pokud například máme zájem o vykreslení vrstev po sobě, postupujeme výše uvedeným způsobem, neurčíme jednotlivým tištěným vrstvám číslo pera (ve sloupci *Color*), ale necháme to na Eaglu. Do políčka '*Output on*' zadáme cestu k souboru. Pak zadáme tisk. Eagle vytvoří soubor HPGL, kde kreslení jednotlivých vrstev následuje za sebou a je vždy uvozeno příkazem 'SP číslo', kde číslo je pozice pera použitého pro kreslení dané vrstvy. Editujeme nyní tento soubor - první SP příkaz ponecháme, zapamatujeme si (nebo upravíme) číslo pera které volí - a tam pak musíme dát do plotteru pero. Další SP příkazy vymažeme (až na poslední), protože Eagle kreslí stejně všechno jednou tloušťkou pera a výměny (pro další vrstvy) tedy nemají smysl, navíc chceme ušpinit stejně jen jedno pero. Poslední příkaz 'SP 0' ponecháme (bude na poslední řádce), způsobí totiž návrat pera zpět do držáku.

Vytištění takto upraveného souboru na plotteru je jednoduché, napřed si nastavíme COM port příkazem:

```
mode com2 9600,n,8,1,r
```

a pak pošleme náš HPGL soubor na plotter prostým:

```
copy soubor.plt com2
```

Místo 'com2' uvedeme jiný port pokud plotter není připojen ke COM2.

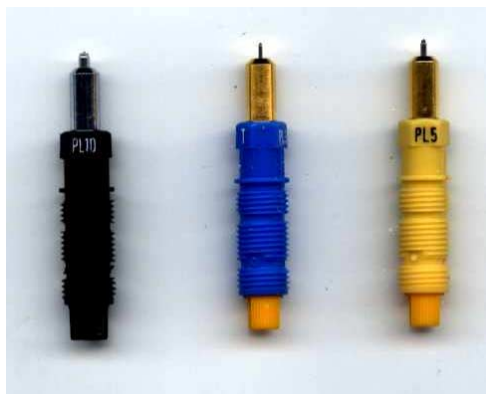
1.3. Úpravy plotteru:

Plotter Aritma A0.512 je primárně určen pro kreslení na papír, tedy materiál s minimální tloušťkou. Pokud se pokusíme kreslit na PCB s tloušťkou 1.5 mm narazíme na problém, že se nám tam prostě nevejde. Aby se papír při rychlém posouvání nenazdvihoval, má Aritma přítlačné pacičky, které ale nejdou vystavit na potřebnou výšku pro kreslení PCB. Takže plotter je zapotřebí před kreslením upravit - buď pacičky dát pryč a nebo jejich montážní otvory profrézovat tak, aby se daly vystavit na potřebnou výšku pro průchod PCB.

Řízení posuvu substrátu PCB, tedy desky "kuprextitu", je možné přímým vložením desky substrátu (je potom ale nezbytně nutné mít velmi dobře opracované hrany, na kterých nesmí být prohyby), nicméně předpokládáme, že kreslení PCB rozměrů hrany kolem 300 mm není běžné a proto je častější u menších rozměrů přilepení desky substrátu na vhodný tenký nosič (matnou a pevnou fólii nebo častěji pevný papír) v místech, kde se PCB nevykresluje, lepicí páskou nebo samolepkami. Je dobré si nejprve v nastavení plotteru vykreslit na nosič "dimensions" PCB, čímž získáme přesnou informaci o místě, kde máme desku substrátu připevnit.

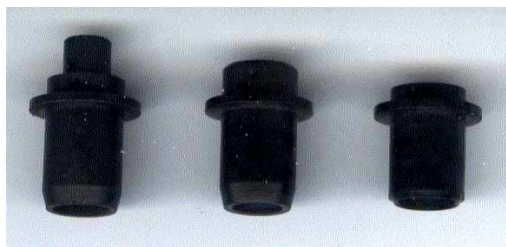
2. Hroty a lak:

Jako vynikající technologický postup výroby PCB se ukázalo použití hrotů Staedtler Marsplot 750 a 757 a laku Staedtler SAR-9, méně výhodné, ale přesto uspokojivé, využití kombinace českých hrotů Centrograf 9070, resp. agregátů Centrograf 9070, s lakem Staedtler SAR-9.



Obr.1

Hroty Staedtler (obr. 1) mají zkrácený hrot, jehož čelo je povlečeno karbidem wolframu, což zajišťuje hrotu velmi vysokou odolnost proti otěru a "příklepu" plotteru. Tělo nosiče hrotu je zlacené a působí velmi impozantně. Propustnost hrotů je mimořádná, je dokonce tak vysoká, že hroty kreslí o desetinu milimetru (či trochu méně) silnější čáry na nesavém povrchu měděného substrátu než na savém, pro který je údaj tloušťky čáry uváděn. S hrotem 0,5 mm tak podle našich zkušeností lze kreslit čáry zhruba 0,55-0,65 mm, pro kreslení těch nejjemnějších PCB doporučujeme hrot Staedtler Marsplot 757 PL3 CF, který kreslí spolehlivě čáry a detaily 0,3-0,4 mm a spolu s

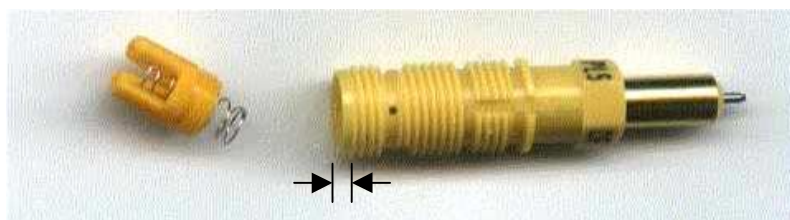


Obr. 2

redukce k hrotům (zleva): Staedtler Marsplot 750 a 757, Centrograf 9070 a redukce pro nasazení běžných fixů Centropen

rozlišením plotteru 0,05 mm vytváří uspokojivé výsledky i pro technologii smt.

Hroty Centrograf 9070 nejsou primárně pro kreslení na plotteru určeny, čemuž odpovídá tenký dlouhý kreslicí hrot, který je velmi náchylný k ohnutí a "přiklepáváním" plotteru k vyviklání a pozdějšímu samovolnému vypadávání z umělohmotného pouzdra. Také propustnost laku hrotem je horší a i při skvělých vlastnostech použitého SAR-9 je kvalita PCB nižší než při použití adekvátního hrotu Staedtler. Nicméně protože je jejich použití možné a vzhledem k výrazně nižší ceně pera se zásobníkem, event. samostatného hrotu (agregát 9070, Centropen a.s. Dačice), oproti hrotům Staedtler, také



Obr.3

Zkrácení o 1-2 mm podle substrátu na kterém je PCB vytvářeno

pravděpodobně, věnujeme i těmto hrotům několik řádek.

K hrotům Staedtler i k hrotům Centrograf lze koupit (viz kontakty) příslušné redukce (obr. 2). Hroty Staedtler jsou primárně určeny ke kreslení na materiály s "nulovou" tloušťkou a proto je třeba vzhledem k tloušťce desky substrátu (kupřektitu) uzpůsobit délku hrotu tak, aby v redukci



Obr. 4

rozdíl mezi zkráceným hrotem Staedtler Marsplot 757 PL5 dle obr.3 a originálním po došroubování v redukci "na doraz"

byla snížena o tento rozměr. Potom hrot dosedá v režimu "pen down" přesně kolmo na měděnou folii substrátu. Z hrotu se nejprve odšroubuje vrchní přítlačné šroubení (obr. 3) a po té se zkrátí (usoustružením event. opatrným ubroušením) délka o zhruba 1-2 mm podle tloušťky substrátů, které používáte.

Rozdíl po našroubování je zřejmý z obr. 4. Kolmý dosed hrotu je dosti důležitý a nesprávná poloha hrotu může velmi negativně ovlivnit výslednou kvalitu PCB.

Hroty Staedtler se našroubují až na doraz do redukce (na obrázku 2 první zleva), přidá se několik kapek laku a nasadí ochranná čepička. Hrot je tím



Obr.5

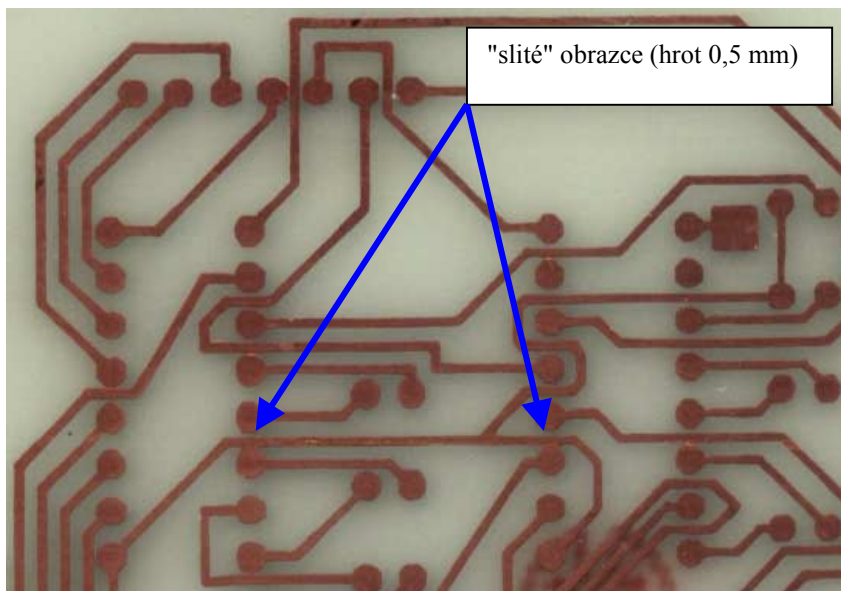
hrot Centrograf s redukcí a zásobníkem

připraven k použití. Hroty Centrograf 9070 se nekrátí a není také třeba vytahovat pročišťovací drátek na vodícím válci. Po našroubování do redukce (obr.2, druhá zleva) je možné lak nalít do zásobníku, pokud vycházíte z pera



Obr.6 (vlevo) a 7 (vpravo) detail hrotu (zleva) Staedtler 757 PL5 CF (0,5 mm) a Centrograf 9070 (0,5 mm)

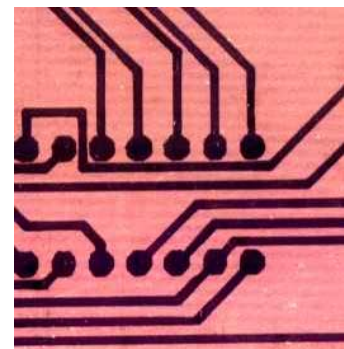
9070 a nebo nakapat do hrotu, pokud z agregátu. Colorgraf 9070 v redukci a se zásobníkem je na obr. 5.



Obr.8

Hroty Staedtler a Centrograf jsou koncepčně zcela rozdílné. Detaily čel hrotů jsou na obr. 6 a 7.

Lak nedoporučujeme v hrotu uchovávat a i když tím trochu ekonomičnost kreslení trpí, doporučujeme po použití celou sestavu hrot



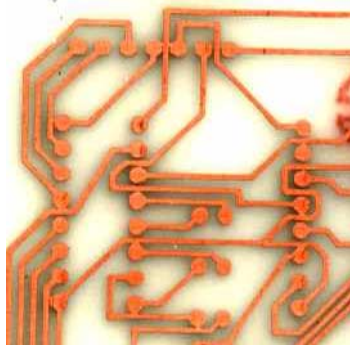
Obr. 9

obrazec PCB před vyleptáním; ač se zdá, nejsou horní pady slité - kresleno hrotem 0,5 mm; rozložení padů odpovídá pouzdru DIP

- redukce - event. zásobník vymýt. Lak je ředitelný ethanolem. Pro uchovávání laku v těsném zásobníku Centrograf (obr.5) se nám osvědčila metoda při které je "tato sestava" zásobníkem dolů postavena v lékovce se slabou vrstvou ethanolu, který vytváří nasycenou páru a zamezí tak zasychání laku v hrotu. Zkušenost je to ovšem pouze 14 denní a to u hrotů Centrograf 9070. I po 14 dnech šlo pero lehce rozklepat a rozepsat. Předpokládáme, že uvedené skladování bude možné, zatím ale chybí dlouhodobé prozkoumání. Přesnost kreslení byla již uvedena výše. Pro rychlé kreslení, které je dosti závislé na propustnosti laku hrotem, jsou vhodnější hroty Staedtler, pro pomalé lze použít i hroty Centrograf 9070. Podle našich zkušeností se při pomalém kreslení hrotem Staedtler 0,5 mm slijí některé pady a čáry vzdálené $<0,2$ mm. Záleží ovšem na mnoha okolnostech. S hrotem 0,35 mm lze naproti tomu bezproblémově kreslit PCB pro např. QFP32, což je jistě potěšující.

Jak vypadá místy "slitý" obrazec po vyleptání (vybrán záměrně horší, aby byly vidět detaily) při kreslení hrotem Staedtler 0,5 mm je patrné na obr. 8, obrazec nakreslený týmž hrotem na substrátu na obr. 9.

3. Leptání a odolnost laku:



Obr. 10
vyšší slévání při nižší rychlosti posuvu hrotu (hrot 0,5 mm)

Lak Staedtler SAR-9 je velmi odolný vůči leptacím činidlům a obecně má vynikající přilnavost (adhezi) k mědi. Nezávisle jsme ověřili odolnost při leptání ve vodných roztocích peroxidisíranu draselného a chloridu železitého. V obou případech je jednoznačně lak v lázni mimořádně stabilní, v mírně vyčerpaném chloridu železitém nepodléhá lak PCB podleptání ani při hodinovém překročení dostatečného intervalu pro úplné vyleptání. V peroxidisíranu lze proces leptání velmi dobře sledovat, protože je roztok průhledný. Kvalita vyleptaných obrazců PCB (viz obr. 8, 10 a 11) je velmi vysoká. "Slité" spoje jsou způsobeny mírným rozléváním laku na 0,5 mm hrotu. Při nižší rychlosti je toto rozlévání pochopitelně vyšší (obr. 10). Kontury PCB pro konektor DB-9 je například možné získat ale i s hrotem 0,5 mm velmi přesně (obr. 11).

4. Závěr:

Snažili jsme se s Vámi podělit o naše nadšení z elegance výroby PCB kreslením obrazců na substrátu plotterem Colorgraf 0512 Aritma. Metoda má oproti manuální technice (kreslení rukou) a také "fotometodě" některé pozitiva:

- je velmi rychlá a dosti přesná;
- nezávislá na empiricky zjištěných časových konstantách jako "fotometoda";
- spojení s Eaglem umožňuje velmi efektivní vytváření vlastních databází brd;
- konečně ze své Aritmy dostanete kvalitní výrobek ... ☺

ale také negativa(um):

- cenu laku a hrotů

Je tedy zřejmé, že se hodí pro prototypové zkoušky, malosériovou výrobu, kde je nutné rychle a kvalitně vyrobit PCB atp.

5. Kontakty:

Hroty Centrograf 9070 vyrábí Centropen a.s., Dačice a jsou běžně dostupné v kancelářských potřebách či papírnických ve formě komplet per (asi 80-150 Kč) nebo pouze agregátů 9070 (samotný hrot).

Hroty Staedtler nabízí: Technický servis, Vladimír Fafejta, Podbabská 2/870, Praha 6 (Bubeneč) (tel. 0607-579187) v ceně 250 Kč / ks. Lak Staedtler SAR-9 nabízí tatáž firma za zhruba 250 Kč, avšak cena se mění podle dovozce.

Luxusní hroty jsou pochopitelně luxusně baleny (obr.12), lak je v 20ml kanystříku s kapátkem, které zajistí reprodukovatelné dávkování a má z boku průsvitný bílý proužek, čímž máte přehled o stavu laku v jinak černé neprůhledné nádobce (obr. 13 a 14).

6. Summary:

Printed circuit boards (PCB) were possible to make by plotting in the Aritma Colorgraf 0512 plotter via editor Eagle 3.55 or 4.01 (Cadsoft, Germany). The best results we obtained with the combination of Staedtler (Germany) plotting apex and Staedtler's lacquer SAR-9. The excellent reproducibility of results gives to the method a great possibility of applications in the amateurs and semiprofessional PCB productions.



Obr.11
detail PCB pro DB-9, kresleno Staedtler 0,5 mm

Poděkování:

Rádi bychom poděkovali panu J.Rottovi za zprostředkování informací o výrobcích Staedtler, které bychom jinak neměli možnost vyzkoušet.



Obr.12



Obr.13



Obr.14