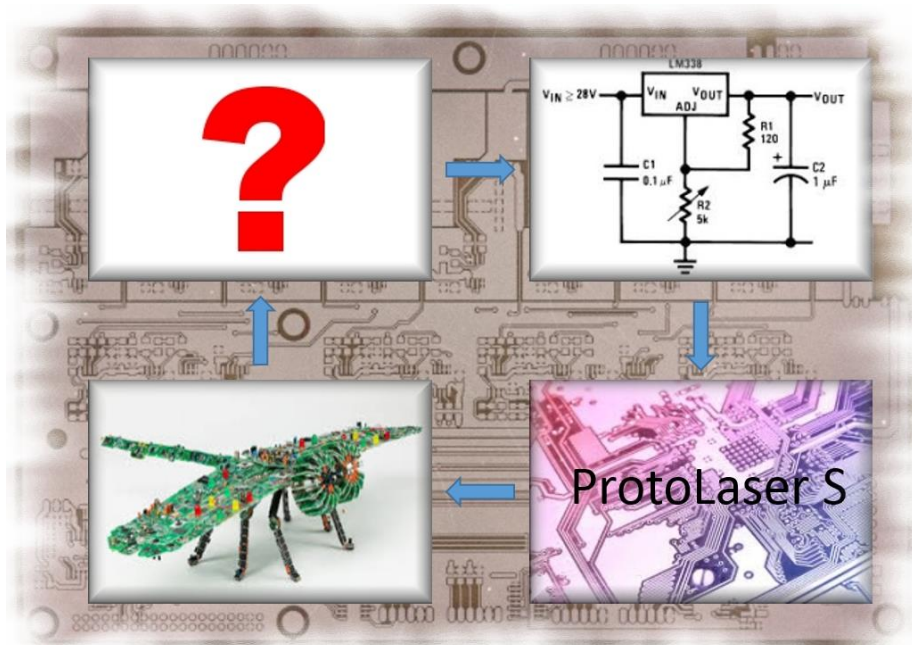


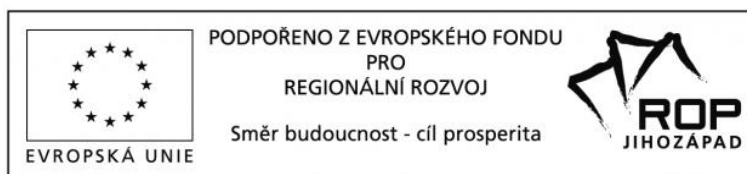
**VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU
CZ.1.14/2.4.00/19.02578**

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Výroba plošných spojů na laserovém stroji LPKF ProtoLaser S

Martin Pihrt





VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Obsah

Úloha č. 1 - Provozní řád laserové frézy	5
Zadání	5
Řešení	5
Úloha č. 2 - Bezpečnost při používání laseru.....	6
Zadání	6
Řešení	6
Ochrana zdraví při práci s lasery	7
Vlastnosti laserového záření	7
Zařazení laserů do tříd.....	8
Biologické účinky záření laserů.....	10
Vliv vlnové délky laserového záření na lidské oko	12
Kategorizace při práci s lasery	13
Označení pracoviště používající laserové záření	14
Postup v případě ozáření laserem	14
Úloha č. 3 - Uvedení stroje do provozu (ProtoLaser S)	15
Zadání	15
Řešení	15
Vzduchové hospodářství (Air-Dryer)	15
Odpadové hospodářství (Teka)	17
Laserový stroj LPKF (ProtoLaser S)	18
Ovládací program stroje (CircuitMaster).....	18
Vypnutí stroje po skončení prací	22
Parametry stroje (LPKF ProtoLaser S).....	23
Typy izolačních ploch u PCB	23
Flex rigid PCB - pružné a ohebné desky plošných spojů.....	24
Micro Fine Pitch Technologie	24
Úloha č. 4 – CircuitMaster import souboru (LMD, LPR)	25

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

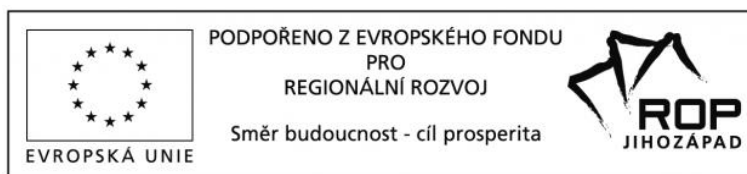
Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Zadání	25
Řešení	25
Úloha č. 5 – CircuitMaster nastavení parametrů PCB	27
Zadání	27
Řešení	27
Úloha č. 6 – CircuitMaster vložení PCB do stroje	30
Zadání	30
Řešení	30
Kontrola čistoty PCB	30
Aretace PCB na pracovním stole stroje	30
Postup vložení PCB do stroje	31
Úloha č. 7 – CircuitMaster nastavení výrobních fází	35
Zadání	35
Řešení	35
Úloha č. 8 – CircuitMaster import vrtané PCB z ProtoMatu	37
Zadání	37
Řešení	37
Zaměření otvorů vrstva Top	38
Zaměření otvorů vrstva Bottom	42
Úloha č. 9 – CircuitMaster spuštění výrobního procesu	44
Zadání	44
Řešení	44
Úloha č. 10 – CircuitCAM6 import dat	45
Zadání	45
Řešení	45
Pojmenování souborů vrstev	45
Import souborů	45
Úloha č. 11 – CircuitCAM6 přiřazení vrstev	46

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

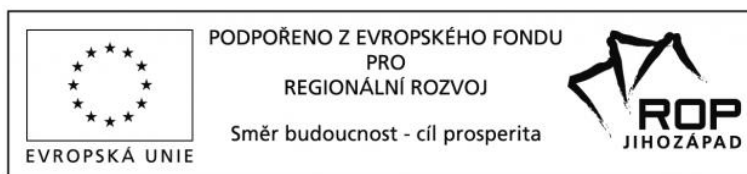
Zadání	46
Řešení	46
Označení Rub-Out (pracovní oblast)	48
Systém dělicích čar	48
Úloha č. 12 – CircuitCAM6 panelizace PCB	48
Zadání	48
Řešení	48
Úloha č. 13 – CircuitCAM6 vložení popisů na PCB (QR kód, texty)	50
Zadání	50
Řešení	50
Úloha č. 14 – CircuitCAM6 vložení zaměřovacích otvorů (fiducial)	51
Zadání	51
Řešení	51
Laserové frézování a následné vrtání	52
Úloha č. 15 – CircuitCAM6 uložení projektu pro mechanickou frézu (CircuitPro)	53
Zadání	53
Řešení	53
Úloha č. 16 – CircuitCAM6 generování dat pro laserový stroj	55
Zadání	55
Řešení	55
Hatch lines	57
Úloha č. 17 – CircuitCAM6 export dat do CircuitMaster	58
Zadání	58
Řešení	58
Úloha č. 18 – Eagle (export dat do Gerberu RS-274X)	58
Zadání	58
Řešení	58
Úloha č. 19 – Ultiboard (export dat do Gerberu RS-274X)	63



VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Zadání	63
Řešení	63
Úloha č. 20 - Údržba a pravidelný servis	66
Zadání	66
Řešení	66
Kontrola filtru zásobníku mědi	66
Kontrola sacího zvonu	67
Čištění výstupní optiky laseru.....	69
Vzduchový filtr laserového a chladícího modulu	74
Náhradní díly	74
Chybové kódy laserového stroje	75
Plošné spoje všeobecné informace	75
Materiály pro desky plošných spojů.....	75
Pájecí slitiny, pájky, tavidla.....	77
Lepidla a lepení.....	79
Místo pro poznámky.....	81



VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Úloha č. 1 - Provozní řád laserové frézy

Zadání

Kdo je to odpovědný pracovník?

Kdo je to uživatel?

Smí se na zařízení provozovat komerční činnost za úplatu?

Musí se archivovat výrobní podklady v elektronické podobě?

Zapisují se někam informace o provozu stroje?

Kolik pracovníků se může pohybovat (obsluhovat stroj) v daný okamžik u stroje?

Smí se během provozu otevírat kryt stroje?

Smí se u stroje svačit?

Jaké materiály pro výrobu se smí vkládat do stroje?

Řešení

Odpovědný pracovník - osoba odpovědná za provoz a využívání zařízení v souladu s provozním řádem. *UČITEL OV PŘÍSLUŠNÉ DÍLNY S FRÉZOU.*

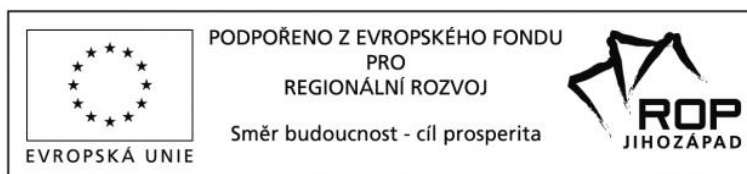
Uživatel - osoba pracující na zařízení, případně využívající služby a výstupy zařízení. *PROŠKOLENÝ ŽÁK DÍLNY S FRÉZOU*

Na zařízení nesmí být prováděna jakákoli komerční činnost (činnost produkující zisk). Tento zákaz se vztahuje na žáky, zaměstnance SOUE Plzeň a další osoby. Zařízení je využíváno pro potřeby výuky v SOU Elektrotechnickém Plzeň (dále jen SOUE).

Výrobní podklady musí být archivovány včetně jednoznačné identifikace uživatele a to: data se shromažďují na pevném disku počítače s frézou v elektronické podobě po dobu min. jednoho roku. Na začátku nového kalendářního roku se data uskladní na CD-R (DVD-R) disku (př. *PODKLADY PRO VÝROBU DPS 2012 - DÍLNA DSIM*). Všechna data se archivují po dobu min. 7 let. Každý výstup zařízení musí být vždy označen logem či nápisem umožňujícím jednoznačnou identifikaci výstupu - viz vzor. Vzor identifikace výstupu: *ROK_MĚSÍC_DEN_UŽIVATEL_VZESTUPNÉ POŘ. ČÍSLO DESKY* (příklad: *2012_12_12_Novák_001*). Dále lze na výstup umístit logo uživatele (pokud to výstup rozměrově umožňuje). Tyto informace výše (vzor identifikace) lze na DPS umístit také jako QR kód (z důvodu minimalizace rozměrů popisu).

K provozu zařízení je veden deník (elektronickou formou). Za deník zodpovídá odpovědný pracovník. V deníku je uveden počet provozních hodin, opravy, evidence výstupu.

Na zařízení smí pracovat pouze odpovědný pracovník a jeden uživatel. Více uživatelů v danou chvíli u stroje je zakázáno. Odpovědný pracovník má právo a povinnost kdykoli kontrolovat, zda je zařízení používáno v souladu s provozním řádem. Pro obsluhu a provoz je stanoven odpovědný pracovník. Uživatel smí zařízení obsluhovat pouze se souhlasem a za trvalé přítomnosti odpovědného pracovníka. Žáci a zaměstnanci jiných škol smí zařízení využít pouze na základě písemného souhlasu vedení SOUE. Uživatel je povinen řídit se příkazy odpovědného pracovníka. Uživatel nesmí měnit uspořádání zařízení, nesmí provádět jakékoliv zásahy do instalovaného technického a programového vybavení, ani odpojovat zařízení z elektrické sítě. Pokud uživatel zjistí poruchu zařízení, musí ji neprodleně oznámit odpovědnému pracovníkovi. Uživatel je povinen dodržovat zásady bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a zásady požární bezpečnosti.



VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Dveře stroje smí obsluhovat pouze odpovědný pracovník. Nikdo, kromě pracovníků firmy LPKF, se nesmí dívat přímo do laserového paprsku, a to i pokud má na sobě laserové ochranné brýle.

Jídlo, pití nebo kouření v pracovním prostoru není povoleno.

Do stroje se smí vkládat pouze tyto materiály: FR4, RF, RFID na substrátech PET fólie, VF filtry na keramických substrátech do tloušťky mědi 70 μm . Materiály vložené do ProtoLaseru S nesmí být v žádném případě snadno hořlavé materiály jako je například papír, plast, dřevo atd.

Úloha č. 2 - Bezpečnost při používání laseru

Zadání

Vysvětlíte co je laser, vlastnosti laserového záření, zařazení laserů do tříd ochrany, možná nebezpečí záření na biologické tkáně a lidské oko. Práci s lasery.

Řešení

Laser je optický přístroj emitující koherentní záření, tedy záření, které má shodnou vlnovou délku, fázi i směr šíření. Název "LASER" je zkratkou anglického označení Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.

Vlastnosti laserového záření:

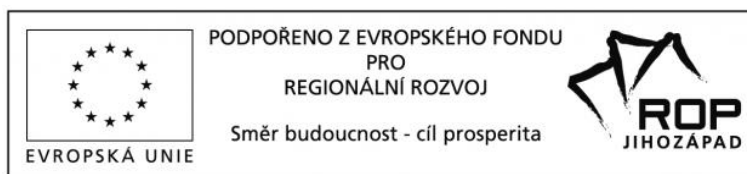
- monochromaticnost (shodná vlnová délka)
- možnost dosáhnout vysoké intenzity
- malá rozbíhavost svazku záření (shodný směr šíření)

Princip laseru je založen na jevu vynucené emise záření. Již dříve bylo známo, že excitované atomy nebo molekuly mohou emitovat záření nejen při spontánním přechodu atomu na nižší energetickou hladinu, ale též vynuceně vlivem vnějšího elektromagnetického záření, jehož frekvence je stejná jako frekvence záření odpovídajícího přechodu elektronu z excitované do základní energetické hladiny. Obsahuje-li látka částice v excitovaných stavech, pak ozáření látky fotony s energií rovnou rozdílu energetických hladin mezi excitovaným a základním stavem, vyvolá přechod excitovaných částic do nižšího energetického stavu, spojený s emisí záření se stejnou vlnovou délkou, fází i směrem šíření, jako mělo záření, které emisi vyvolalo. V základním stavu mají atomy nejnižší energii.

Vlivem vnějšího záření (čerpání energie do laserového média) se mohou atomy média laseru dostávat do excitovaných stavů, ze kterých mohou do stavu základního přecházet:

- spontánně – na sobě nezávislé, "náhodné" přechody produkují nekoherentní záření nebo
- vynuceně – vlivem vnějšího elektromagnetického záření může docházet k vynucené emisi koherentního záření, se stejnými parametry jako vnější spouštěcí záření.

První optický kvantový generátor byl sestaven v roce 1960. Aktivní látkou byl krystal syntetického rubínu.



VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

V současné době jsou konstruovány lasery na bázi:

- plynné
- kapalně
- pevné fáze
- na bázi polovodičů

emitující monochromatické záření pokrývající vlnový rozsah infračerveného, viditelného i ultrafialového záření. Lasery emitující záření ve více vlnových délkách se nazývají multimodální. Laser může emitovat záření nepřetržitě, ve spojitém režimu nebo v režimu impulzním, tj. v záblescích trvajících od desetin sekund do zlomků nanosekundy. Lasery, které vysílají opakované impulzy častěji než 1x za sekundu, se nazývají lasery s vysokou opakovací frekvencí.

Ochrana zdraví při práci s lasery

Podle nařízení vlády č. 1/2008 Sb. O ochraně zdraví před neionizujícím zářením, ve znění pozdějších předpisů, se laserem rozumí jakékoliv zařízení, které může být upraveno k vytváření nebo zesilování elektromagnetického záření v rozsahu vlnových délek optického záření primárně procesem kontrovaně stimulované emise. Jsou to tedy zařízení umělá, která se nevyskytují v přírodě. Přestože záření, které emitují, jsou elektromagnetické vlny stejné fyzikální podstaty jako vlny vysílané přírodními a nelaserovými technickými zdroji, dosažitelná intenzita a rovnoběžnost svazku laserových paprsků jsou nesrovnatelně vyšší, než mohou dosáhnout jakékoliv jiné zdroje. Je-li člověk exponován laserovému záření, objevují se rizika, která se u záření z jiných zdrojů nevyskytují. Cílovými orgány pro laserové záření jsou oko a kůže.

Vlastnosti laserového záření

Lasery emitují záření s vlnovou délkou od 180 nm do 1 mm, což zahrnuje oblast ultrafialového záření (100 – 400 nm), viditelného světla (380 – 780 nm) a infračerveného záření (780 nm – 1 mm). Oblast ultrafialového záření a infračerveného záření je tedy mimo oblast vnímání lidského oka. Záření laserů je monochromatické, koherentní, málo rozbíhavé, vysoce intenzivní. Ve většině případů se před ním nelze ochránit zavřením očí nebo odvrácením hlavy, tak jak to postačuje např. při pohledu do slunce, poněvadž tato reakce je příliš pomalá. Pro ochranu zdraví před zářením laserů jsou proto stanovena pravidla, která zaručují, že při jejich dodržení k poškození zdraví nedojde. Veškeré důležité informace o laserovém zařízení a bezpečných pracovních postupech jsou uvedeny v technické dokumentaci, která musí být připojena ke každému laseru.

Jsou to:

- vlnová délka laserového záření
- druh laserového aktivního prostředí
- režim generování laserového záření (spojitý, impulsní nebo impulsní s vysokou opakovací frekvencí)
- průměr svazku na výstupu laseru a jeho rozbíhavost (u sbíhavého svazku také jeho nejmenší průměr) u laserů generujících záření ve spojitém režimu největší zářivý tok (v impulsním režimu zářivá energie v jednom impulsu, nejdelší a nejkratší trvání jednoho impulsu, největší

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

a nejmenší opakovací frekvence impulsů, v impulsním režimu s vysokou opakovací frekvencí navíc největší střední zářivý tok vystupujícího záření)

- zařazení laseru do třídy
- údaje o jiných faktorech než záření, vznikajících při chodu laseru, které by mohly nepříznivě ovlivnit pracovní podmínky nebo zdraví
- návod ke správné montáži a instalaci, včetně stavebních a prostorových požadavků
- návod k obsluze za běžných i mimořádných situací, návod k údržbě, a je-li to zapotřebí, důležitá upozornění, jako je zákaz snímání krytu u laserů opatřených krytem nebo upozornění na nebezpečí vyplývající z pozorování paprsku optickými pomůckami
- výrobní číslo laseru a rok výroby, údaje o výrobcu.

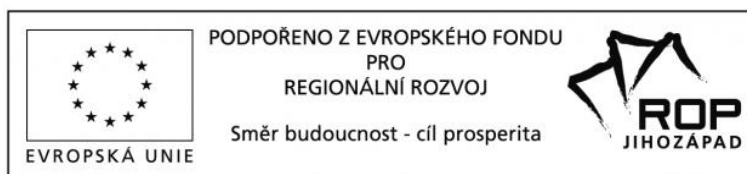
Zařazení laserů do tříd

Nechte se poučit !



Obrázek 1 pan Žižka radí

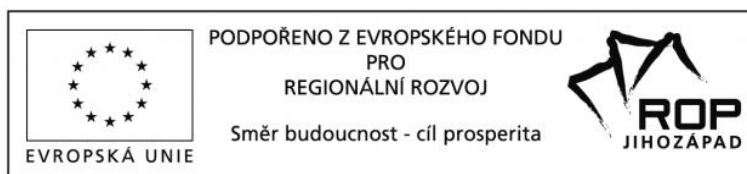
Maximální přípustná dávka ozáření (MPE - **M**aximum **P**ermissible **E**xposure) je úroveň laserového záření, jemuž může být za normálních okolností vystaven člověk, aniž by ozáření na něm zanechalo nepříznivé následky. Úrovně MPE odpovídají maximální úrovni záření, které může být vystaveno oko nebo pokožka bez okamžitého nebo pozdějšího poranění a vztahují se k vlnové délce laserového záření, délce impulsu nebo době trvání ozáření, typu ozáření tkáně a pro viditelné světlo a infračervené záření v blízké oblasti v rozsahu vlnových délek od 400 do 1400 nm také k rozměru obrazu na sítnici. Pro snadnější orientaci z hlediska nepříznivých účinků na zdraví se laserová zařízení zařazují do tříd podle ČSN EN 60825-1:2007. Limit přístupné emise (AEL) je maximální přístupná emise, která je povolena v rámci určité třídy. Přístupná emise je úroveň záření stanovená v daném umístění, s clonami apertur nebo s vymezeními aperturami; stanovuje se v případech, kdy se předpokládá ozáření lidského těla, její hodnota se porovnává s limitem přístupné emise za účelem stanovení třídy laserového zařízení. AEL jsou odvozeny od MPE.



VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

- **Laserové zařízení třídy 1** – neumožní během provozu přístup lidské obsluhy k záření přesahujícímu limit přístupné emise třídy 1 pro použitelné vlnové délky a doby trvání vyzařování. Tato zařízení jsou bezpečná během používání, včetně dlouhodobého přímého sledování svazku i v případě sledování pomocí optických pomůcek (oční lupy a dalekohledy). Vztahuje se na celý rozsah vlnových délek. Pohled do svazku viditelného záření může způsobit oslňující optické efekty. Jsou bezpečné za přiměřeně předvídatelných okolností. Patří sem rovněž vysoko výkonové lasery, které jsou zcela zakrytovány tak, že potenciálně nebezpečné záření není během jejich používání přístupné (zapouzdrěná laserová zařízení), při otevření krytu se laserové zařízení vypne.
- **Laserové zařízení třídy 1M** – emituje záření v rozsahu vlnových délek od 302,5 nm do 4 000 nm, které neumožní během provozu přístup lidské obsluhy k záření přesahujícímu limit přístupné emise třídy 1 pro použitelné vlnové délky a doby trvání vyzařování v místě, kde se úroveň záření měří. Tato zařízení jsou bezpečná během používání, včetně dlouhodobého přímého sledování svazku nechráněnými očima. K poškození zraku může dojít následkem ozáření v případě sledování svazku pomocí dvou kategorií optických pomůcek (lupy a dalekohledy) za definovaných podmínek. Pohled do svazku viditelného záření může způsobit oslňující optické efekty.
- **Laserové zařízení třídy 2** – v rozsahu vlnových délek viditelného záření od 400 nm do 700 nm, které neumožní během provozu přístup lidské obsluhy k záření přesahujícímu limit přístupné emise třídy 2 pro použitelné vlnové délky a doby trvání vyzařování. Tato zařízení jsou bezpečná pro chvilkové ozáření, ale mohou být nebezpečná při záměrném pohledu do svazku. Aktivní ochranná reakce, jako zavření očí nebo otočení hlavy, dostatečně chrání oko před nepříznivým působením laserového záření, pokud trvá po dobu max. 0,25 s. Tato doba odpovídá času, za který stačí člověk po zásahu oka intenzivním světlem mrknout a případně odvrátit hlavu. Uživatelé jsou informováni pomocí výstražných štítků, aby se nedívali upřeně do svazku. Chvilkové ozáření může nicméně způsobit oslnění, zábleskovou slepotu a přetrvávající zrakové vjemy, tedy dočasné narušení vidění, což může mít negativní vliv na bezpečnost prováděné práce.
- **Laserové zařízení třídy 2M** – v rozsahu vlnových délek viditelného záření od 400 nm do 700 nm, které neumožní během provozu přístup lidské obsluhy k záření přesahujícímu limit přístupné emise třídy 2 pro použitelné vlnové délky a doby trvání vyzařování. Jsou bezpečná pro krátkodobá ozáření pouze pro oči bez optických pomůcek. Poškození oka může nastat po ozáření s jednou ze dvou kategorií optických pomůcek (oční lupy nebo dalekohledy) za určených podmínek. Chvilkové ozáření může nicméně způsobit oslnění, zábleskovou slepotu a přetrvávající zrakové vjemy, tedy dočasné narušení vidění, což může mít negativní vliv na bezpečnost prováděné práce.



VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

- **Laserové zařízení třídy 3R** – vyzařují záření, které může překročit MPE při přímém sledování uvnitř svazku, ale riziko poškození je ve většině případů relativně nízké, protože AEL pro třídu 3R je pětinasobek AEL pro třídu 2 (viditelné svazky laseru) nebo AEL pro třídu 1 (pro neviditelné svazky). Nebezpečí poškození se zvyšuje s délkou ozáření a ozáření je nebezpečnější pro úmyslné ozáření zraku. Tato zařízení by měla být použita pouze tam, kde je přímý pohled do svazku nepravděpodobný. Chvilkové ozáření ve viditelném vlnovém pásmu záření může nicméně způsobit oslnění, zábleskovou slepotu a přetrvávající zrakové vjemy, tedy dočasné narušení vidění, což může mít negativní vliv na bezpečnost prováděné práce.
- **Laserové zařízení třídy 3B** – jsou běžně při pohledu do svazku nebezpečná, včetně nahodilých krátkodobých ozáření. Sledování difuzních odrazů je běžně bezpečné. Lasery třídy 3B, které dosahují AEL pro tuto třídu, mohou vytvářet malá poškození pokožky a představovat riziko zapálení hořlavých materiálů (v případech, kdy má svazek malý průměr nebo je zaostřen).
- **Laserové zařízení třídy 4** – umožní přístup lidské obsluhy k laserovému záření překračujícímu limit přístupné emise pro třídu 3B. Pohled do svazku i ozáření pokožky jsou nebezpečné, může být nebezpečné i pozorování rozptýlených odrazů. Tyto lasery představují i nebezpečí vzniku požáru.

Biologické účinky záření laserů

Laserové záření obecně působí na biologické tkáně mechanismem, který může zahrnovat působení tepla, fotochemických procesů a nelineárních účinků. Poškození tkáně je vázáno na fyzikální parametry zdroje záření, zejména vlnovou délku záření, dobu trvání impulsu záření, velikost obrazu, intenzitu ozařování a dávku ozáření. Příčinou všech typů poškození biologické tkáně je absorpce záření touto tkání. Probíhá na úrovni atomů nebo molekul a je to proces závislý na vlnové délce absorbovaného záření. Vlnová délka tedy určuje, kterou tkáň je určitý laser schopen poškodit. Tepelné účinky jsou spojovány s dobou trvání ozáření od 1 ms do několika sekund. Molekuly po absorbování energie zrychlí kmitání, dojde ke zvýšení teploty ve tkáni. Buňky v této oblasti jsou spálené, poškození tkáně plyne především z rozložení proteinů. Tento typ poškození je běžnější u laserů pracujících v kontinuálním režimu nebo u laserů s dlouhými pulsy, vyskytuje se však i u laserů s krátkými pulsy. Působením vodivosti se tepelná vlna šíří a dochází ke zvětšení plochy poškození. Fotochemické účinky jsou vyvolány absorpcí dané energie světla, spíše než uvolňování energie začnou probíhat chemické reakce. Tyto reakce jsou schopny vyvolat poškození již při nízkých úrovních ozáření. Pokožka, čočka oka a částečně i sítnice mohou vykazovat nevratné změny způsobené dlouhým ozářením nízkými úrovněmi UV záření a také viditelného světla s krátkou vlnovou délkou. K poškození dochází, pokud doba ozáření je nadměrná nebo se po dlouhou dobu opakují kratší ozáření. Nelineární účinky jsou vyvolány lasery s vysokými špičkovými výkony a krátkými pulsy. Cílová tkáň je ve velmi krátkém čase vystavena velmi intenzivnímu ozáření, dochází v ní k rychlému nárůstu teploty, při které se kapalná složka buněk přemění v plyn. Při této změně skupenství dojde k explozi a

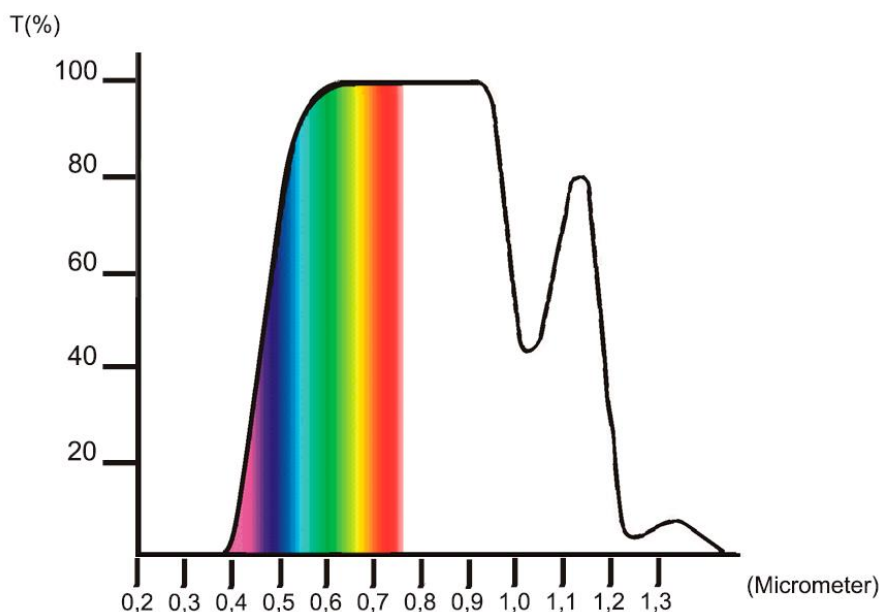
VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

prasknutí buňky. Může dojít k mechanickému poškození tkáně vzdálené od absorbuje vrstvy působením posunu tkání vůči sobě.

Lasery vyzařující UV a vzdálené infračervené záření jsou nebezpečné pro rohovku. Lasery vyzařující viditelné a blízké infračervené záření jsou nebezpečné pro sítnici (mezi rohovkou a sítnicí dochází ke zvýšení intenzity ozáření.) Poranění nebo spálení sítnice se hojí jizvou, jejíž umístění určuje závažnost poškození. Může vést ke zhoršení vidění, ale i ke ztrátě zraku. Na pokožce se vlivem viditelného a infračerveného záření může objevit zčervenání, puchýře, pigmentace, zanícení a následně zjizvení pokožky.

Míra přenosu (absorbovaná energie do oka) v závislosti na vlnové délce je důležitým parametrem při určování maximální přípustné hodnoty záření. Je zřejmé, že záření ve viditelném spektru může zasáhnout sítnici plným výkonem.



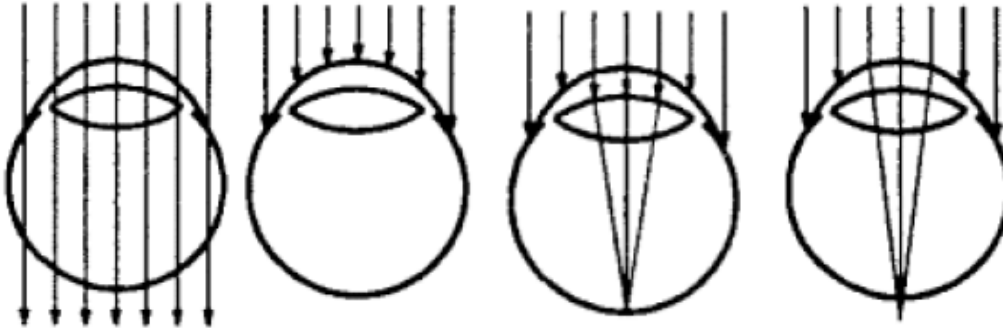
Obrázek 2 vliv vlnové délky na lidské oko

Kromě toho laserové záření proniká do oka v závislosti na vlnové délce jinak (viz následující obrázek).

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Vliv vlnové délky laserového záření na lidské oko

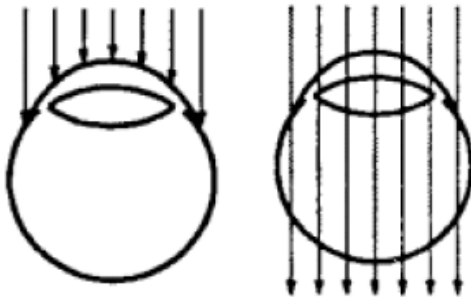


Obrázek 3 $< 180\text{ nm}$

Obrázek 4 $180 - 315\text{ nm}$

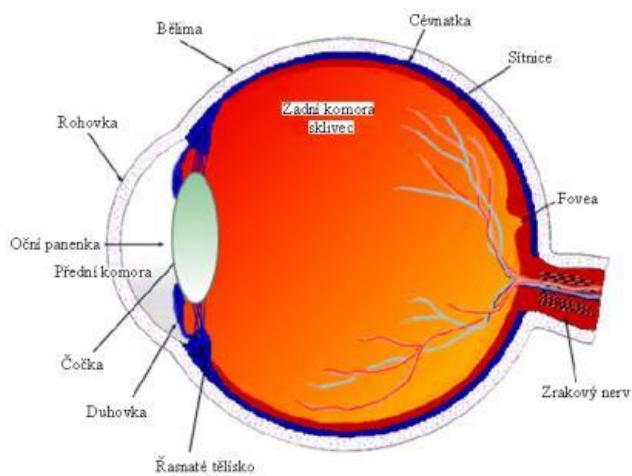
Obrázek 5 $315 - 700\text{ nm}$

Obrázek 6 $700 - 1400\text{ nm}$

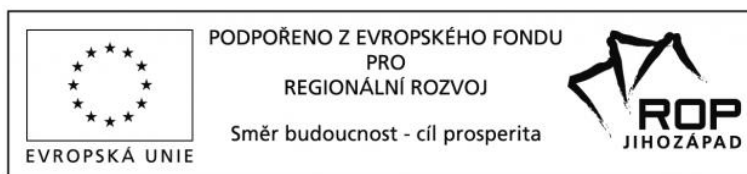


Obrázek 7 $1400 - 10^6\text{ nm}$

Obrázek 8 $> 10^6\text{ nm}$



Obrázek 9 lidské oko



VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Kategorizace při práci s lasery

Vyhláška MZ ČR č. 432/2003 Sb. stanovuje kritéria pro zařazování prací do kategorií z hlediska třinácti faktorů pracovního prostředí. V bodě 5 přílohy č. 1 k této vyhlášce je uveden faktor neionizující záření a elektromagnetická pole, kam spadá i laserové záření. Podle této vyhlášky se do druhé kategorie zařazují práce s lasery zařazené podle zvláštního právního předpisu do třídy IIIa. Do kategorie třetí se zařazují práce s lasery třídy IIIb. a IV. (Pozn.: vyhláška č. 432/2003 Sb. nebyla dosud novelizována a odkazuje na nařízení vlády č. 480/2000 Sb. o ochraně zdraví před neionizujícím zářením, ze kterého vychází i označování tříd římskými číslicemi). Povinnost předložit návrh na zařazení prací do kategorií orgánu ochrany veřejného zdraví je uložena zaměstnavateli v § 37 odst. 1 a 2 zákona č. 258/2000 Sb., v odst. 3 tohoto paragrafu jsou uvedeny údaje, které zaměstnavatel v návrhu uvede. V § 37 odst. 4 je zaměstnavateli uložena povinnost neprodleně oznámit orgánu ochrany veřejného zdraví práce, které zařadil do druhé kategorie a údaje rozhodné pro toto zařazení. Povinnost zaměstnavatele soustavně vyhledávat a hodnotit rizika v pracovním prostředí je dána obecně zákonem č. 262/2006 Sb. v § 102 odst. 3, přijímat opatření k jejich minimalizaci a vést dokumentaci o vyhledávání a vyhodnocování rizik a přijatých opatřeních je zakotvena v § 102 odst. 4, povinnost zajišťovat pro zaměstnance příslušná školení v § 103 odst. 2 a 3. Podobně jako u jiných rizikových faktorů je zaměstnavatel povinen podle § 40 zákona č. 258/2000 Sb. vést evidenci rizikové práce a ukládat ji stejně jako závěry lékařských preventivních prohlídek po stanovenou dobu. Jak vyplývá z výše uvedeného, veškeré důležité informace nutné pro bezpečné používání laserů musí být obsaženy v jejich technické dokumentaci. Uvědomění si rizika a důsledné dodržování bezpečných pracovních postupů minimalizuje ohrožení zdraví při práci s lasery. Kontrolní činnost orgánu ochrany veřejného zdraví se soustřeďuje zejména na existenci příslušné technické dokumentace, označení laseru výstražnými štítky s výstražným symbolem a výstražným textem, signalizaci chodu laseru, označení pracoviště bezpečnostními značkami, školení zaměstnanců, kategorizaci práce s laserem, evidenci práce s laserem.

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Označení pracoviště používající laserové záření



Obrázek 10 označení pracoviště používající laserové záření

Postup v případě ozáření laserem

Před prací se ujistíme, že ochranná zařízení tj. kryt stroje a bezpečnostní nouzové tlačítko jsou funkční - nepoškozené. Pokud tomu tak není, informujeme o tom odpovědného pracovníka a stroj v žádném případě nezapínáme do provozu. Pokud existuje důvodné podezření, že došlo k očnímu zranění z laserového záření, musí ihned poškozená osoba konzultovat svůj stav s očním lékařem. Informujeme vedoucího pracovníka (případně ředitele školy). Zaznamenáme události, které vedly k nehodě.

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Úloha č. 3 - Uvedení stroje do provozu (ProtoLaser S)

Zadání

Připravte a spusťte laserový stroj LPKF ProtoLaser S pro výrobu plošného stroje (hardware a software, vzduchové a odpadové hospodářství).

Řešení

Tento postup je nutno bezpodmínečně dodržet, tak jak je uvedeno v bodech níže!

Vzduchové hospodářství (Air-Dryer)

Zapneme kompresor vzdáleně přes webovou stránku, zadáme IP adresu: **192.168.4.222** (vložíme jméno a heslo).

Pro zapnutí kompresoru stiskneme rudé kolečko

Reverse out state

Reset time
0 0 0 0 0

| Out0 | Out1 | Out2 | Out3 | Out4 |

vzduch Out1 Out2 Out3 Out4

OFF OFF OFF OFF OFF

● ● ● ● ●

1 Off ▾ 2 Off ▾ 3 Off ▾ 4 Off ▾ 5 Off ▾

Set State

Auto switch Out

out0 out1 out2 out3 out4

65535 65535 65535 65535 65535

65535 65535 65535 65535 65535

PWM Output OFF

Frequency= 5008 Hz 5008

Duty= 50.0 % 50.0

Start

Informace zda motor běží (HIGH=běží, LOW=neběží)

Input	Value	Unit	kal	Sensor type
Inp1	N/A	°C	0.0	<input checked="" type="radio"/> TEMP <input type="radio"/> VCC 1
Inp2	N/A	°C	0.0	<input checked="" type="radio"/> NTC10 <input type="radio"/> KTY84
Inp3	0.0	V	0.0	
Inp4	N/A	°C	0.0	PT1000
Inp5	0.00	A	0.00	<input type="checkbox"/> x10
Inp6	N/A	°C		DS18
Inp7	N/A	°C		DS18
Inp8	N/A	°C		DS18
Inp9	N/A	°C		DS18

Power measure

I3*I5	0.00	W		
P*t	0.000	Wh	Start	Reset

DIGITAL Inputs State

INP1D	INP2D	INP3D	INP4D
LOW	HIGH	HIGH	HIGH
motor	INPD	INPD	INPD

Obrázek 11 vzdálené ovládání kompresoru

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Otočíme ventil (1.) do polohy zapnuto a vyčkáme, až tlak na manometru sušičky dosáhne hodnoty cca 7.5 atmosfér. Po dosažení tlaku zapneme zelený spínač (2.) sušičky vzduchu a vyčkáme, až dosáhne ukazatel (3.) zelených hodnot (tlak a vlhkost vzduchu bude poté možné použít pro laserový stroj).



Obrázek 12 sušička vzduchu

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Odpadové hospodářství (Teka)

Překontrolujeme, zda vysavač frézy je připojen do elektrického okruhu – svítí kontrolka (1.) a zda není porušeno (rozpojeno) vedení odsávání (2.)



Obrázek 13 vysavač a zásobník na Cu



Obrázek 14 kontrola zapojení hadic odsávání

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Laserový stroj LPKF (ProtoLaser S)

Zapneme spínačem (1.) laserový stroj (teplota místnosti se musí pohybovat v rozmezí 22 °C (+/- 2 °C, max. 25 °C). Stroj nebude fungovat, pokud bude zamáčknuto bezpečnostní tlačítko (2.) nebo bude otevřen kryt stroje (3.)



Obrázek 15 laserový stroj LPKF ProtoLaser S



Obrázek 16 spínač pro ZAP / VYP



Obrázek 17 nouzové tlačítko



Obrázek 18 stavový indikátor stroje (status)

Ovládací program stroje (CircuitMaster)

Po splnění předchozích kroků spustíme osobní počítač (PC), přihlásíme se do systému OS a spustíme obslužný program LPKF CircuitMaster poklepnutím na zástupce umístěného na ploše, vyčkáme na komunikaci programu s frézou – nic neukončujeme.

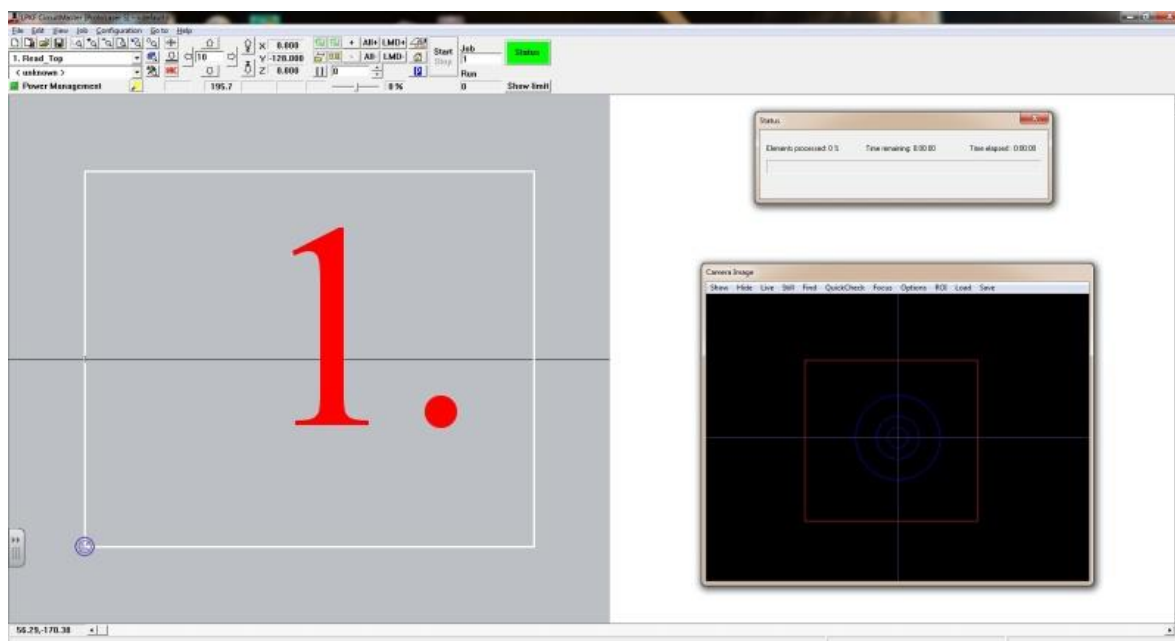
VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 19 zobrazené okno při startování programu

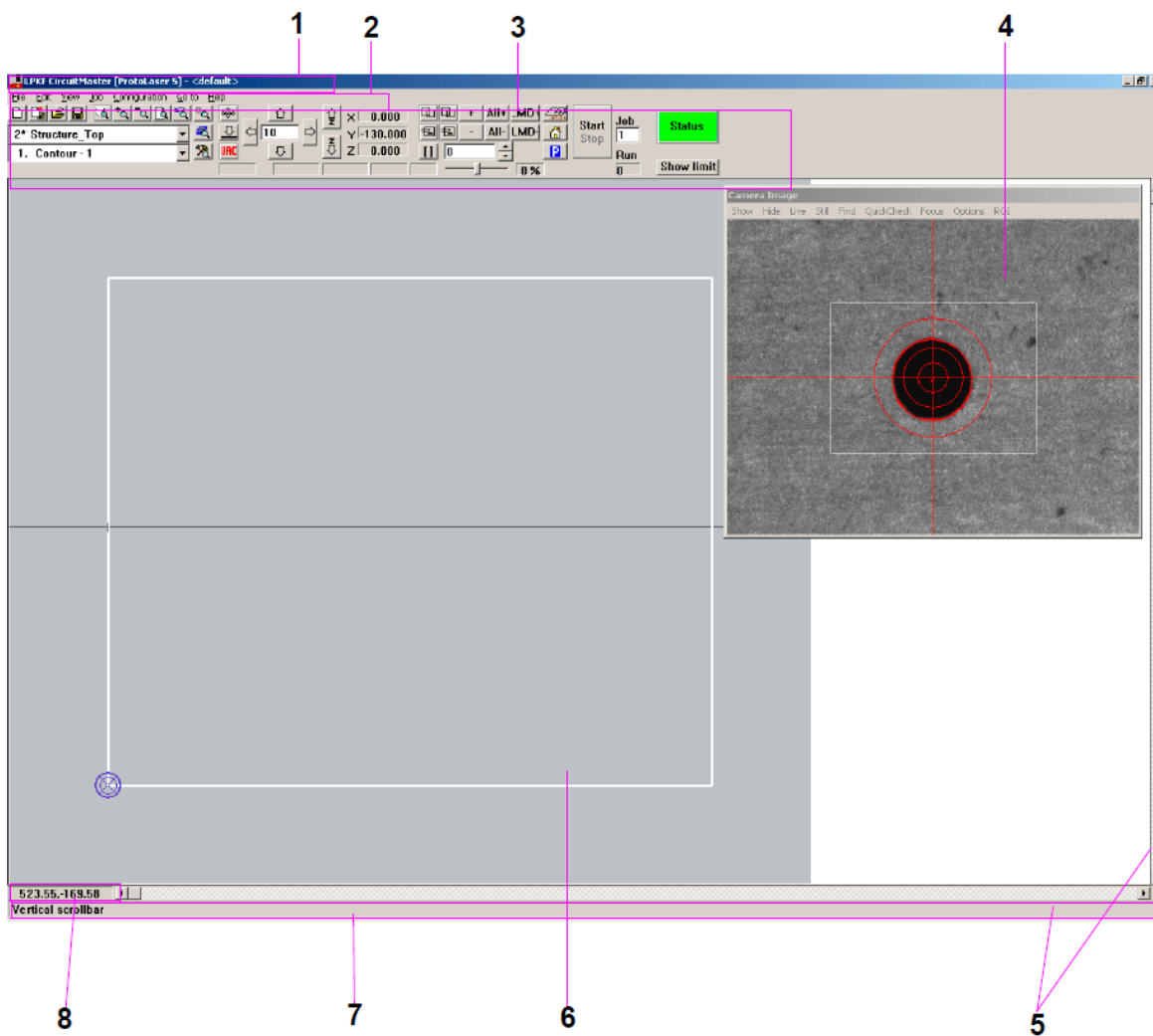
Při korektním spuštění se nám otevře okno programu (1.)



Obrázek 20 okno programu po zapnutí programu CircuitMaster

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

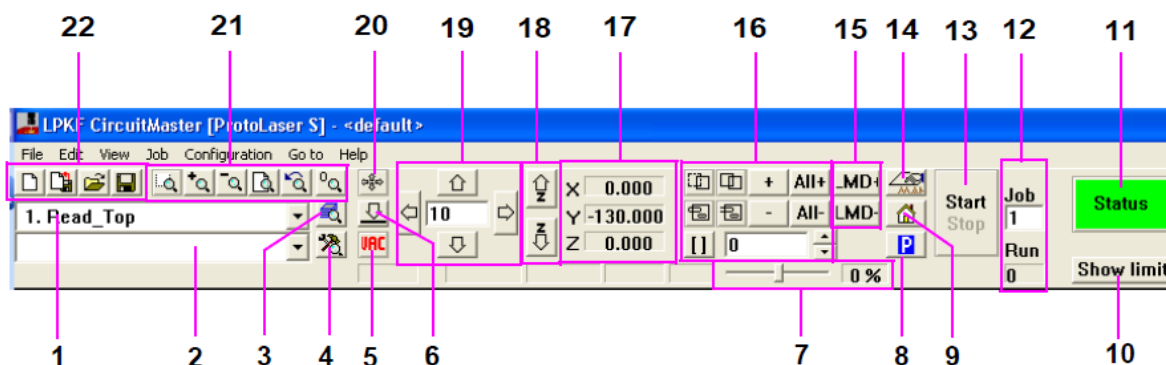


Obrázek 21 program CircuitMaster

1 = záhlaví programu, 2= lišta menu, 3= lišta funkcí, 4= obraz z kamery, 5= posuvníky, 6= pracovní plocha, 7= stavový řádek, 8= aktuální pozice kurzoru

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

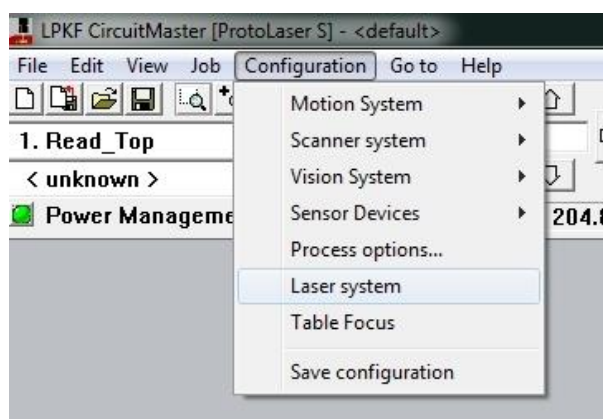
Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 22 lišta funkcí

1= Aktivní fáze (displej / výběr), 2= Aktivní nástroj (displej / výběr), 3= Nastavení výrobní fáze, 4= Nastavení nástroje (z knihovny), 5= Vakuum ZAP / VYP, 6= Měření výšky, 7= Nastavení rychlosti (+ / - 10%), 8= Posunutí stolu XY na pozici pauza, 9= Posunutí stolu XY na parkovací pozici, 10= Zobrazení dat procesu, 11= Stavové okno (semafor na stroji), 12= Počet pracovních režimů, 13= Start / Stop pracovního procesu, 14= Posunutí stolu XY na pozici dveře (vkládání materiálu), 15= Přidat / Odebrat LMD (CircuitCAM data), 16= Kopírování (vybereme, značka nebo přemístění objektu), 17= Zobrazení polohy skeneru osy XYZ, 18= Posun osy Z (nahoru / dolů), 19= Ruční pohyb pracovního stolu, 20= Ruční pohyb pracovního stolu (pomocí myši klikáním), 21= Funkce lupa, 22= Funkce soubor (nový, import, export, otevřít, uložit)

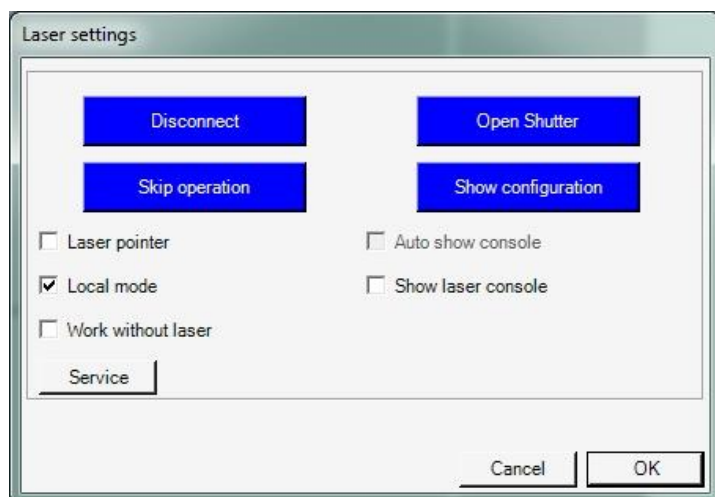
Otevřeme závěrku laseru – cesta na panelu: **Configuration/ Laser system** a zadáme **Open Shutter**



Obrázek 23 nastavení laseru

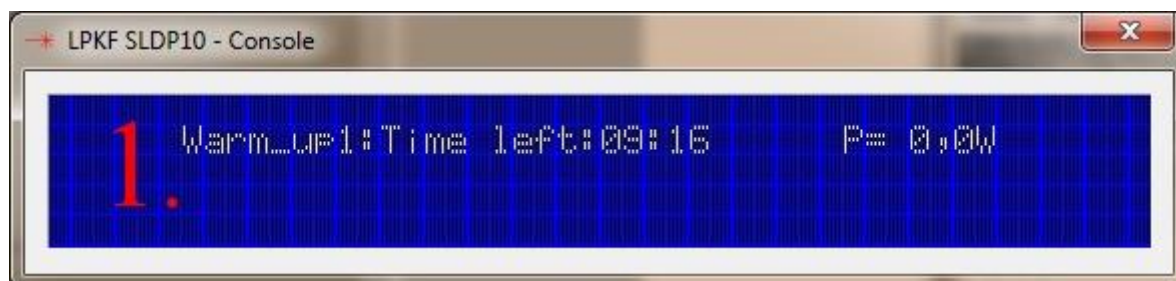
VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 24 Open Shutter

Začne se odpočítávat čas 10 minut (1.) pro zahřátí laseru na provozní teplotu. V čase náběhu stroje si spustíme program CircuitCAM a připravíme si data pro výrobu (pokud je toto potřeba a data ještě nemáme připravena – využijeme čas zahřívání stroje).



Obrázek 25 stavové okno programu

Vypnutí stroje po skončení prací

Vypnutí systému je přesný opak startovací sekvence tzn. ukončit program CircuitMaster, vypnout laserový stroj, vypnout sušičku vzduchu, uzavřít ventil vzduchu, vypnout kompresor (přes web).

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Parametry stroje (LPKF ProtoLaser S)

Max. pracovní prostor (X / Y / Z): 229 x 305 x 10 mm

Rychlost stroje: \varnothing 6 cm² / min (\varnothing při 18 μ m Cu)

Průměr paprsku v ohnisku: 25 μ m (\varnothing při 18 μ m Cu)

Minimální šířka spoje: 50 μ m / mezery 25 μ m (závisí na materiálu a nastavení parametrů laseru)

Rozlišení při skenování pole: 2 μ m

Opakovatelnost výroby: \pm 2 μ m (přímé opakované pohyby laserového paprsku)

Frekvence laseru: 10 - 100 kHz, kontinuální vlny (CW)

Typ laseru: infračervená LED dioda cca 20W (neviditelné spektrum!) **LASER TŘÍDY 1**

Rozměry stroje (Š x H x D): 875 x 1430 x 750 mm (otevřené dveře stroje 875 x 1730 x 750 mm)

Hmotnost stroje: cca 280 kg

Elektrické napájení: 110 / 230 V, 50-60 Hz, 1,4 kW

Přívod stlačeného vzduchu: min 6 bar, 160 l / min

Chlazení stroje: chladicí jednotka chlazená vodou (interní chladicí okruh)

Okolní provozní teplota: 22 \pm 2 °C (nad 25 °C se stroji sníží výkon/případně vyhlásí poruchu)

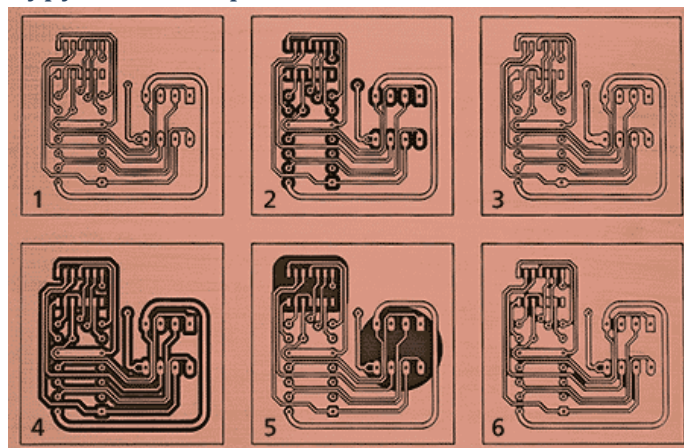
Změny teploty v čase: maximálně 0,5 °C / hodinu

Vlhkost vzduchu: maximálně 60 %

Požadované příslušenství: kompresor, vysoušeč vzduchu, vysavač s HEPA filtrem

Nosnost podlahy pro stroj: min. 65 kg/cm²

Typy izolačních ploch u PCB



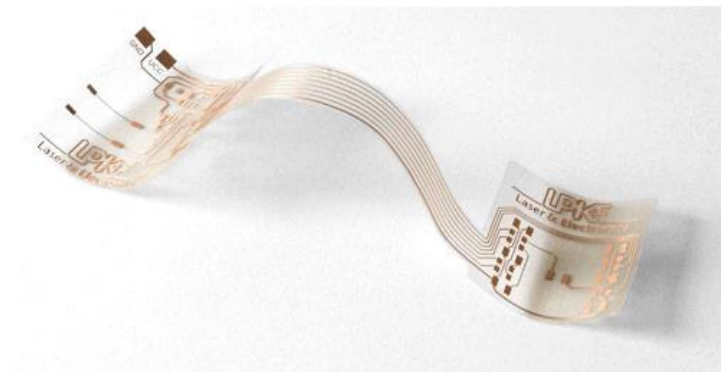
Obrázek 26 různé typy izolačních ploch

1. **Standardní izolace** - nejrychlejší výroba pro jednoduché desky
2. **Pad Clearance Isolation** - pro snadnější pájení, zejména SMD
3. **Micro Cut Isolation** - miniaturní mezery (0,1 mm) použity pouze tam, kde je třeba
4. **Track Clearance Isolation** - širší mezery, vhodné pro VN izolaci nebo proti parazitní kapacitě
5. **Rubout** - částečné nebo kompletní odstranění nepoužité plochy
6. **Spike removal** - jako pol. 1, ale s odstraněním malých nestabilních plošek

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

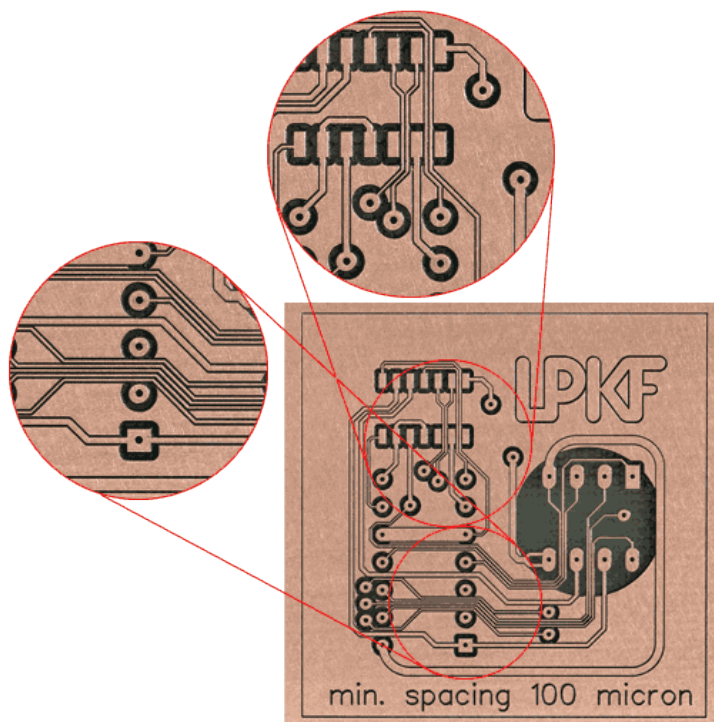
Flex rigid PCB - pružné a ohebné desky plošných spojů



Obrázek 27 pružná ohebná deska

Micro Fine Pitch Technologie

5 spojů mezi 1/10" rastru (vlevo) a 2 spoje mezi 1/20" SMD rastrem (nahore)



Obrázek 28 technologie Micro Fine Pitch

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Úloha č. 4 – CircuitMaster import souboru (LMD, LPR)

Zadání

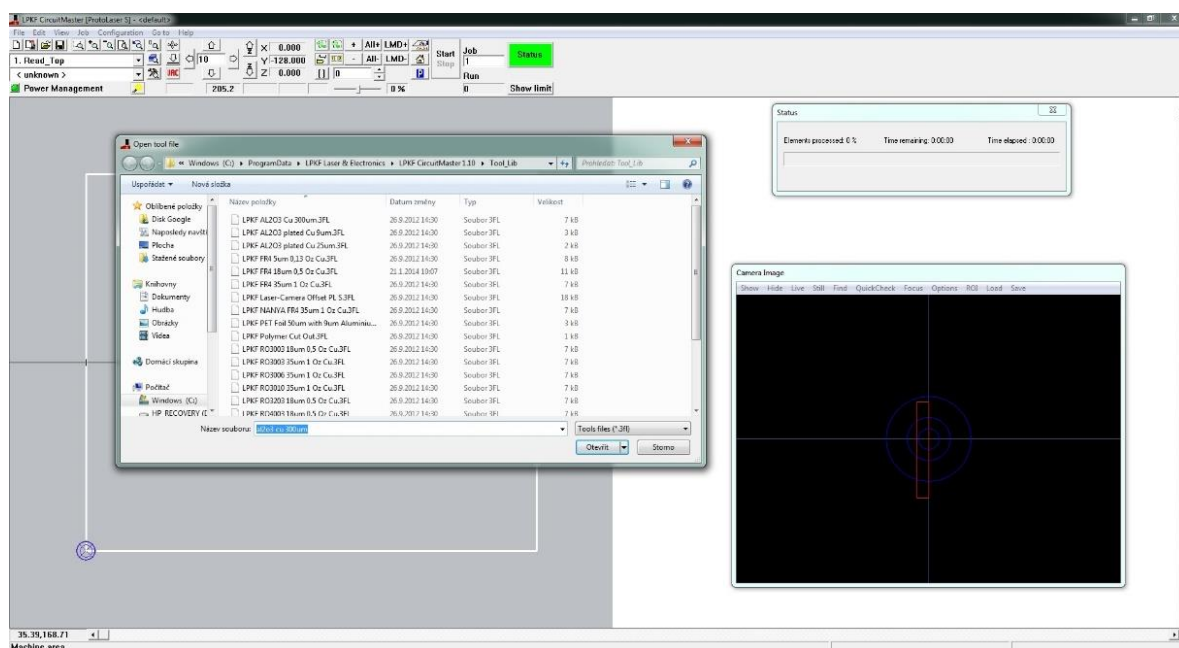
Proveďte načtení souboru (vytvořeného v programu CircuitCAM) do programu CircuitMaster a proveďte nastavení nástroje pro výrobu.

Řešení

V menu File vybereme položku Import (soubory typu LMD / LPR) nebo pomocí klávesové zkratky:

CTRL + I nebo kliknutím na ikonu .

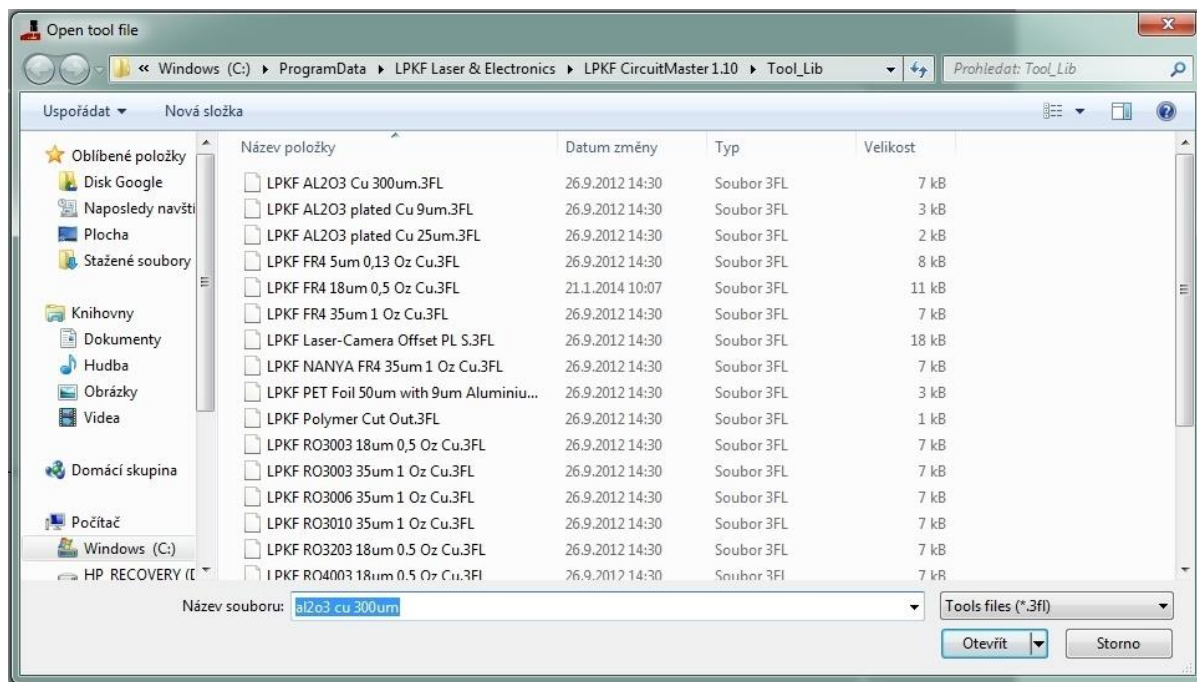
Po importu se otevře okno pro výběr nástroje (volba typu materiálu a tloušťky mědi).



Obrázek 29 po importu se otevře okno s výběrem nástroje (materiál a tloušťka mědi)

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

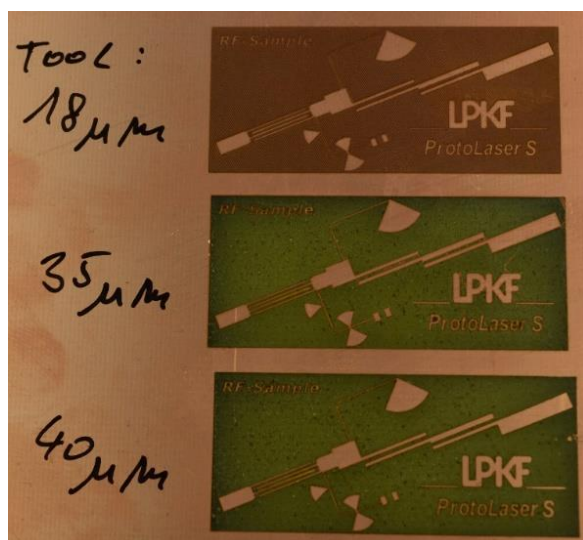
Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 30 knihovna nástrojů

Zvolíme parametr dle naší desky spojů (příklad LPKF FR4 35 um).

Pokud zvolíme nevhodný nástroj, bude vypadat výsledek jako na obrázku níže.



Obrázek 31 pohled na desku s různými typy nástrojů



Obrázek 32 nevhodně zvolený pracovní nástroj

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Úloha č. 5 – CircuitMaster nastavení parametrů PCB

Zadání

Proveďte v programu CircuitMaster nastavení parametrů plošného spoje (výběr nástroje, zadání tloušťky materiálu).

Řešení

Do stroje ProtoLaser S můžeme vložit plošný spoj (jednostranný / oboustranný) až do velikosti **A4 tzn. do rozměrů 210 x 297mm** (maximální velikost stolu stroje je: 229 x 305 mm). Plošný spoj může být i menší než A4, ale bude nutné (v případě nutnosti velice malé desky) zakrýt ostatní prostor pracovního stolu proti sání „falešného vzduchu“. PCB (deska spojů) drží na pracovním stole pomocí vakua z důvodu dokonalého přilnutí PCB k podkladu a tím vyrovnání nerovností PCB.

Pro měření tloušťky desky používáme přesnou digitální posuvku



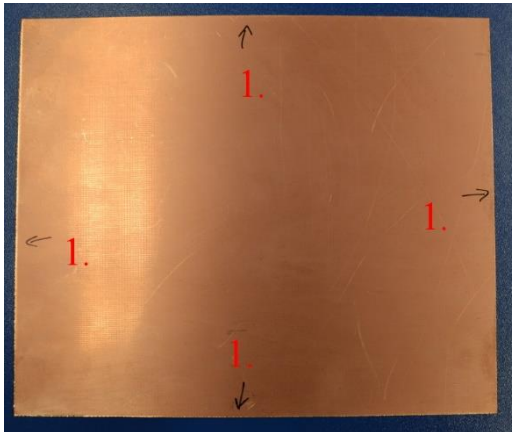
Obrázek 33 digitální posuvka Holey

Zapneme posuvku (tlačítko ON), přiblížíme čelisti k sobě a provedeme kalibraci posuvky (tlačítko ZERO). Plošný spoj má z výroby nepřesnosti (pokud je rozdíl tloušťky dvou protilehlých stran velký bude nejspíše problém s materiálem desky – tuto desku vyřadíme a do laserového stroje nepoužijeme. Tento problém mají typicky odřezky z velkých desek).

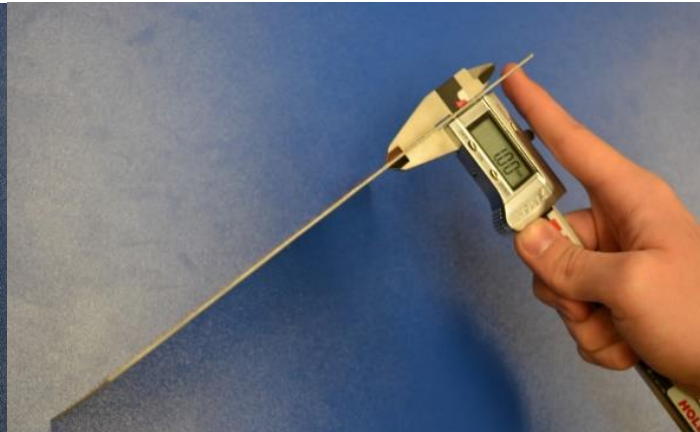
Tloušťku plošného spoje změříme vždy na čtyřech místech (1.) a hodnotu zadávanou do stroje zprůměrujeme.

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 34 místa pro měření tloušťky desky



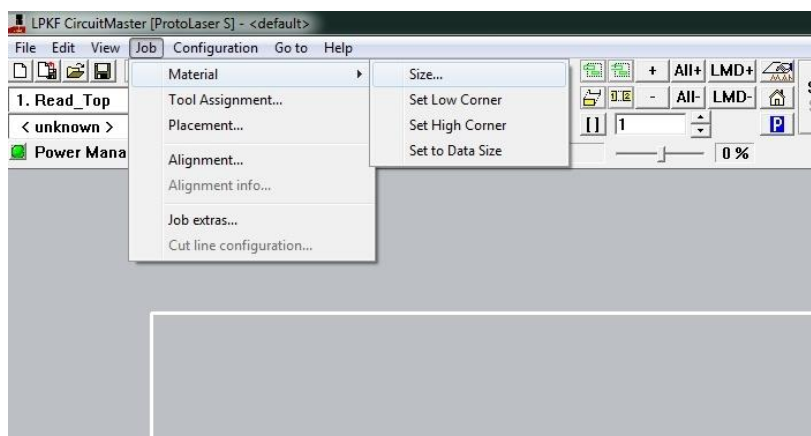
Obrázek 35 měření tloušťky digitální posuvkou

Příklad výpočtu: (strana: A, B, C, D)

A= 1.02, B= 1.08, C= 1.41, D= 0.89

Vypočtená (zadávaná) hodnota tloušťky do stroje: 1.1 mm

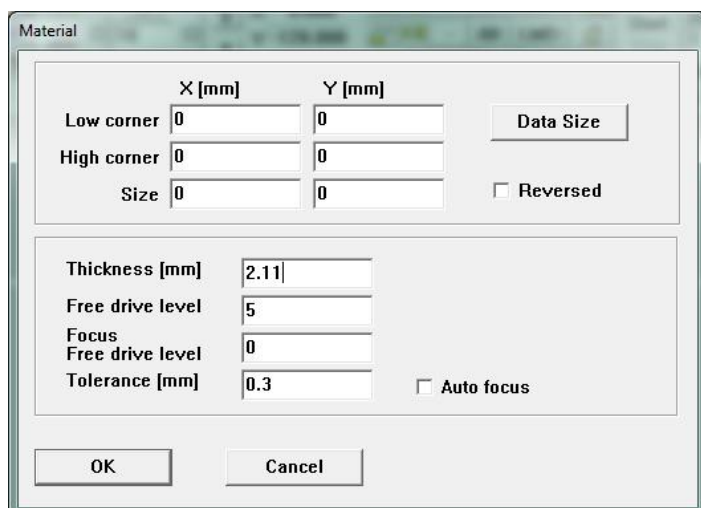
V menu CircuitMaster vybereme položku **Job / Material / Size**



Obrázek 36 cesta pro výběr velikosti desky

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

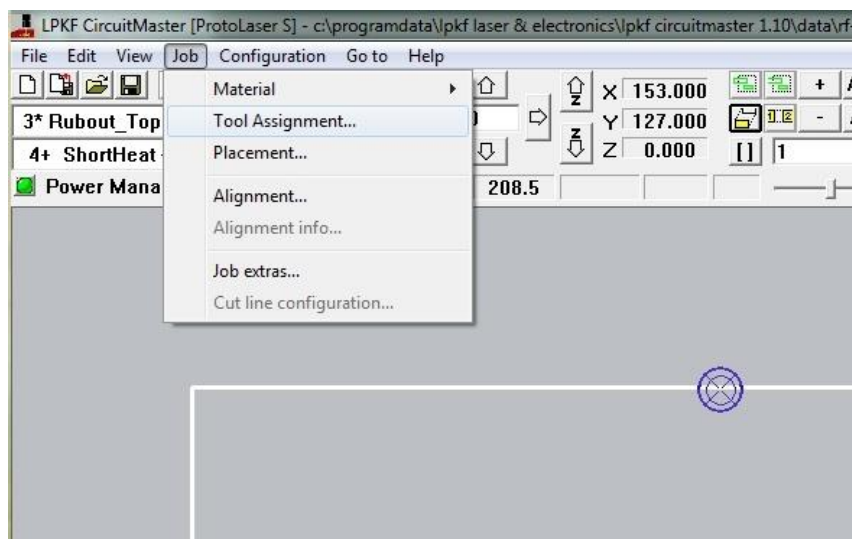


Obrázek 37 okno pro nastavení materiálu

Do okénka „Thickness“ vložíme naši vypočítanou tloušťku desky v mm a stiskneme OK.

Pokud jsme ještě nezvolili nástroj, který chceme používat (nástroj se vybírá i při importu dat) nastavíme ho nyní.

Otevřeme v menu položku **Job / Tool Assignment** a vybereme pracovní nástroj.



Obrázek 38 nastavení / změna pracovního nástroje

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Úloha č. 6 – CircuitMaster vložení PCB do stroje

Zadání

Vložte plošný spoj do laserového stroje. Nastavte krajní polohy plošného spoje (levý dolní a pravý horní roh).

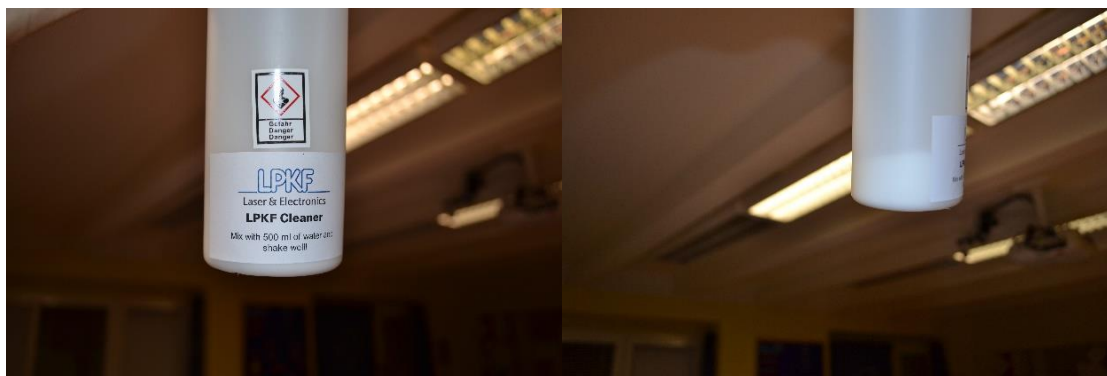
Řešení

Kontrola čistoty PCB

Nejprve jsme změřili tloušťku desky spojů (předcházející úloha). **Před vložení desky spojů do laserového stroje zkontrolujeme, zda je deska „čistá“.** Deska je často mastná nebo zoxidovaná. **Že je deska dostatečně čistá poznáme tak, že voda se na ní drží rovnoměrně po celé ploše a nemá tendenci tvořit jednotlivé kapičky.** Vyplatí se raději čistit více než méně, protože zejména staré desky mohou být pokryty vrstvou, na kterou nejde pájet.

Desku plošného spoje bychom měli vyčistit a odmastit:

- Potravinářskou kyselinou citrónovou (2cm prášku do 0,5 láhve smíchat s vodou)
- Pasta na nádobí „Toro“. Dobré výsledky také vykazují přípravky na mytí "silně špinavých rukou" tedy něco na způsob známé „Solviny“.



Obrázek 39 originální čisticí prostředek LPKF

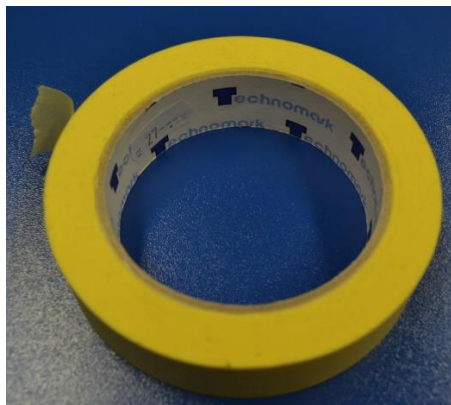
Obrázek 40 2cm kyseliny citrónové v 500ml láhvi

Āretace PCB na pracovním stole stroje

Vkládaná deska spojů nemusí být použita celá A4, lze vložit i menší desku, ale bude potřeba zakrýt okolí PCB kousky jiných PCB (sací otvory celého stolu A4 by měly být zakryty z důvodu vakuového držení PCB. Pokud je deska PCB alespoň o velikosti A5 není toto potřeba). **Pro āretaci PCB ke stolu používáme papírovou pásku.** PCB přichytíme po stranách ke stolu (když stroj neběží, není zapnuté vakuum stolu a deska by se při pohybech stolu mohla posouvat).

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 41 papírová lepenka šíře 2cm

Postup vložení PCB do stroje

Klikneme myší na ikonu pro vyjetí stolu



Obrázek 42 tlačítko pro vyjetí stolu

a vyčkáme na dojezd stolu směrem ke dveřím stroje.

Otevřeme kryt laserové frézy (plastový kryt – tažením madla směrem ke stropu).

Upozornění: pokud otevřeme dveře stroje dříve, než bude pracovní stůl v pozici u dveří, dojde k vyhlášení poruchy – nebezpečí! (v případě „zamrznutí“ stroje, uzavřeme dveře stroje a provedeme restart programu CircuitMaster).

Stavový indikátor (nebo semafor na stroji) změní barvu ze zelené barvy na žlutou barvu – tj. upozornění.



Obrázek 43 stavový indikátor stroje

Pokud poklepeme myší na okno status, otevře se stavový monitor, kde jsou vypsána upozornění.

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

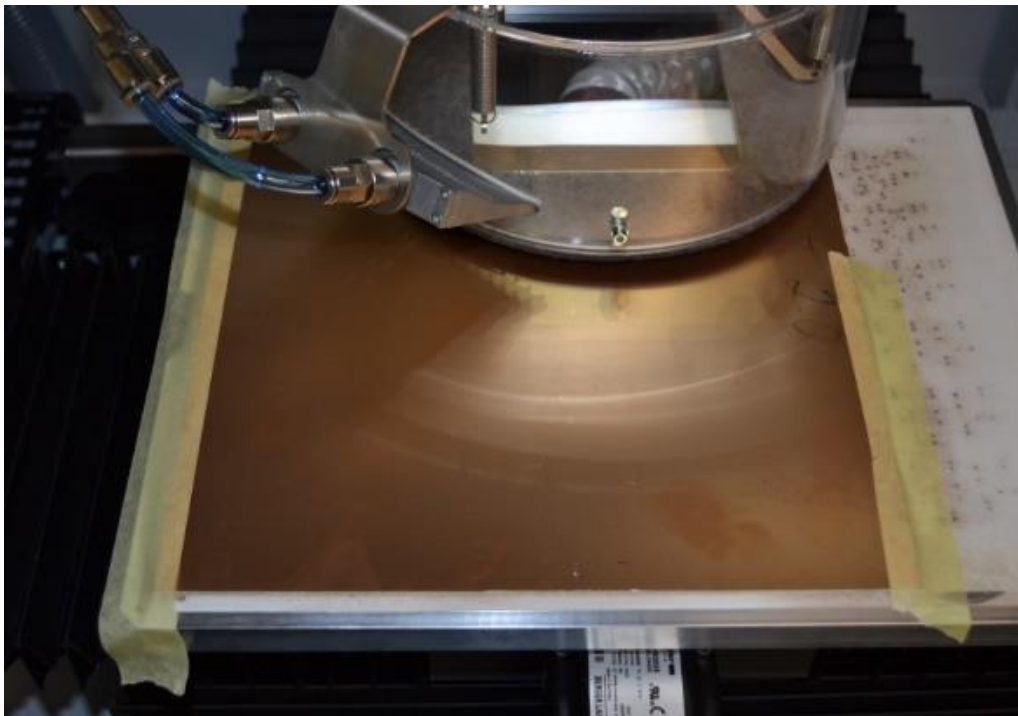
Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Fault Time	Client Description	Fault Code	Fault Type	Fault Description
11.12.2006 11:0...	SMCU	503	Information	[E503] Resynchronisation
11.12.2006 11:0...	SMCU	503	Information	[E503] Resynchronisation
11.12.2006 11:0...	SMCU	503	Information	[E503] Resynchronisation
11.12.2006 11:3...	Door	1000	Warning	Door Opened

Obrázek 44 stavový monitor

Na obrázku je vidět hlášení (varování), že jsou otevřeny dveře stroje.

Na pracovní stůl přilepíme po obvodu vkládaný plošný spoj papírovou páskou.



Obrázek 45 přilepená PCB na pracovním stole

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

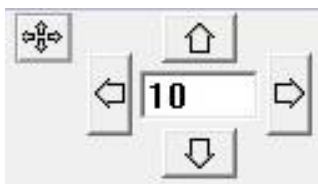
Uzavřeme dveře stroje a spustíme laserové ukazovátko klepnutím na liště na žlutou ikonu.



Obrázek 46 správce napájení

Tím se na PCB ukáže červený bod laserového ukazovátko pro snazší zaměření desky.

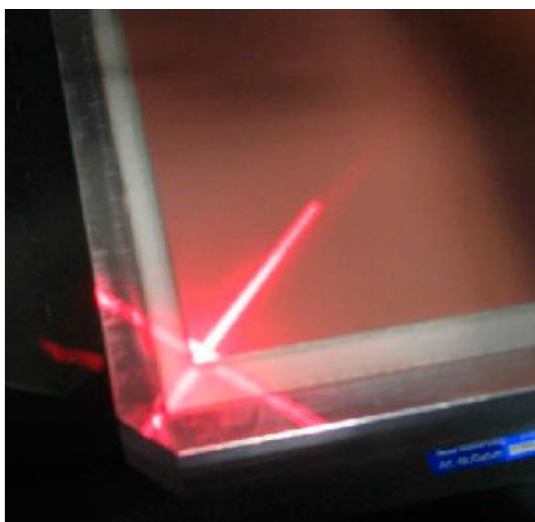
Provedeme zaměření krajních pozic PCB desky pomocí šipek (nebo myši po aktivaci ikonky vlevo nahoře).



Obrázek 47 šipky pro posun stolu

(Pokud klepneme do pole mezi šipkami, můžeme stolem pohybovat pomocí klávesnice při stisknutí pravého CTRL + šipky na klávesnici).

Najedeme paprskem ukazovátko nejprve na levý spodní roh.

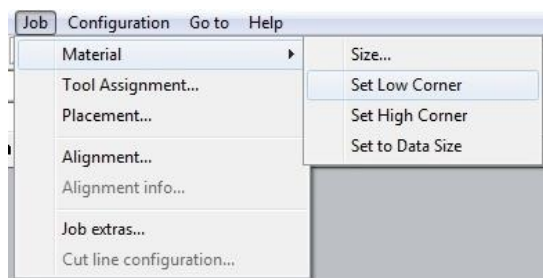


Obrázek 48 nastavení levého spodního rohu PCB

V menu otevřeme cestu Job / Material / Set Low Corner a tím uložíme pozici.

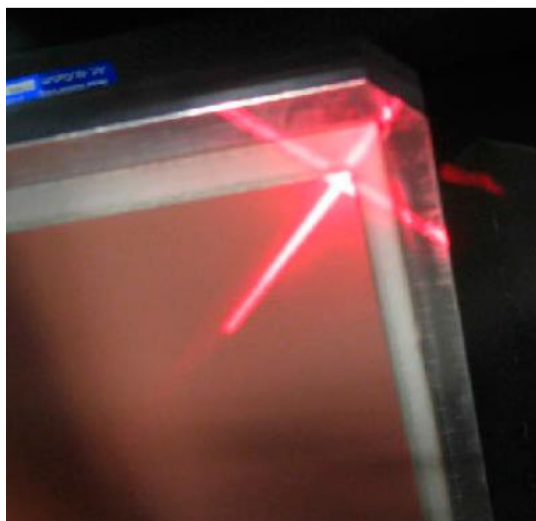
VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



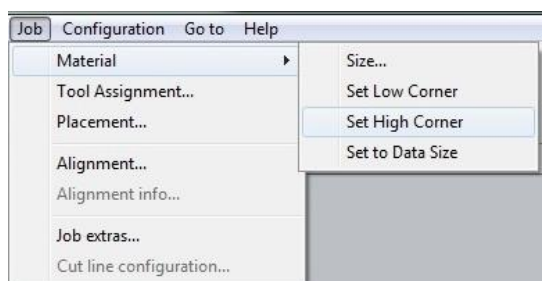
Obrázek 49 nastavení levého dolního rohu

Proces opakujeme pro nastavení pravého horního rohu.



Obrázek 50 nastavení pravého horního rohu PCB

V menu otevřeme cestu **Job / Material / Set High Corner a tím uložíme pozici.**



Obrázek 51 nastavení pravého horního rohu

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Vypneme laserové ukazovátka klepnutím na liště na žlutou ikonu.



Obrázek 52 žluté tlačítko ukazovátka

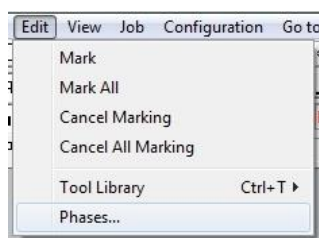
Úloha č. 7 – CircuitMaster nastavení výrobních fází

Zadání

Provedte nastavení výrobního procesu laserového stroje (Phases).

Řešení

Výrobní proces se nastavuje v menu: **Edit / Phases**



Obrázek 53 cesta k procesu Phases

Nebo klepneme myší na tlačítko Phases.



Obrázek 54 tlačítko Phases

Zatrhneme okénko Multi Selection pro více možností.

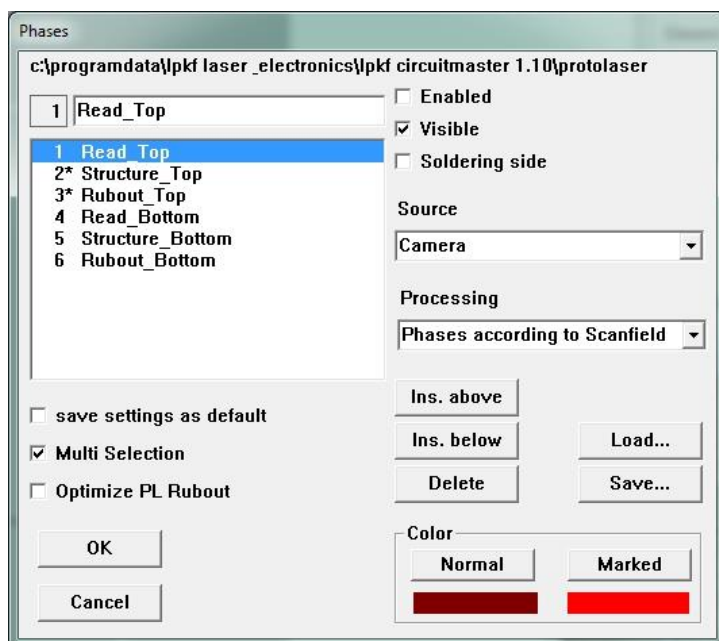
Nastavíme kroky výrobního procesu pro Top stranu desky spojů (zatrhávácí okénko „Enable“).

Pokud nebudeme pracovat se stranou Top, nezatrhneme ani jednou Enable na Top straně, ale rovnou se věnujeme spodní straně Bottom.

V případě, že nepoužíváme zaměřovací výchozí body (Fiducial) je potřeba v nastavení nepovolit Enable Read Top (Enable Read Bottom).

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 55 okno s nastavením výrobního procesu

Výrobní proces se skládá z těchto kroků (kroky se dají editovat):

Vrchní strana desky (Top)

Read Top = zaměření výchozích otvorů (4ks vrtané otvory v DPS) pohled na PCB kamerou

Structure Top = vypálení obrysů spojů

Rubout Top = odstranění mědi

Spodní strana desky (Bottom)

Read Bottom = zaměření výchozích otvorů (4ks vrtané otvory v DPS) pohled na PCB kamerou

Structure Bottom = vypálení obrysů spojů

Rubout Bottom = odstranění mědi

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Úloha č. 8 – CircuitMaster import vrtané PCB z ProtoMatu

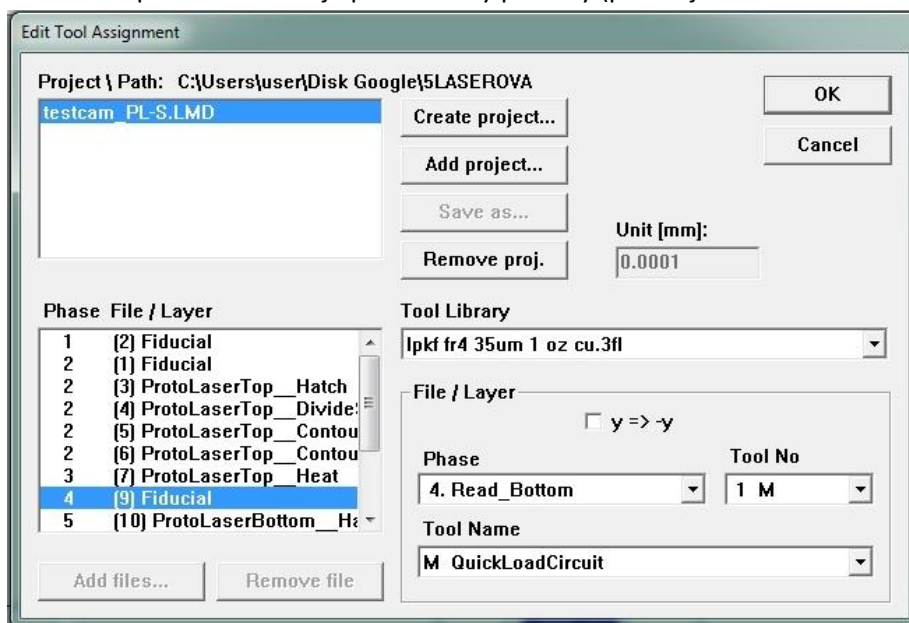
Zadání

Provedte zaměření sesazovacích výchozích otvorů (fiducial) a vyrobte oboustrannou desku.

Řešení

V případě oboustranné desky spojů potřebuje stroj znát polohu desky (z důvodu překryvu vrstev Top a Bottom nebo vrtání a následného frézování mědi laserem). Stroj ProtoLaser S má instalovanou kameru sledující plošný spoj a je schopen rozpoznat vyvrtané zaměřovací otvory (fiducial). Otvory mají průměr 1.5mm.

- Importujeme soubor LMD s předlohou (vygenerováno v CircuitCAM)
- Nastavíme knihovnu pro tloušťku mědi v μm (od 5 - 70 μm)
- Nastavíme tloušťku desky v mm (průměr ze 4 bočních měření)
- Nastavíme pracovní nástroje pro všechny procesy (pokud je to nutné - Tool Assignment)



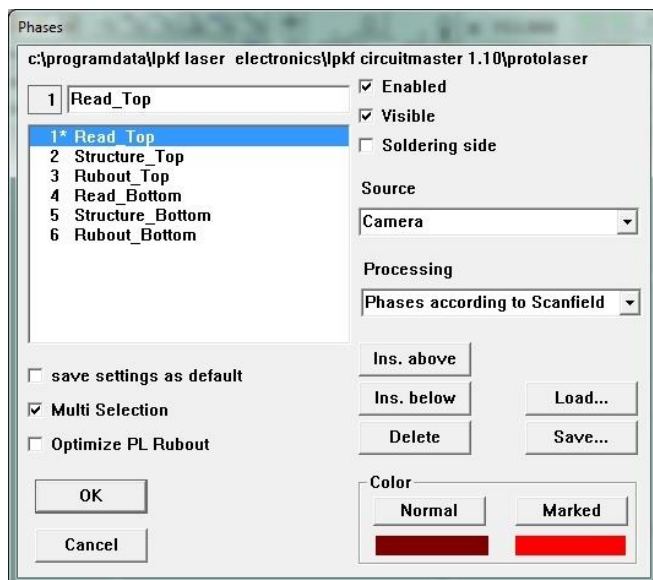
Obrázek 56 okno Tool Assignment

Otevřeme menu pro nastavení Phases cesta: **Edit / Phases**.

V nastavení procesu Phases povolíme („Enabled“) pouze pro položku **Read Top** a pokračujeme "OK".

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

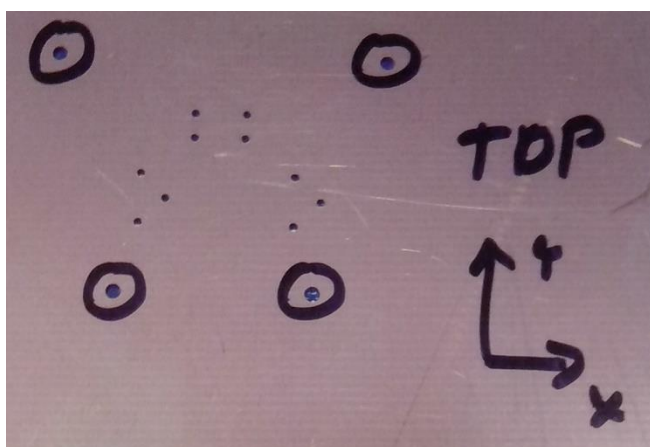
Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 57 okno Phases

Zaměření otvorů vrstva Top

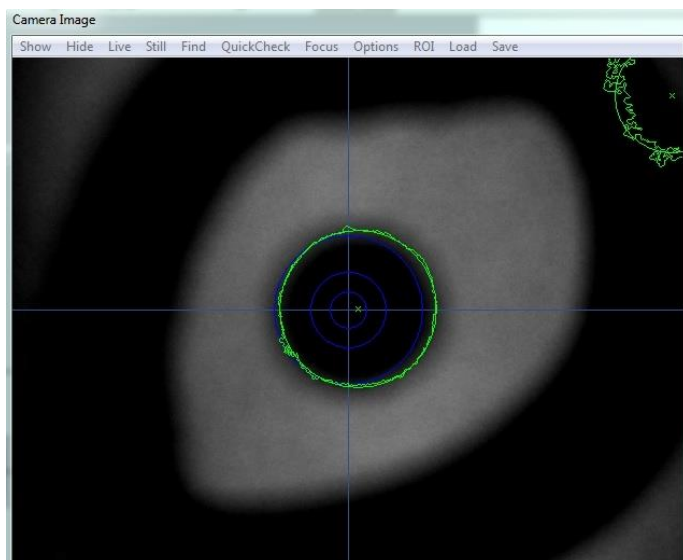
Zapneme laserové ukazovátko a posouváním pracovního stolu v ose X(Y) najedeme na zaměřovací (fiducial) otvor (například levý horní otvor) do středu kamery (okno „Camera Image“).



Obrázek 58 zakroužkované vyvrtané zaměřovací otvory v desce

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 59 okno Camera Image se zaměřeným levým horním otvorem

Klikneme na tlačítko přiblížení výřezu návrhu desky.



Obrázek 60 tlačítko přiblížení - výřez

Klikneme na tlačítko přesunu motivu desky.

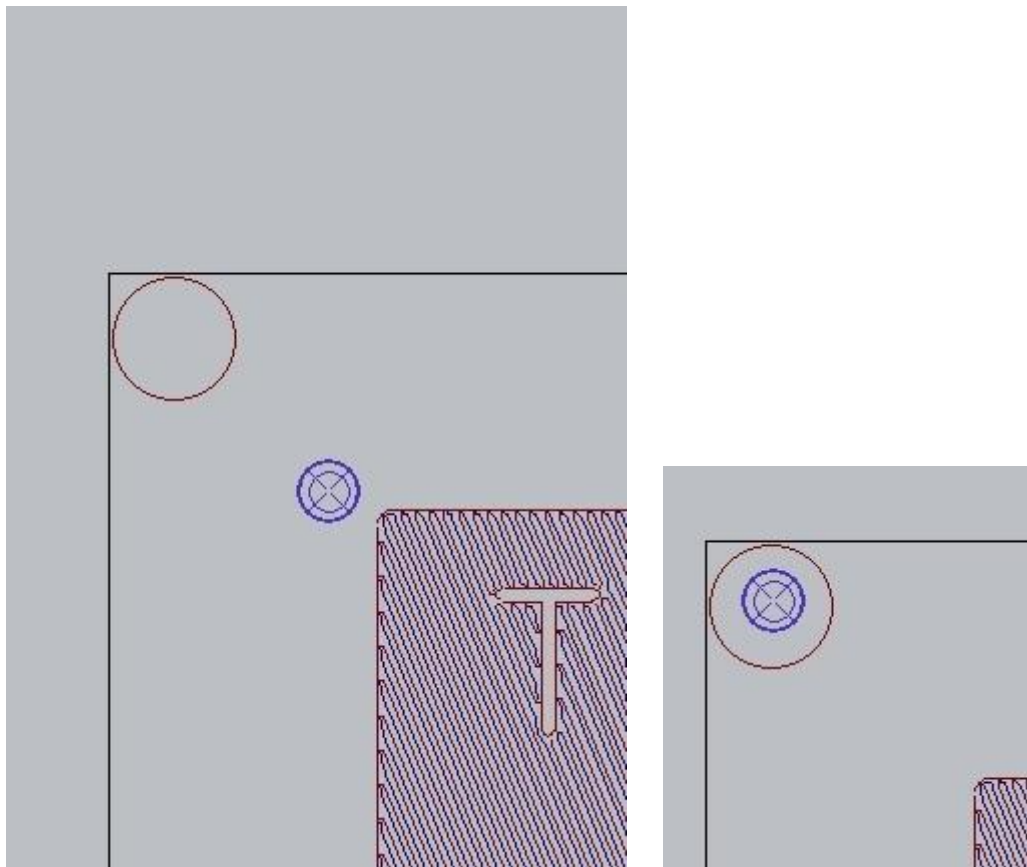


Obrázek 61 tlačítko přesunu

Přesuneme motiv desky (červený kruh) přes fialový kříž (aktuální pozice stolu na zaměřeném otvoru z předchozích bodů).

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 62 motiv desky není sesouhlasen s otvorem

Obrázek 63 správně sesouhlasený motiv s otvorem na desce

Označíme celý návrh tlačítkem All+.



Obrázek 64 tlačítko označení celé plochy návrhu

Spustíme výrobní proces tlačítkem Start/Stop.



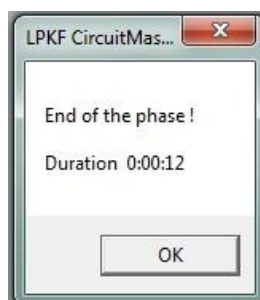
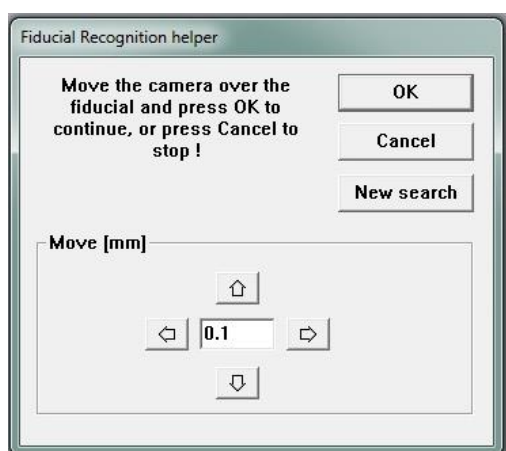
Obrázek 65 tlačítko spuštění výroby

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

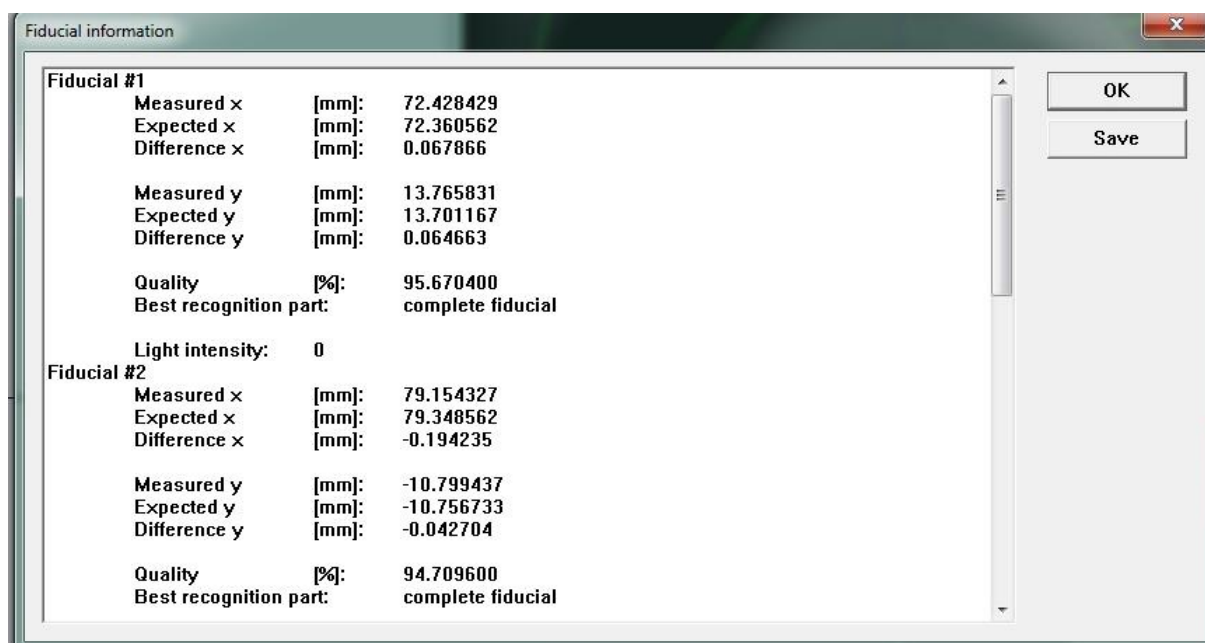
Poznámka: kamera se bude nyní pohybovat po pracovní ploše a bude se snažit zaměřit se na zaměřovací otvory (všechny čtyři otvory).

Pokud kamera nenajde otvory automaticky, budeme muset zaměřit otvory manuálně. Ručně posuneme stůl tak, aby kamera byla přesně na otvoru. Nejmenší krok, který lze nastavit v ose X(Y) je 0,005 mm. Stiskneme tlačítko „OK“. Stroj se potom přesune na další výchozí bod.



Obrázek 66 okno pro ruční zaměření (pokud nenalezne otvory stroj sám)

Obrázek 67 ukončení procesu hledání otvorů



Obrázek 68 okno s informacemi o úspěšném vyhledání otvorů

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Po zaměření všech otvorů otevřeme menu pro nastavení Phases.

Zakážeme v nastavení Read Top, povolíme Structure Top a Rubout Top. Stiskneme tlačítko „OK“.

Označíme celý návrh tlačítkem All+.

Spustíme výrobní proces tlačítkem Start/Stop.

Spustí se výroba horní strany desky. Pokud stroj nebyl ještě aktivní, spustí se odpočet 10 minut pro zahřátí laseru (warm-up) a odpočet sekundárního ohřevu 30 vteřin.

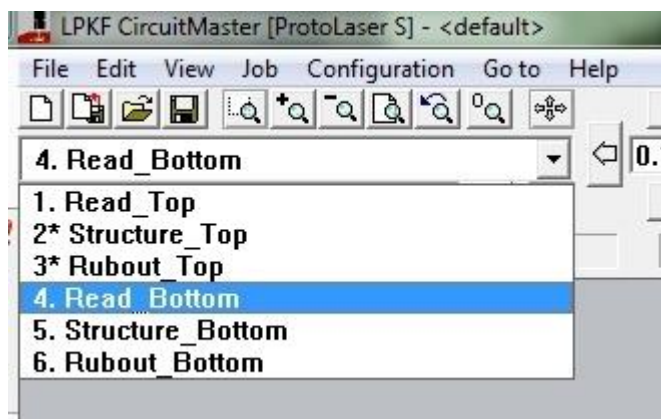


Obrázek 69 okno zahřívání laseru

Po zahřátí se automaticky spustí výrobní proces horní strany desky.

Zaměření otvorů vrstva Bottom

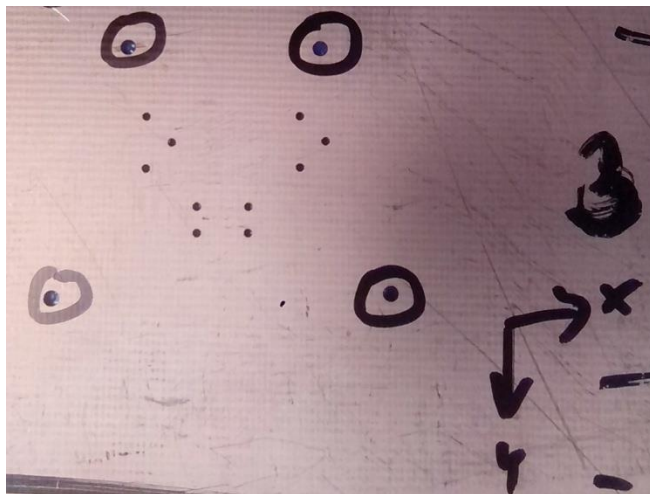
Po ukončení výroby horní strany desky desku otočíme v ose X o 180° a **celý proces opakujeme pro spodní stranu**. Přepneme se v okně proces na vrstvu Read Bottom (abychom viděli a mohli zaměřit spodní stranu desky).



Obrázek 70 přepnutí vrstvy na Read Bottom

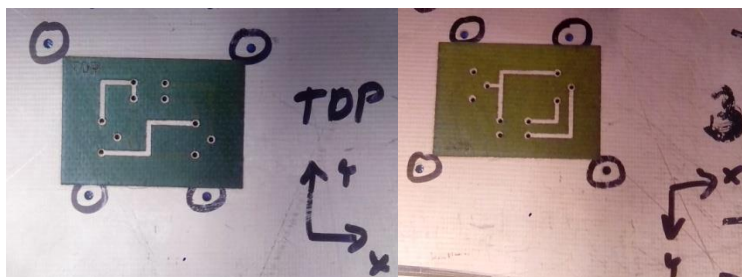
VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 71 převrácená deska okolo osy X

Po provedení prací strojem na vrstvě Top a Bottom dostaneme finální podobu plošného spoje.



Obrázek 72 hotový spoj Top

Obrázek 73 hotový spoj Bottom

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Úloha č. 9 – CircuitMaster spuštění výrobního procesu

Zadání

Provedte spuštění výrobního procesu.

Řešení

Po zadání veškerých parametrů desky (tloušťka desky, tloušťka mědi), označení rozměrů desky a nastavení procesu (Phases) **klikneme na ikonu přesunu návrhu.**



Obrázek 74 tlačítko přesunu návrhu

Umístíme myši předlohu na šedý výřez (skutečný rozměr desky je zobrazen jako šedá plocha).

Označíme celý návrh tlačítkem All+.

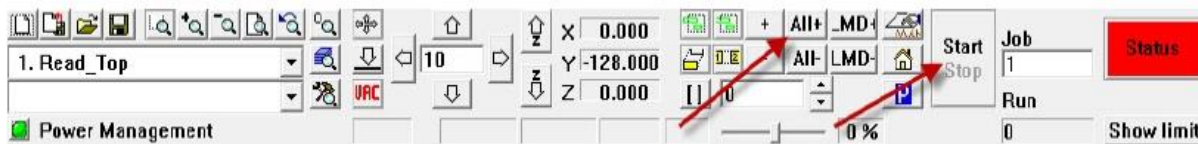


Obrázek 75 tlačítko označení celé plochy

Spustíme výrobní proces tlačítkem Start/Stop.



Obrázek 76 tlačítko spuštění výroby



Obrázek 77 umístění tlačítek v panelu

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Úloha č. 10 – CircuitCAM6 import dat

Zadání

Proveďte import dat pro výrobu desky spojů.

Řešení

Pro laserový stroj (pokud nebudeme desku vrtat nebo jinak automatizovaně zpracovávat) importujte pouze tyto vrstvy:

- „Bottom Layer“ – vrstva spojů, spodní strana plošného spoje (GERBER)
- „Top Layer“ – vrstva spojů, horní strana plošného spoje (GERBER)
- „Board Outline“ – obrys desky spoje (GERBER)

Pojmenování souborů vrstev

Doporučené pojmenování souborů, v nichž jsou uloženy jednotlivé vrstvy:

- Spodní strana: *.BOT
- Vrchní strana: *.TOP
- Obrys spoje: *.BOA
- Vrtací plán: *.DRL

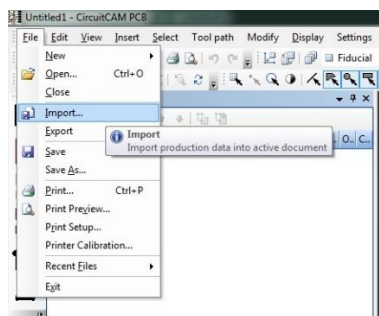
Pokud bude návrh obsahovat texty (popisky ...) exportujeme texty do zvláštních vrstev:

- Text na horní straně: *.TTO
- Text na spodní straně: *.TBO

Uvedené soubory jsou základní podmínkou pro výrobu spoje.

Import souborů

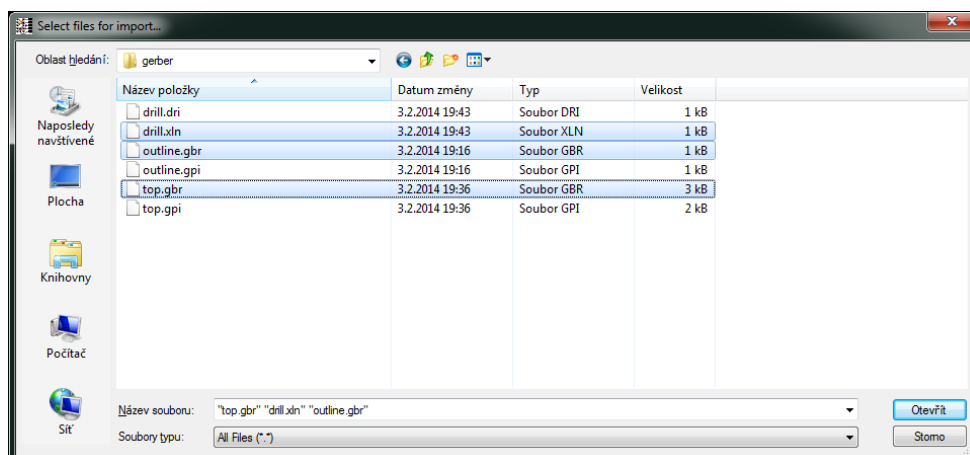
Otevřeme v menu cestu **File / Import** a označíme požadované soubory (příklad: horní, obrys, vrtání).



Obrázek 78 okno pro import souborů

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 79 výběr importovaných souborů

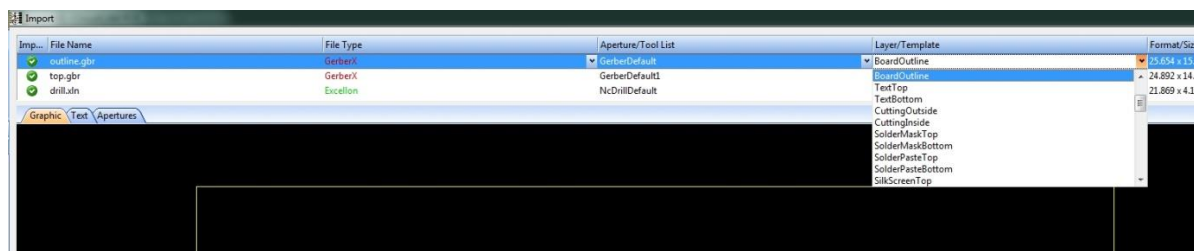
Úloha č. 11 – CircuitCAM6 přiřazení vrstev

Zadání

Provedte přiřazení vrstev importovaným souborům (Top Layer, Bottom Layer, BoardOutline...)

Řešení

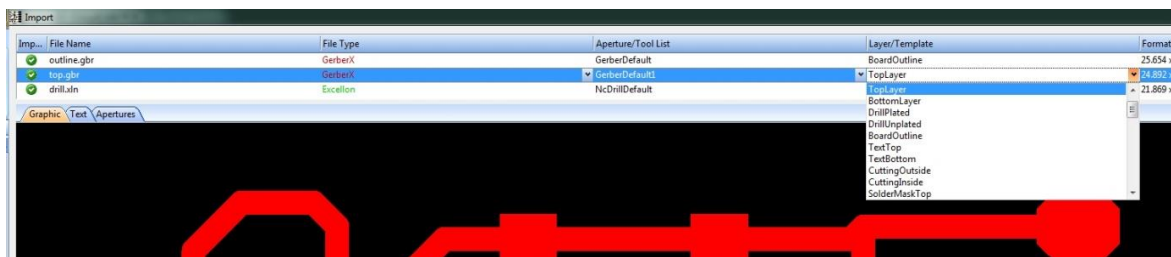
Po kroku import přiřadíme importovaným souborům skutečné vrstvy. Ve výběrovém seznamu na liště **Layer / Template** přiřadíme vrstvy (outline.gbr = BoardOutline atd.)



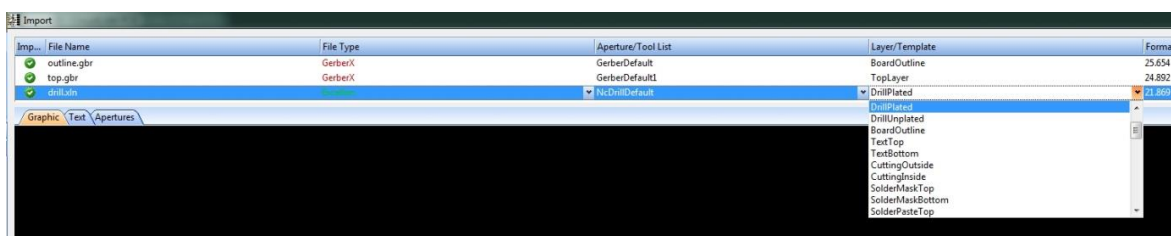
Obrázek 80 přiřazení vrstvy obrysu

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

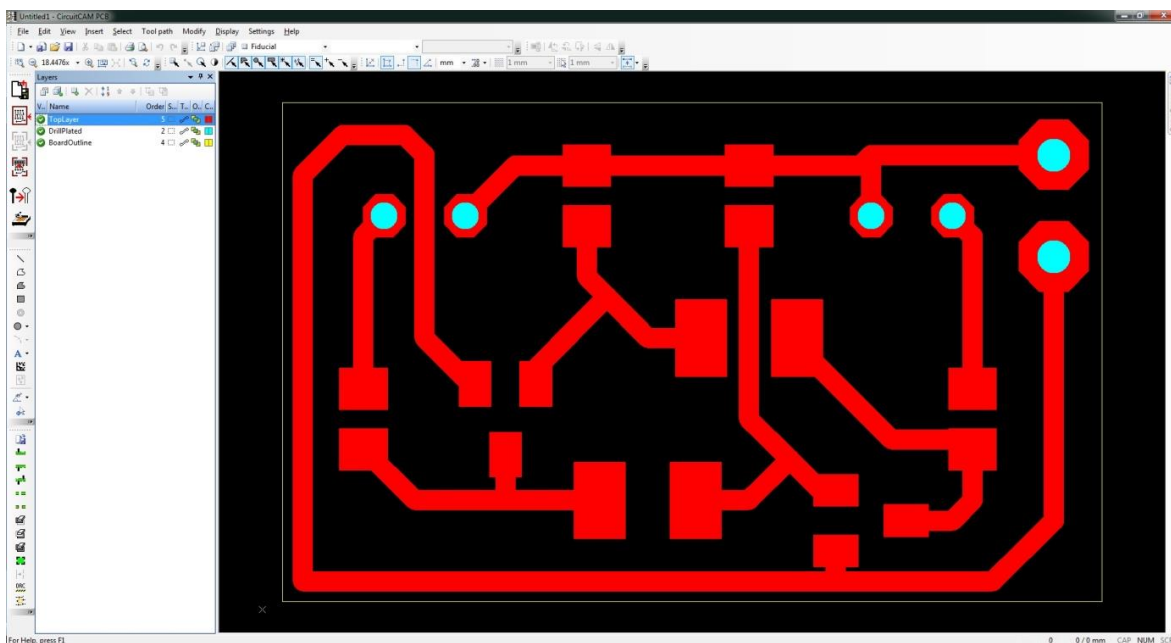


Obrázek 81 přiřazení vrstvy mědi - horní strana



Obrázek 82 přiřazení vrstvy vrtacích otvorů (Plated v případě desky s prokovy)

Po přiřazení vrstev stiskneme tlačítko "OK".



Obrázek 83 importované vrstvy v programu

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578


Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

V okně Layers vypneme všechny vrstvy mimo obrysu desky. Na ploše souboru odstraníme případné čáry a znaky, které v souboru nemají být (po importu z Ultiboardu - program generuje různé ořezové značky, které zde můžeme smazat).

Označení Rub-Out (pracovní oblast)

Pokud provádíme klonování motivu (rozmnožování motivu po desce) provádíme tento krok až po klonování.




Myší klikneme na ikonu  Rubout All Layer, nebo v menu: Insert / Rubout Area / All Layer

a myší označíme oblast na ploše okolo motivu (obdélník). Ukončíme klávesou "ESC".

System dělicích čar



Myší klikneme na ikonu  Insulate All Layers. V seznamu se zobrazí další vrstvy „Insulate Top“ (Insulate Bottom). Deska bude vyrobena systémem dělicích čar (namísto frézování celé oblasti mědi).

Úloha č. 12 – CircuitCAM6 panelizace PCB

Zadání

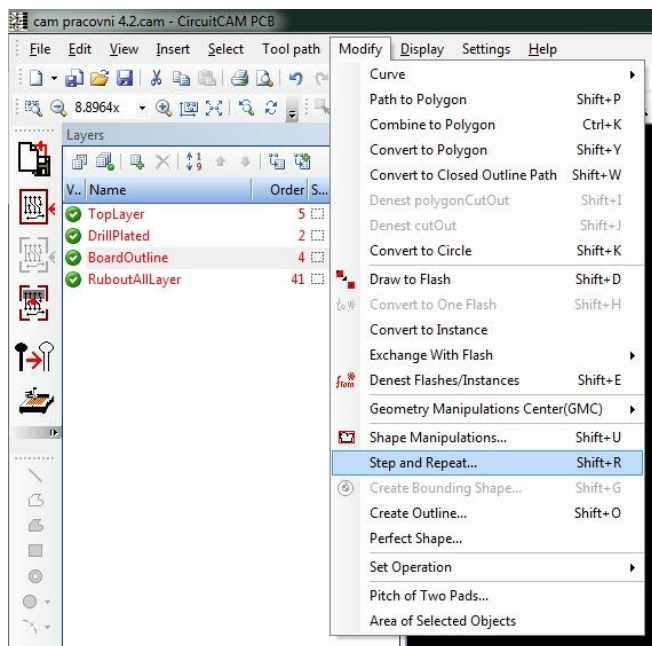
Provedte klonování (panelizaci) motivu plošného spoje.

Řešení

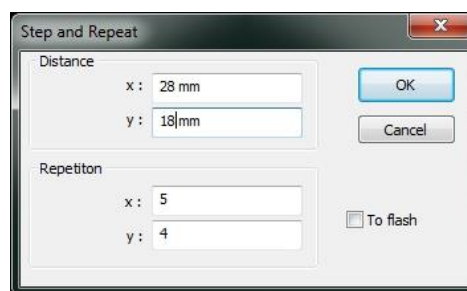
Pokud chceme předlohu kopírovat (klonovat / rozmnožovat / panelizovat), **označíme myší na ploše celý objekt** a použijeme v menu: **Modify / Step and Repeat** (klávesová zkratka SHIFT+R).

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



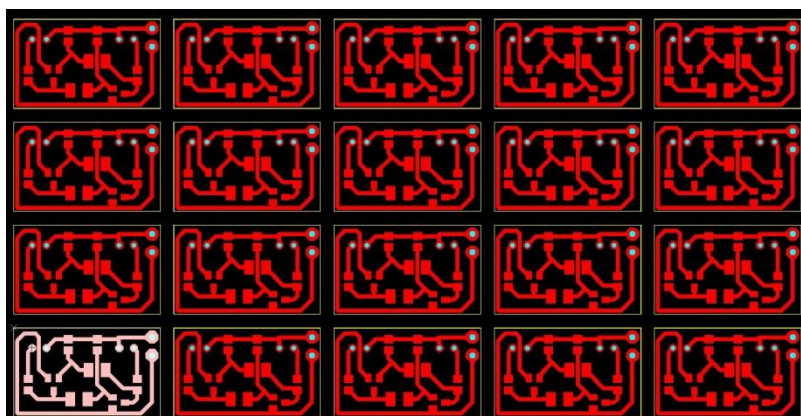
Obrázek 84 cesta v menu pro klonování souboru



Obrázek 85 okno pro zadání počtu kopií a mezer

Repetition x, y = počet kopií v ose x a v ose y

Distance x, y = rozestup mezi kopiemi v ose x a ose y



Obrázek 86 kopie předlohy z levého dolního rohu

Pokud chceme udělat kopie do určitého prostoru (například rozměr A4), vytvoříme si na nějaké vrstvě rámeček o daných rozměrech a do něho umístíme kopie. Rámeček po umístění musíme smazat (před operací jobs).

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Úloha č. 13 – CircuitCAM6 vložení popisů na PCB (QR kód, texty)

Zadání

Provedte vložení popisových informací na spodní (horní) stranu desky spojů. Informace můžete vkládat jako texty v klasickém formátu nebo pomocí QR kódu.

Řešení

Z důvodu katalogizace procesu výroby je vhodné označit naši PCB pomocí ID. ID by mělo obsahovat alespoň tyto položky:

- Sériové číslo desky
- Datum (rok-měsíc-den)
- Jméno výrobce
- Další informace (název zařízení, funkce...)

(příklad: **001-20121202-SOUKUP**).

V levém svislém panelu funkcí nalezneme tlačítka pro vložení textu, nebo QR kódu.



Obrázek 87 tlačítka textu a QR kódu



Obrázek 88 okno pro generování QR kódu

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Příklad vygenerovaného QR kódu vkládaného na desku spojů.



Obrázek 89 QR kód



Obrázek 90 snímek hotové desky s QR kódem

Je vhodné si před hromadnou výrobou desek odzkoušet různé velikosti generovaných kódů (velikost pixelů) na cvičné desce a kódy si načíst například mobilním telefonem s QR čtečkou.

Úloha č. 14 – CircuitCAM6 vložení zaměřovacích otvorů (fiducial)

Zadání

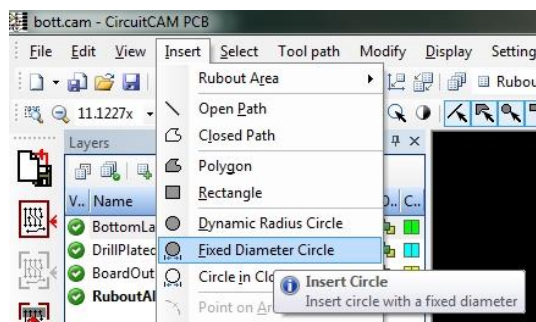
Vložte do importovaného souboru na plochu desky spojů 4 zaměřovací body (fiducial).

Řešení

Zaměřovací otvory v desce spojů slouží pro synchronizaci procesů v případě výroby oboustranné (vrtané) desky nebo v případě spolupráce s jinými výrobními procesy. **Otvory se vkládají do již hotového projektu až nakonec** (například až po klonování PCB atd.)

Přepneme se na vrstvu fiducial.

V menu zvolíme položku: Insert / Fixed Diameter Circle

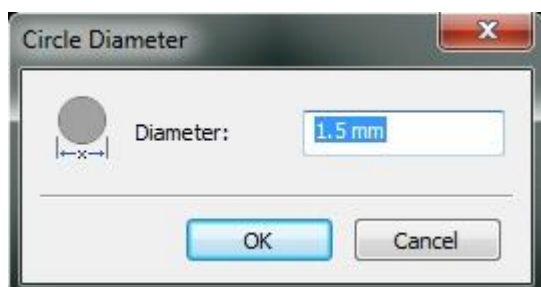


Obrázek 91 cesta pro vložení otvorů

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Nastavíme průměr otvoru na 1.5 mm.

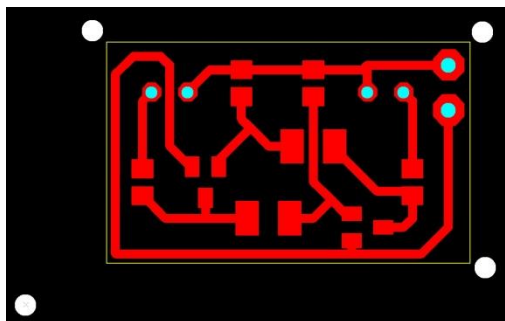


Obrázek 92 nastavení průměru zaměřovacích otvorů

Stiskneme "OK" a vložíme maximálně 4 zaměřovací otvory (vně návrhu).

Z důvodu zjištění orientace desky (skutečné PCB obsluhu) při oboustranném frézování (nebo vrtání) je vhodné zaměřovací otvory neumísťovat symetricky (do čtverce).

Například levý dolní zaměřovací roh bude uskočen oproti ostatním bodům (tím poznáme vyvrtanou desku - top levý spodní vývod). Body můžeme vkládat vně i uvnitř návrhu desky. **Body vkládáme na vrstvu Fiducial.**



Obrázek 93 4x vložené body - fiducial

Soubor uložíme pod názvem například: soubor_pro_S63.CAM a importujeme ho v programu CircuitPro.

Laserové frézování a následné vrtání

Pokud chceme v laserovém stroji nejprve vyřezat předlohu spoje (Top, nebo Bottom) a posléze otvory vyvrtat na mechanické fréze použijeme tento postup:

Na vrstvu, kterou budeme chtít vrtat, vložíme 4 fiducial body (kruh o průměru 1.5 mm). Tedy například na vrstvu Bottom vložíme 4 body jako měděná kolečka. Po přenosu na mechanickou frézu provedeme zaměření otvorů ručně (vyvrtáme 4 otvory) a následně zbytek otvorů v desce.

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Úloha č. 15 – CircuitCAM6 uložení projektu pro mechanickou frézu (CircuitPro)

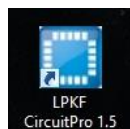
Zadání

Provedte uložení výrobních dat pro mechanickou frézu. V programu CircuitPro data otevřete a předpřipravte pro vrtání bez frézování (vrtání provede mechanická fréza a měď odstraní laserová fréza).

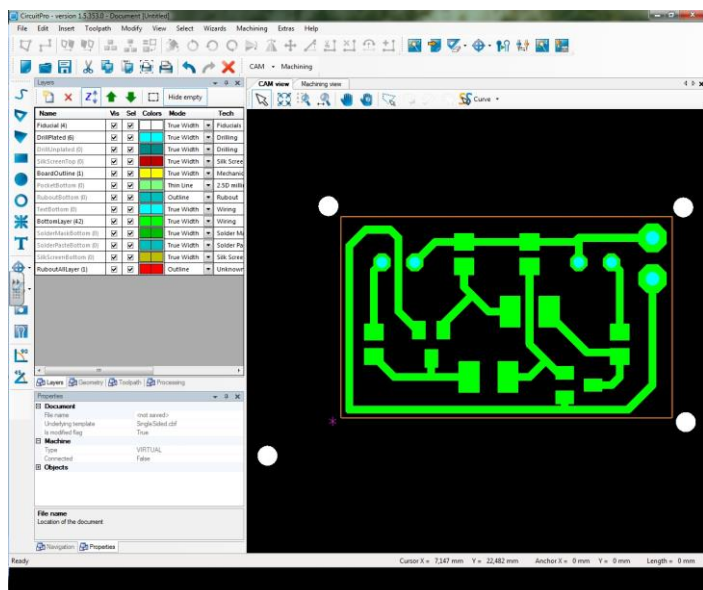
Řešení

Soubor pro mechanickou frézu je nutné uložit ještě před výpočtem Jobs v programu CircuitCAM (viz úloha 11 a 14). Soubor typu CBF se bude ukládat z programu CircuitPro, kde se data připraví pro mechanickou frézu (vrtání).

Spustíme program CircuitPro



a importujeme soubor CAM, který jsme vytvořili v programu CircuitCAM (viz úloha 13. soubor_pro_S63.CAM).

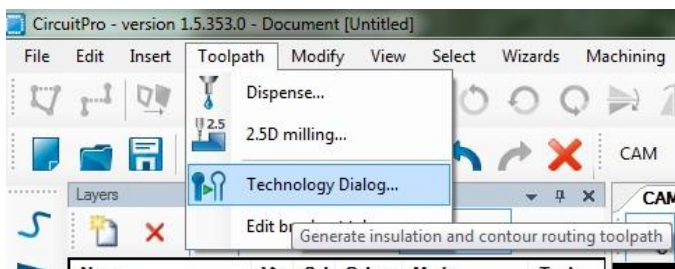


Obrázek 94 okno programu CircuitPro po importu CAM

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

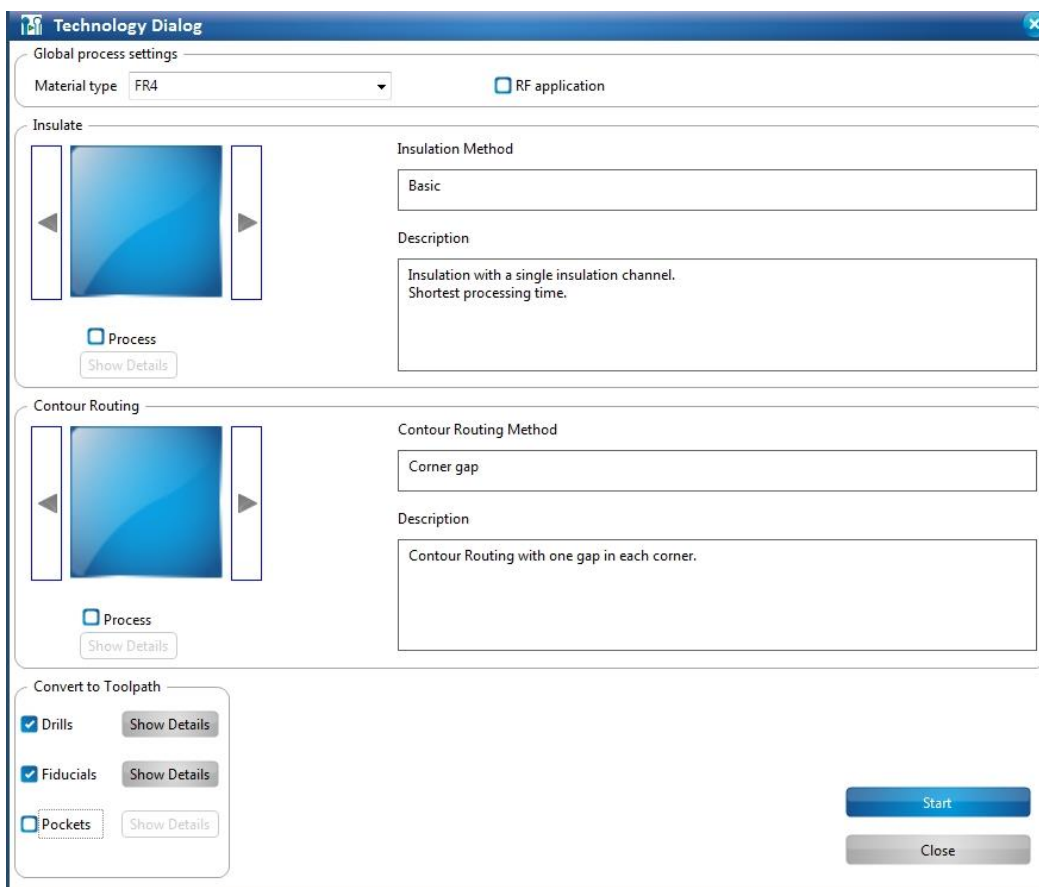
Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Otevřeme v menu cestu: **Toolpath / Technology Dialog** a nastavíme frézování, vrtání a zaměřovací body.



Obrázek 95 cesta k nastavení výrobního procesu

V okně **Technology Dialog** nastavíme parametry jako na obrázku níže (Insulate Proces = ne, Contour Routing Proces = ne, Pockets = ne).

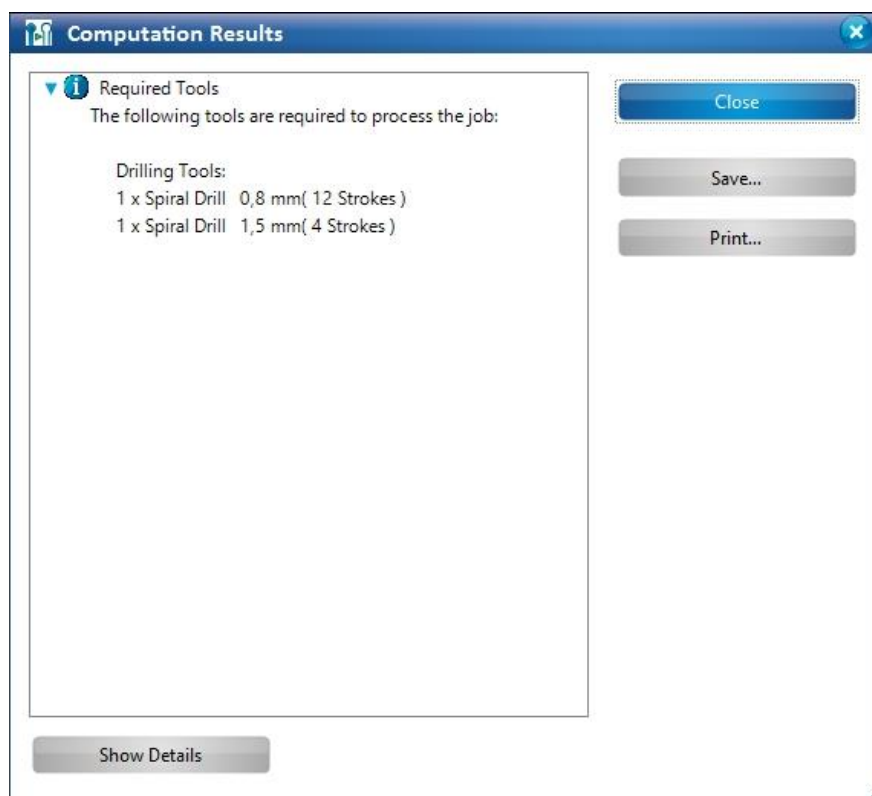


Obrázek 96 okno s nastavením výrobního procesu

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Stiskneme tlačítko „Start“ pro provedení výpočtu.



Obrázek 97 okno *Computation Results*

Stiskneme tlačítko „Close.“

Nastavíme parametry procesu: **Wizards / 2-Process Planning Wizard** kde nastavíme parametry výroby (počet vrstev, typ materiálu) vygenerovaný soubor CBF přeneseme do mechanické frézy.

Úloha č. 16 – CircuitCAM6 generování dat pro laserový stroj

Zadání

Provedte vygenerování dat pro laserový stroj – oboustranný plošný spoj.

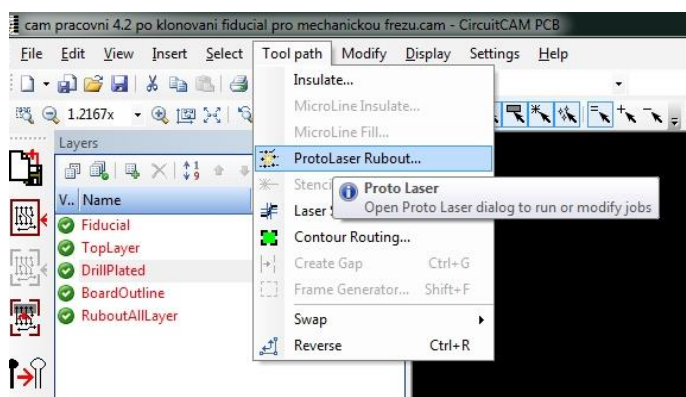
Řešení

Pokud máme hotový návrh pro výrobu je ještě potřeba provést vypočítání dat (jobs) pro laserový stroj (pro vrstvu „TOP“ a vrstvu „BOTTOM“ samostatně).

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

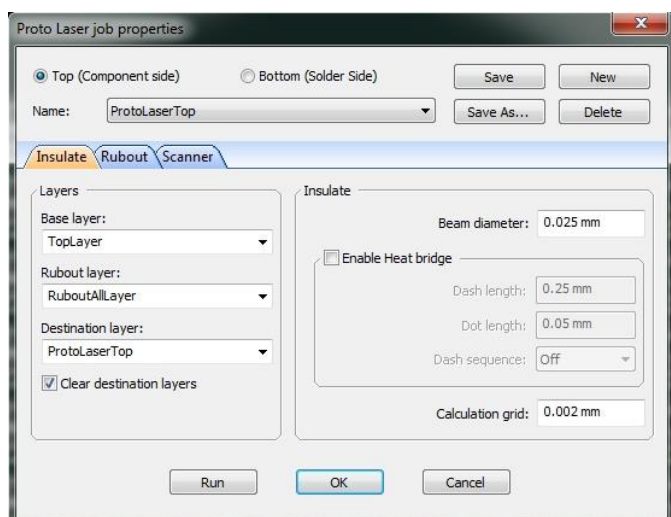
V menu vybereme položku: Tool patch / ProtoLaser Rubout



Obrázek 98 cesta pro vypočítání dat Rubout

V seznamu vybereme vrstvu: Top (Component side) a Name: ProtoLaserTop a stiskneme tlačítko Run. Proběhne vygenerování dalších Top vrstev (Contour, Hatch, Heat) pro laserový stroj.

Přepneme na vrstvu: Bottom (Solder Side) a Name: ProtoLaserBottom a stiskneme tlačítko Run. Proběhne vygenerování dalších Bottom vrstev (Contour, Hatch, Heat) pro laserový stroj.

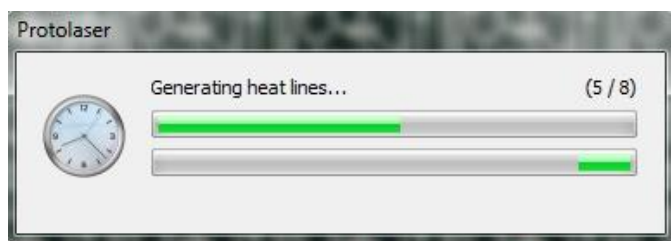


Obrázek 99 nastavení job procesu

V případě, že nemáme (nepoužíváme) vloženy zaměřovací (fiducial) otvory objeví se hlášení, které ignorujeme. Pokud proces běží je vidět okno s výpočtem jako na obrázku (tato operace trvá relativně dlouho – cca 1 hodinu u formátu A4 dle složitosti spoje).

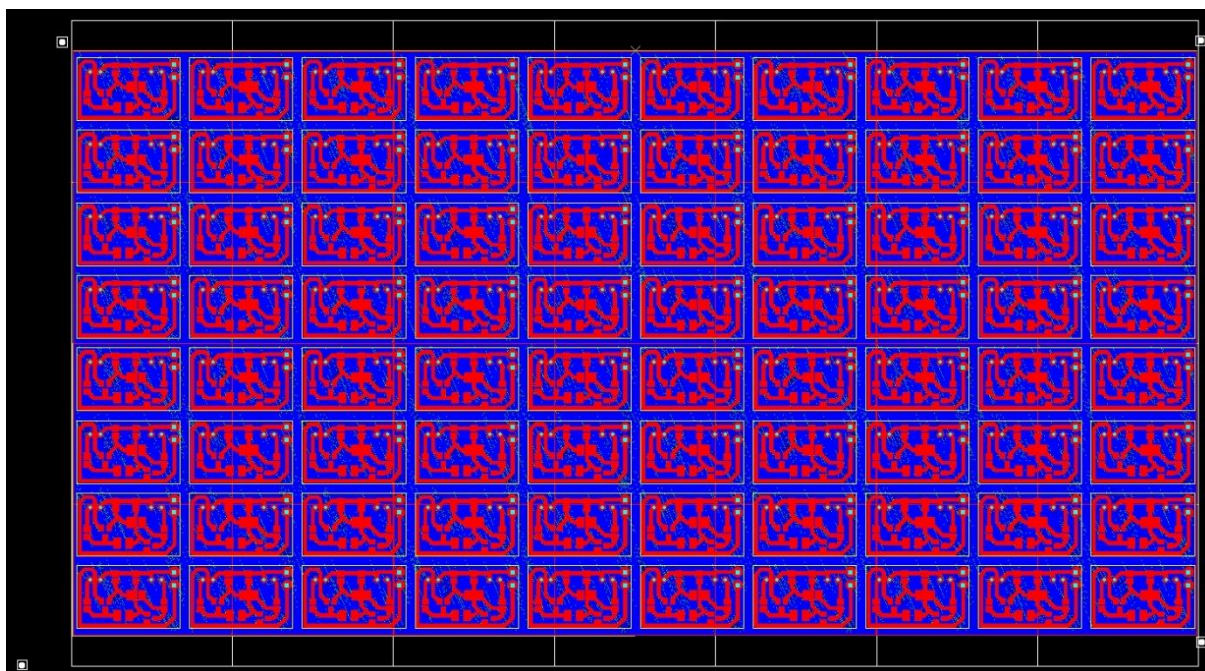
VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 100 okno s probíhajícím výpočtem

Pokud proběhl výpočet bez problémů, bude vypadat výsledek jako na obrázku.



Obrázek 101 finální předloha spoje po výpočtu job

Hatch lines

Pokud nechceme generovat hatch lines (měď na ploše plošného spoje nebude odfrézována - vznikne systém dělicích čar) **vypneme generování hatch lines v záložce Rubout**. Položka: **Generate Hatching Lines**

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Úloha č. 17 – CircuitCAM6 export dat do CircuitMaster

Zadání

Provedte exportování finálních dat pro laserový stroj (soubory typu LMD / LPR).

Řešení

V menu vybereme cestu: File / Export / LPKF ProtoLaser

Program se zeptá na název souboru a jeho uložení. V případě, že již máme spuštěný program CircuitMaster se soubor rovnou otevře na ploše programu CircuitMaster. Soubor bude mít příponu LMD a je možné ho importovat do programu CircuitMaster.

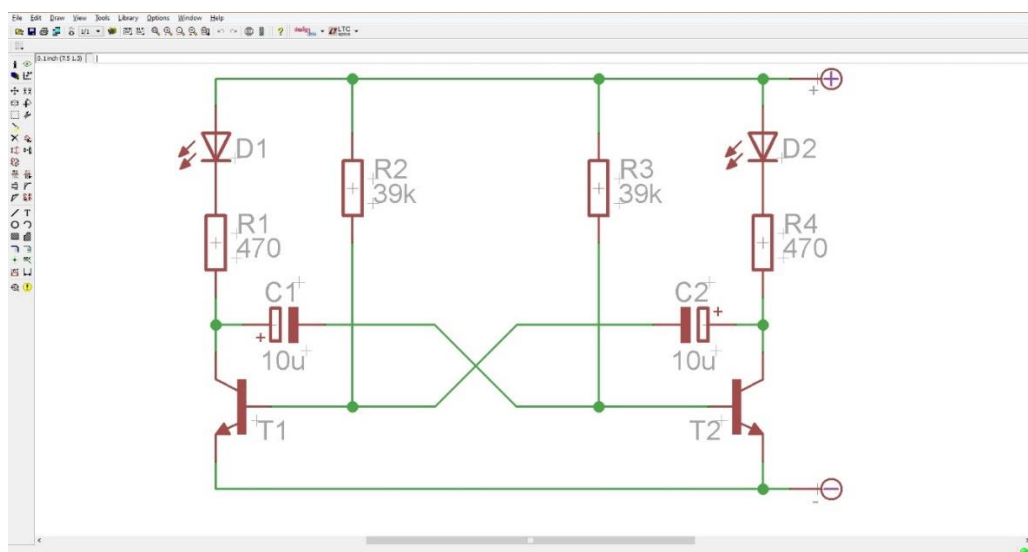
Úloha č. 18 – Eagle (export dat do Gerberu RS-274X)

Zadání

Provedte v návrhovém programu Eagle návrh obvodu blikáče, navrhnete jednostrannou SMD desku plošných spojů a provedte export dat pro výrobu. LED diody D1 a D2 použijte v klasickém THT pouzdra. Použijte typ výstupních dat Gerber RS-274X.

Řešení

V Eaglu sestavíme obvod (součástkám přiřadíme pouzdra z knihovny).

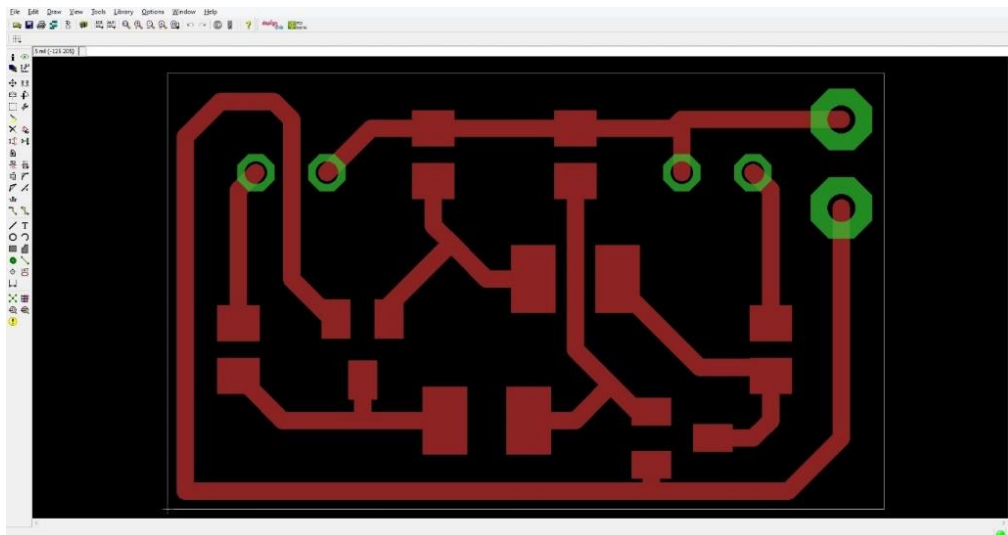


Obrázek 102 sestavený obvod

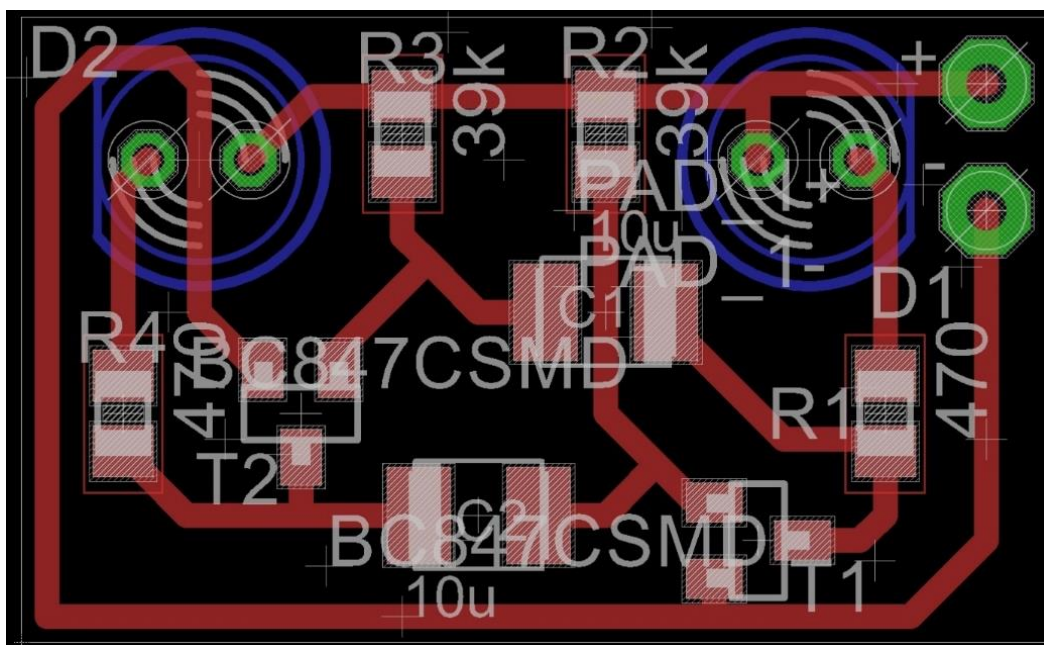
VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Navrhne plošný spoj.



Obrázek 103 navržený plošný spoj (zapnuté vrstvy Top a Pads)



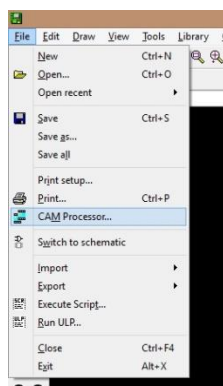
Obrázek 104 navržený plošný spoj (zapnuté všechny vrstvy)

Provedeme export finálního plošného spoje do Gerberu pomocí CAM procesoru (součást programu Eagle).

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

V menu otevřeme cestu: **File / CAM Processor** nebo pomocí tohoto tlačítka  na panelu.



Obrázek 105 CAM procesor

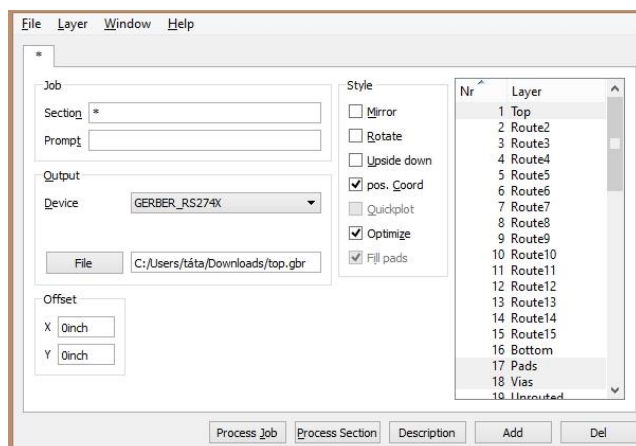
Otevře se nám okno CAM procesoru a v pravé části vybereme postupně vrstvy, které chceme exportovat do DXF formátu (vždy vybereme vrstvu, dáme export, vybereme vrstvu, dáme export...)

Nejpoužívanější vybrané vrstvy pro export:

Top, Bottom, Pads, Vias, Dimension, Drills, Holes, Milling

V položce **Output Device** zvolíme **Gerber_RS274X** (data pro frézu)

Vybereme vrstvy **Top, Pads, Vias** a soubor uložíme jako **top.gbr** (kliknutím na Process Job)

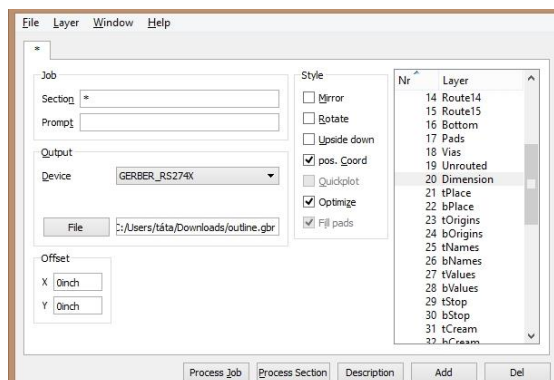


Obrázek 106 export vrstvy top

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Vybereme vrstvu Dimension a soubor uložíme jako outline.gbr (kliknutím na Process Job)



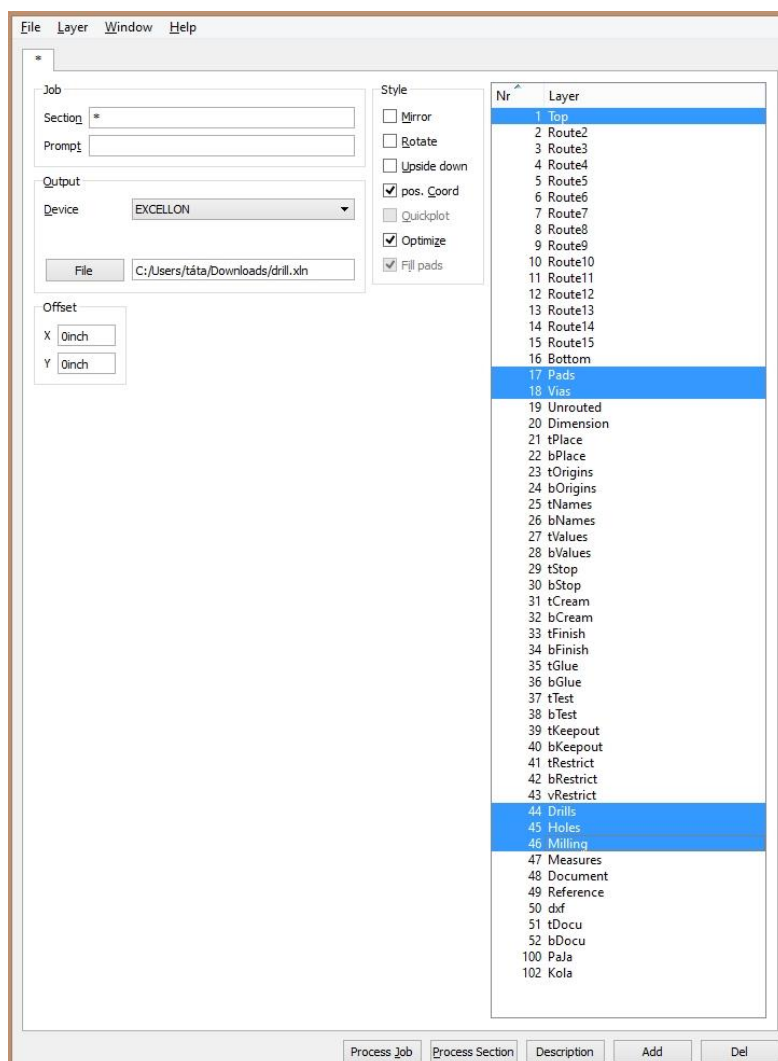
Obrázek 107 export vrstvy outline

V položce Output Device zvolíme Excellon (data pro vrtačku).

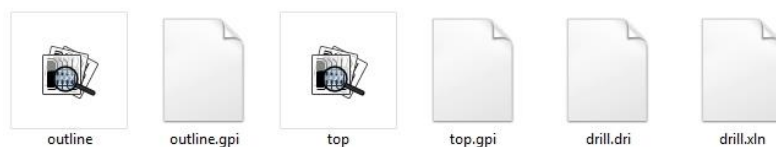
Vybereme vrstvy pro díry a soubor uložíme jako drill.xln (kliknutím na Process Job)

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 108 export vrstvy drill



Obrázek 109 náhled na vygenerované soubory ve složce

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

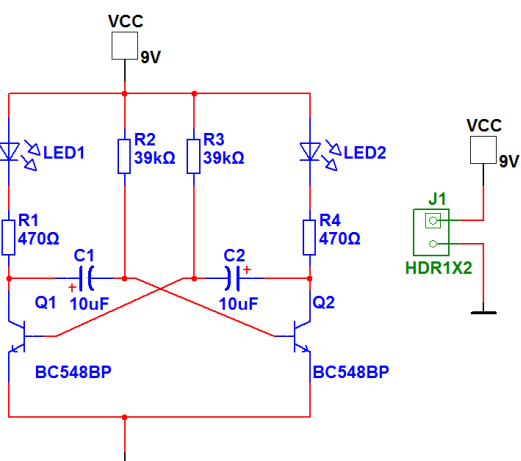
Úloha č. 19 – Ultiboard (export dat do Gerberu RS-274X)

Zadání

Provedte v simulačním programu Multisim návrh obvodu blikáče. V programu Ultiboard navrhnete jednostrannou desku plošných spojů v provedení THT montáže a provedte export dat pro výrobu. Použijte typ výstupních dat Gerber RS-274X.

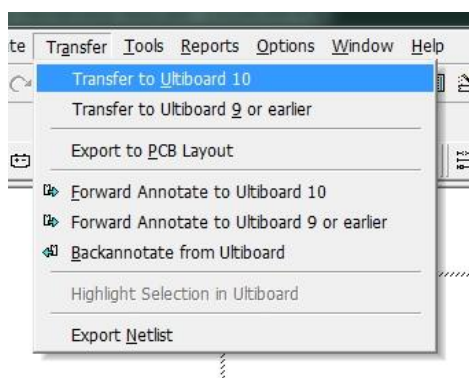
Řešení

V Multisimu sestavíme obvod (součástkám přiřadíme pouzdra z knihovny).



Obrázek 110 schéma zapojení v Multisimu

Provedeme export dat do programu Ultiboard.

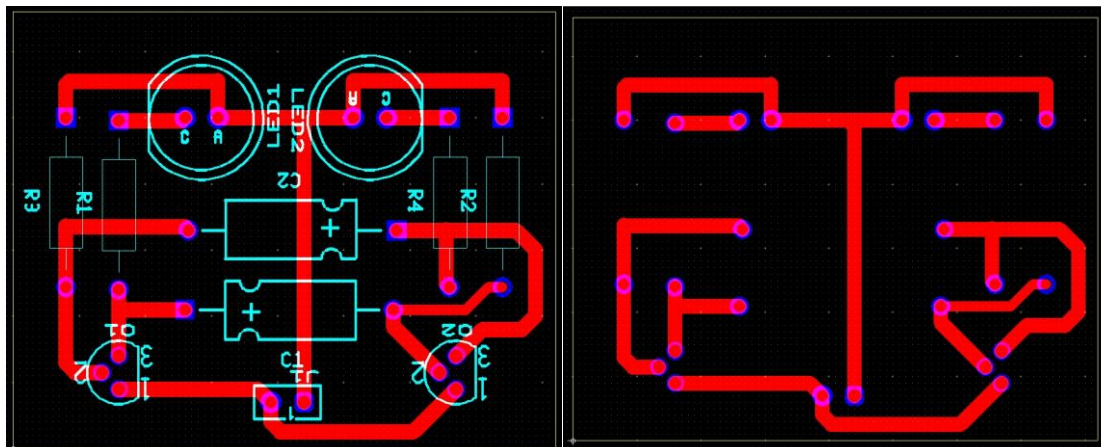


Obrázek 111 export dat pro Ultiboard

Navrhne plošný spoj v Ultiboardu.

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 112 návrh desky v Ultiboardu (včetně součástek)

Obrázek 113 návrh desky v Ultiboardu (spoje)

Provedeme export finálního plošného spoje do Gerberu. Před exportováním provedeme nejprve kontrolu pomocí DRC nástroje (zjistíme, zda v návrhu desky nejsou nějaké chyby).

V menu vybereme položku: File / Export (nebo klávesovou zkratkou CTRL+E)

V tabulce "Export" zvolíme Gerber RS-274X a stiskneme tlačítko " Properties".

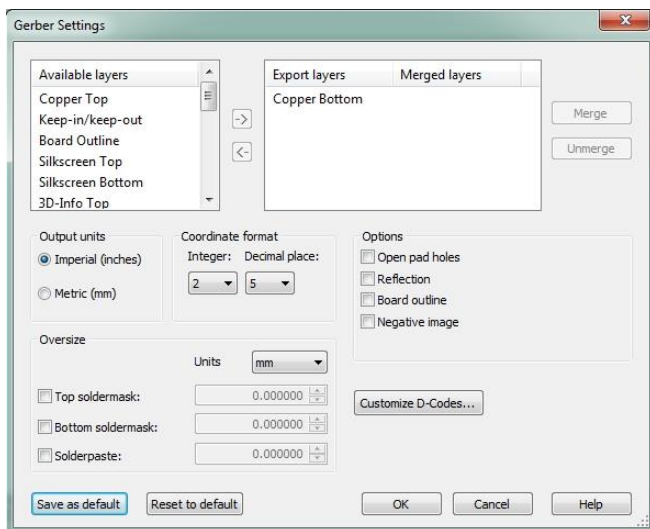


Obrázek 114 okno s nastavením exportu

V nastavení Gerberu vybereme vrstvu Copper Bottom a stiskneme tlačítko "OK".

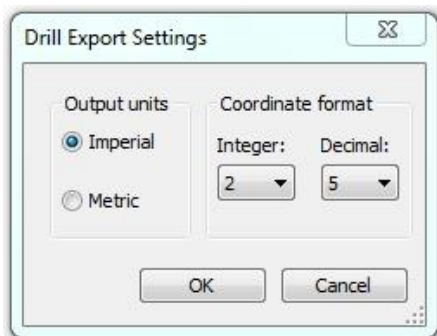
VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 115 nastavení Gerberu pro export

Stiskneme tlačítko "Export" a soubor uložíme pod názvem Bottom.gbr. Tuto operaci budeme opakovat i pro export obrysu (Board Outline) a vrtacích děr (Drill) pouze s rozdílem, že v seznamu namísto Gerber souboru RS-274X vybereme NC Drill.



Obrázek 116 okno pro nastavení vrtacích děr (NC Drill)

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Úloha č. 20 - Údržba a pravidelný servis

Zadání

Proveďte údržbu stroje LPKF ProtoLaser S (čištění pracovního prostoru stolu XYZ, vnitřního prostoru stroje, okénka optiky čočky laserového výstupu a filtru zásobníku mědi).

Řešení

Servisní plán se provádí dle tabulky 1:

Tabulka 1 servisní plán laserové frézy a příslušenství

Typ zařízení	Kontrola	Výměna / údržba
Odsávací jednotka (vnitřní)		
• Kontrola sacího zvonu	Vizuální kontrola	
Odsávací systém TEKA LMD 508 (vnější)		
• Kontrola filtru zásobníku Cu	Vizuální kontrola	
• Výměna celé sady filtrů	-----	Po 1000 hod, nebo po roce
Laserový zdroj světla		
• Výměna laserové diody	-----	Po 10 000 hod (provádí servis)
• Kontrola výstupní optiky laseru	Vizuální kontrola	Každý týden (čištění)
• Výměna výstupní optiky laseru	-----	Po 1000 hod, nebo po roce
Laserový modul stroje (spodní kryt)		
• Vzduchový filtr jednotky	Vizuální kontrola	Výměna dle potřeby
Chladicí modul stroje (spodní kryt stroje)		
• Vzduchový filtr jednotky	Vizuální kontrola	Výměna dle potřeby
Mechanika os X/Y/Z		
	-----	Po 1000 hod, nebo po roce

Používají se pouze originální náhradní díly! Neoriginální díly mohou poškodit celé zařízení.

Kontrola filtru zásobníku mědi

Otevřeme dvířka zásobníku a přiloženým imbusovým klíčem odšroubujeme pojistný šroub a filtr vyndáme (zkontrolujeme stav a případně ekologicky zlikvidujeme měděný obsah).



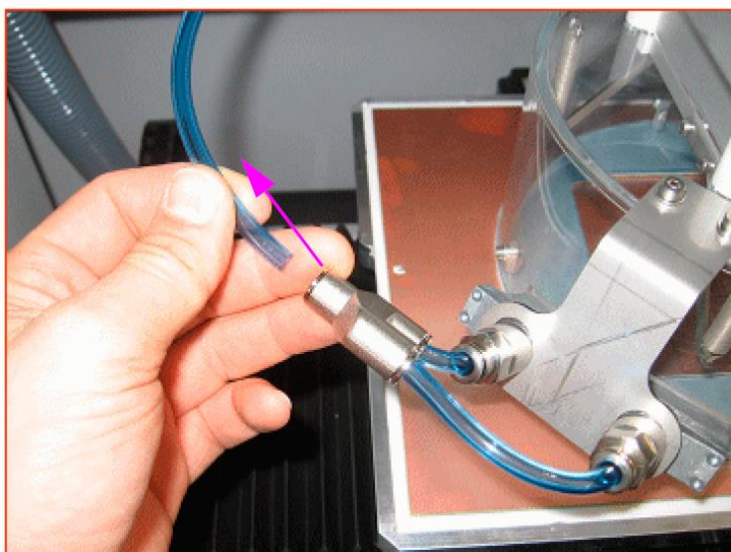
Obrázek 117 filtr zásobníku mědi

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

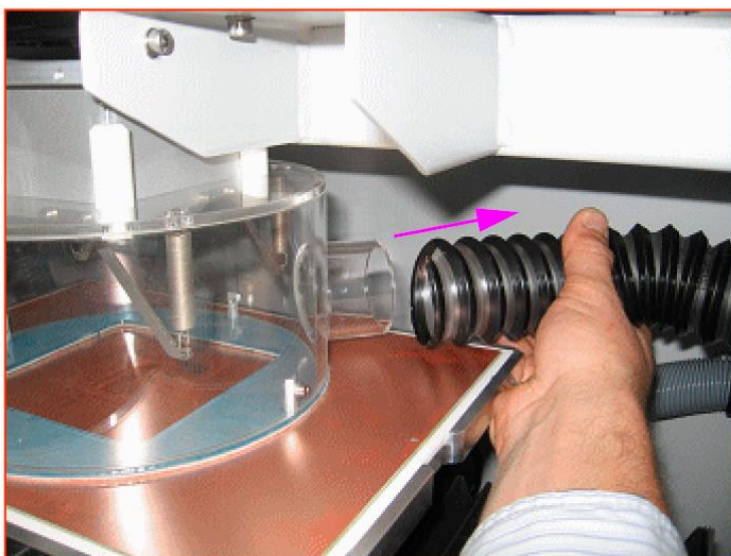
Kontrola sacího zvonu

Odpojíme opatrně vzduchovou hadičku z trysky na stlačený vzduch.



Obrázek 118 odpojení hadičky od trysky

Odpojíme opatrně odsávací hadici ze sacího zvonu.

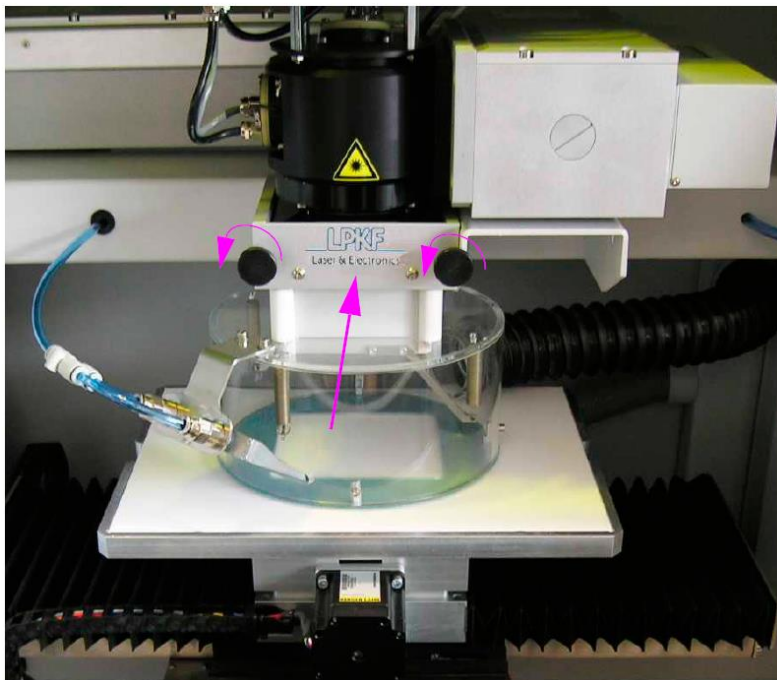


Obrázek 119 odpojení odsávací hadice

Odšroubujeme dva aretační šrouby (není potřeba nářadí).

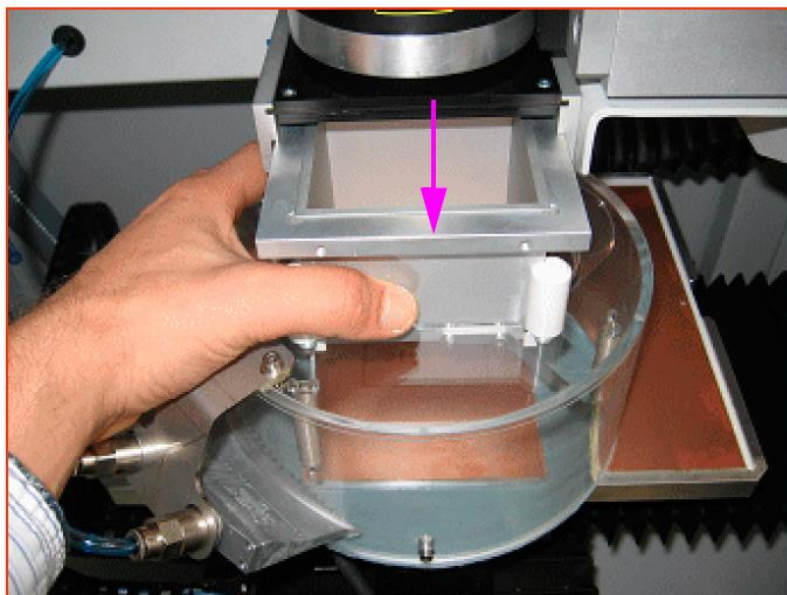
VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 120 šrouby odsávacího zvonu

Vysuneme směrem k sobě odsávací zvon a provedeme vyčištění prostoru.



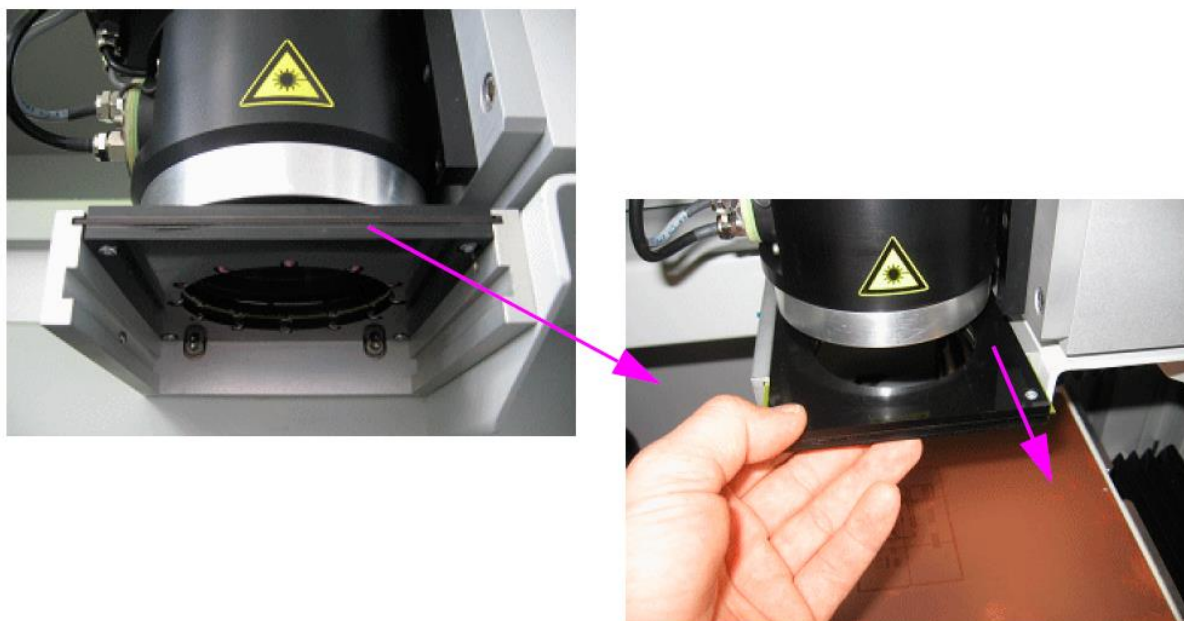
Obrázek 121 vysunutí odsávacího zvonu

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

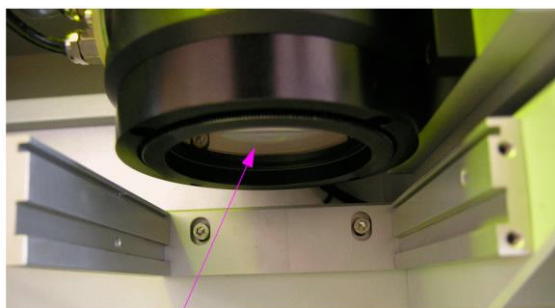
Čištění výstupní optiky laseru

Vysuneme směrem k sobě světelný kruh z mechaniky.



Obrázek 122 vysunutí světelného kruhu

Poté, co jsme odstranili osvětlovací kruh, můžeme vyčistit výstupní optiku laseru. Čištění okénka čočky (krycí skleněný filtr optiky čočky) provádíme, pokud máme špatný výsledek při strukturování nebo pokud stroj stál dlouhou dobu mimo provoz. Čištění se provádí typicky dle provozu týdně až měsíčně.



Obrázek 123 výstupní optika laseru

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Vypneme laserové ukazovátko a podíváme se zesponu do optiky, tím zjistíme, zda je nutné sklíčko optiky vyčistit:

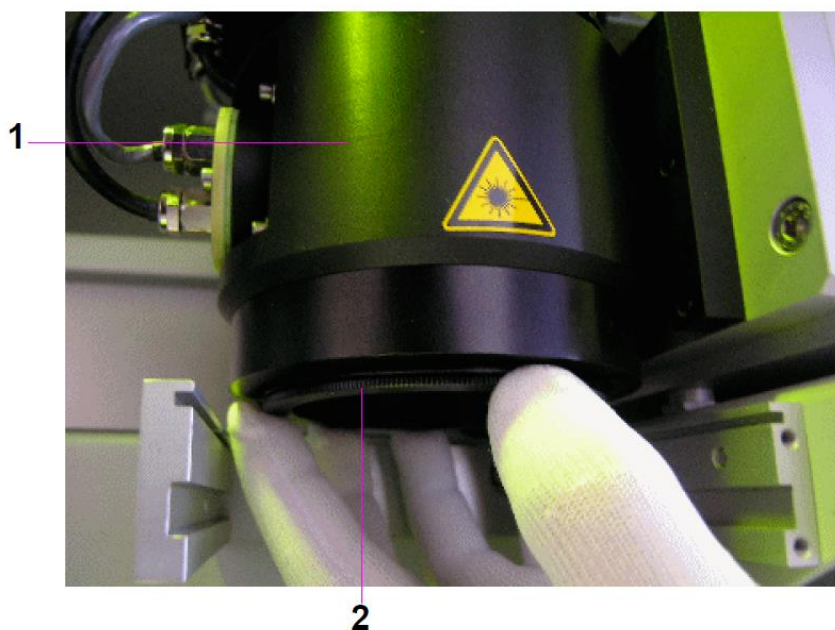
- a) laserové ukazovátko není vidět při pohledu do skla - okno laseru je čisté
- b) laserové ukazovátko je vidět na skle optiky - optika musí být vyčištěna

Upozornění: při této operaci může dojít k poškození systému!

Sklo optiky může být poškozeno pokud, se nedodrží přesné postupy při procesu čištění. Zásadně používáme ochranné rukavice během procesu čištění. Než začneme s čištěním, odstraníme odsávací zvon zároveň se světelným kruhem stranou.

Pro čištění krycího skla čočky používáme izopropanol!

Odšroubujeme aretační kroužek objektivu.



Obrázek 124 krycí kroužek sklíčka optiky

1= držák optiky, 2= objektiv

Vyšroubovaný objektiv opatrně položíme na předem připravené čistící ubrousky. Odšroubujeme montážní kroužek držící ochranné sklíčko objektivu.

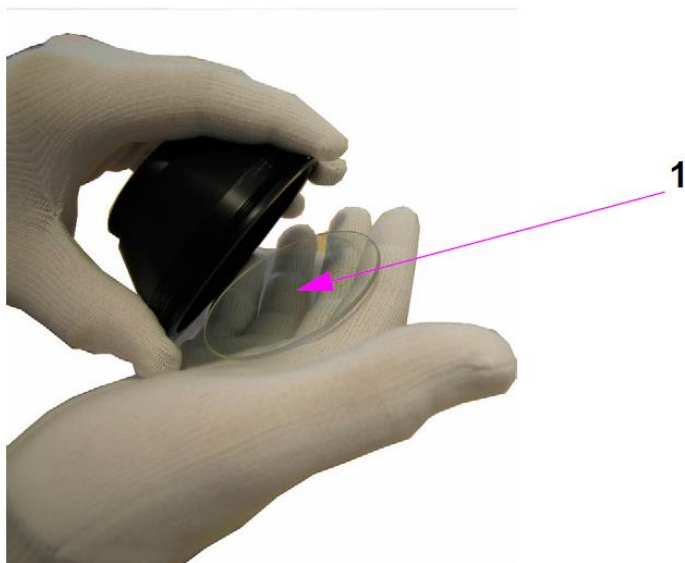
VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 125 montážní kroužek

Odstraníme ochranné sklo.



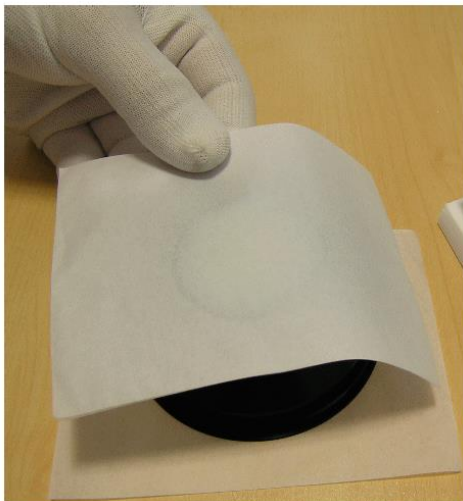
Obrázek 126 vyjmuté ochranné sklo

1= ochranné sklo čočky

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

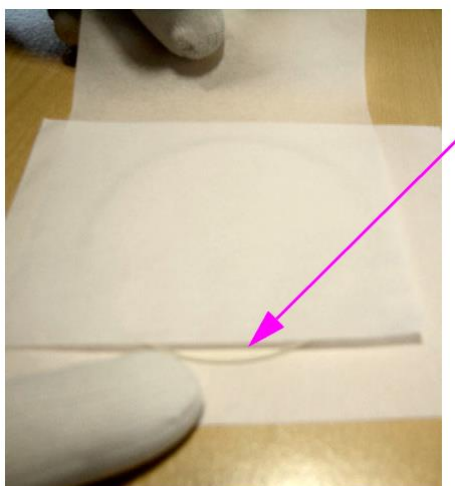
Zakryjeme čočku odmašťovacím ubrouskem, aby se zabránilo zašpinění čočky.



Obrázek 127 zakrytí čočky ubrouskem

Poznámka: Krycí sklíčko nesmíme čistit nasucho, protože bychom poškrábali ochrannou vrstvu skla.

Položíme ochranné sklo na čistící ubrousek a přikryjeme ho dalším ubrouskem (necháme vysunutou část jako na obrázku níže).

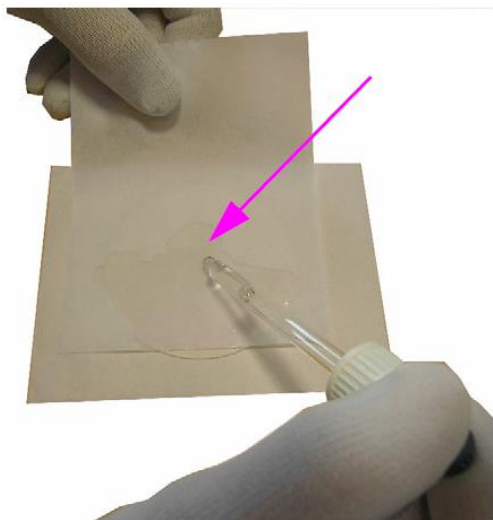


Obrázek 128 zakryté ochranné sklo ubrousky

Dáme na ubrousek několik kapek izopropylalkoholu.

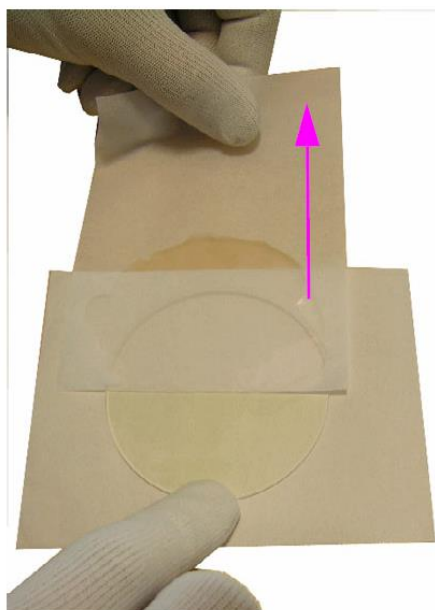
VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56



Obrázek 129 izopropylalkohol na ubrousku

Držíme ochranné sklo za odkrytou část prsty jedné ruky a táhneme ubrousek po skle druhou rukou. Vyčištěné ochranné sklo zkontrolujeme, zda na skle nejsou pruhy nebo kapky. Pokud je to nutné, vyčistíme ochranné sklo znovu s novým čistícím ubrouskem. Nečistoty se čistí z obou stran. Čistící ubrousek sejmeme jedním tahem.



Obrázek 130 čištění krycího skla

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Vzduchový filtr laserového a chladicího modulu

Čistí se vzduchový filtr pro laserový modul a chladicí modul. Tyto dva vzduchové filtry by měly být čištěny v případě potřeby externím vysavačem. V případě opotřebení je potřeba vyměnit vzduchové filtry za nové.



Obrázek 131 filtry modulů

1= laserový modul, 2= chladicí modul

Náhradní díly

Tabulka 2 seznam náhradních dílů

Položka	Katalogové číslo
Sací zvon (kompletní)	124 522
Laserové emitující okno (sklíčko čočky)	122 026
Ochranné sklo dveří (akryl plast zelený)	124 523
Filtr ke kompresoru	124 519
Filtr chladicího modulu	124 518
Filtr laserového modulu	124 517
Objektiv + ochranné sklo	114 735

Veškeré práce na stroji (mimo běžnou údržbu) mohou provádět pouze pracovníci firmy LPKF.

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Chybové kódy laserového stroje

Tabulka 3 seznam chybových kódů

Číslo chyby	Popis chybového stavu
0-699	Kontaktujte servisní středisko LPKF
700	Výjimka
701	Ztráta připojení k PC
702	Ztráta synchronizace
703	Vypršela doba platnosti
704	Ztráta událostí
705	Ucpané potrubí
706	Koncový spínač má poruchu
707	Porucha hardware
708	Chyba přerušení
709	Chyba enkodéru
710	Kritická chyba I / O – nouzová bezpečnostní událost
711	Kritická chyba CAN OPEN – nouzová bezpečnostní událost
712	Ochrana pohonu během provozu (přehřátí nebo nadproud)
713	Regulační odchylka ABS / reference. Regulátor byl vypnut
714	Snímač os XYZ nemá platný signál
715	Napětí motoru je příliš malé (zkontrolujte bezpečnostní prvky)
716	Dosažení limitu dolní polohy
717	Dosažení limitu horní polohy
718	Regulátor os XYZ dostává pokyny k pohybu, ale regulátor nereaguje
719	Překročena teplota motoru. Motor se vypnul, aby se zabránilo zničení

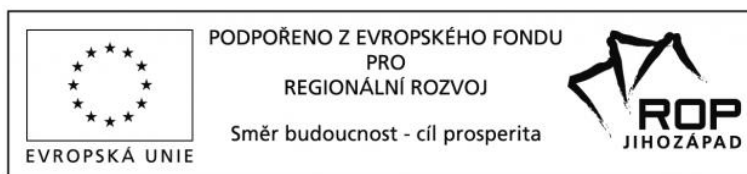
Plošné spoje všeobecné informace

Materiály pro desky plošných spojů

Podle počtu vrstev lze rozlišit:

- jednovrstvé desky plošných spojů
- dvouvrstvé desky plošných spojů
- vícevrstvé desky plošných spojů

Pro výrobu desky plošných spojů se používají materiály organické i anorganické. Vlastní desky plošných spojů se vyrábí jako pevné nebo ohebné.



VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Neohebné desky plošných spojů z organických materiálů pro výztuž používají tyto materiály:

- skleněnou tkaninu nebo rohož
- tvrzený papír
- skleněnou tkaninu a papír
- aramidová vlákna
- uhlíková vlákna
- křemenná vlákna

Pojivem může být buď termoset, nebo termoplast.

U termosetů se používají tyto materiály:

- fenolformaldehydové pryskyřice
- epoxidové pryskyřice
- polyesterové pryskyřice
- polyimidové pryskyřice
- bismaleinimidové pryskyřice (BT)

U termoplastů se používají tyto materiály:

- polyeterimid
- polytetrafluoretylen
- polyimidové pryskyřice
- polyétersulfon
- polyetyléntereftalát (PET)
- polyetylénnaftalát (PEN)

Vlastnosti některých desek plošných spojů podle použitého materiálu

Měděná fólie se vyrábí v různých tloušťkách. Ultratenké fólie se vyrábí v tloušťce 5, 9 μm . Standardní fólie 18, 35, 70, 105 μm , někdy i 140 - 350 μm .

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Tabulka 4 vlastnosti některých desek plošných spojů

Materiál- vlastnosti	Jednotky	FR2	FR3	CEM1	FR4		
Výztuž	-----	Papír	Papír	Papír+skelná tkanina	Skelná tkanina	Skelná tkanina	Skelná tkanina
Pojivo	-----	Fenolform	Epoxid	Epoxid	Epoxid	BT/ Epoxid	Polyimid
Povrchový izolační odpor	Ω	1.10^{10}	3.10^{11}	3.10^{11}	4.10^{12}	$3,6.10^{14}$	$5,5.10^{15}$
Vnitřní izolační odpor	$\Omega.cm$	2.10^{12}	4.10^{12}	2.10^{13}	8.10^{14}	$5,8.10^{13}$	$4,5.10^{14}$
Permitivita (při 1 MHz)	-----	4,7	4,9	4,7	4,7	3,5	4,3
Ztrátový činitel (při 1 MHz)	-----	0,047	0,041	0,031	0,019	0,013	0,009
Porovnání ceny k FR4	-----	0,5	0,65	0,85	1	3-4	6

Pájecí slitiny, pájky, tavidla

Součástky pro povrchovou montáž se osazují do pájecí pasty a pájí se přetavením. Rovněž se používá osazení do lepidla. Pokud se použije nevodivé lepidlo, vlastní pájení je provedeno pájecí vlnou. Pro pájení se používá pájecí slitina Sn / Pb (63 / 37 %) s teplotou tavení ± 185 °C. V současnosti se v elektrotechnickém průmyslu používají bezolovnaté slitiny, na které se přechází již od 1.7. roku 2006. Základ tvoří cín Sn, do slitiny se dávají další prvky Bi, In, Zn, Ag, Cu, Sb. Podle poměru použitých příměsí lze pájet při různých teplotách. Některé příměsi zhoršují smáčecí charakteristiky. Pro pájení se používají pájky ve formě drátu, kuliček, trubiček, fólií a tyčí. Pro ruční pájení používáme trubičkové pájky. Trubičky mají jedno nebo několik jader s výplní tavidla. Kuličkové pájky používáme do pájecích past. Pro strojní pájení používáme tyčové pájky.

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Tabulka 5 slitiny pro pájení, složení a teplota tavení

Slitina	Složení [%]	Teplota tavení [°C]
Sn-Bi	Sn 58, Bi 42	138
Sn-In	Sn 52, In 48	118
	Sn 50, In 50	118-125
Bi-In	Bi 33, In 67	109
Sn-Zn	Sn 9, Zn 91	199
Sn-Bi-Zn	Sn 8, Bi 89, Zn 3	189-199
Sn-Bi-In	Sn 20, Bi 10, In 70	143-193
Sn-Ag	Sn 3,5; Ag 96,5	221
	Sn 2, Ag 98	221-226
Sn-Cu	Sn 0,7; Cu 99,3	227
Sn-Ag-Bi	Sn 3,5; Ag 3; Bi 93,5	206-213
	Sn 7,5; Ag 90,5; Bi 2	207-212
Sn-Ag-Cu	Sn 3, Ag 0,7; Cu 96,3	217
Sn-Ag-Cu-Sb	Sn 2; Ag 0,8; Cu 0,5; Sb 96,7	216-222

V procesu pájení se používají tavidla. Tavidla jsou látky, které při ohřátí zrychlují a podporují smáčení pájených materiálů pájkou. Za působení tepla odstraňují z povrchu pájených materiálů oxidy, nečistoty a chrání pájený spoj před oxidací v průběhu pájení.

Tavidlo obsahuje:

- tavidlový nosič
- přírodní a syntetické pryskyřice
- organické kyseliny
- aktivátory
- organické kyseliny
- aminy R-NH a halidy Cl, Br, F, I (někdy se nepoužívají)
- aditiva
- rozpouštědla organická i anorganická

Nejstarším typem tavidla je kalafuna. Je to přírodní pryskyřice složená z organických kyselin.

Tavidla se aplikují třemi způsoby:

- přetavením – pastovité tavidlo se nanese přes šablonu nebo dávkovačem
- nanesení sprejem nástřikem nebo pěnou při strojním pájení
- kapalně nebo pastovité tavidlo se nanese na určené místo – při opravách a ručním pájení

VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Při pájení se do popředí dostalo použití pájecí pasty. Pájecí pasta je tvořena práškovou pájkou a tavidlem. Prášková pájka je tvořena částicemi o určité velikosti a podle typu pájecí slitiny jsou částice o rozměrech řádově desítek μm . V pájecí pastě jsou nežádoucími oxidy kovů. Tyto mají za následek zvýšení teploty tavení. Pájecí pasta musí umožňovat dobré tisknutí pomocí šablony na desku plošného spoje, nesmí obsahovat vzduchové bubliny a musí být dostatečně lepivá. Po přetavení musí být spoj lesklý a hladký a nesmí v něm být kuličky pájky. Pájecí pasta se skladuje v chladničce při poměrně nízkých teplotách ($2 \div 4 \text{ }^\circ\text{C}$) po dobu asi půl roku, před použitím se musí asi 4 hodiny až den temperovat na pracovní teplotu.

Lepidla a lepení

Lze je rozdělit na dvě základní skupiny:

- elektroizolační (tepelně vodivá a tepelně nevodivá)
- elektricky vodivá

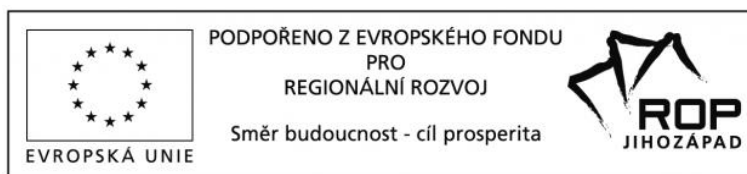
Lepidla musí splňovat řadu požadavků:

- jednosložkový systém bez rozpouštědel
- nesmí docházet k roztékání kapky ani tažení vláken
- musí být elektricky nevodivé s konstantním dielektrikem
- musí být chemicky stabilní a nesmí být korozivní
- musí mít dobrou lepivost a vysokou teplotní stabilitu.

Při použití lepidla musí navíc zajistit správnou viskozitu, musí být výrazně barevné a odolné vůči teplotám při pájení. Samozřejmostí je dlouhá skladovatelnost a možnost snadných oprav. V neposlední řadě musí být netoxické, nehořlavé a nemají zapáchat. Lepidlo se na desku plošných spojů nanáší sítotiskem, pomocí šablon nebo kapkovou metodou.



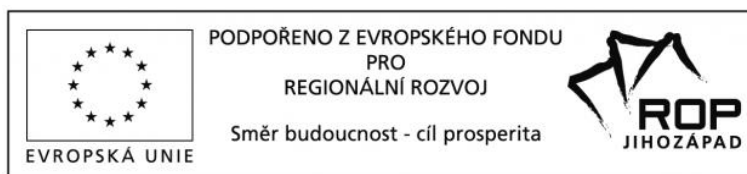
Obrázek 132 lepení součástky (IO)



VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU CZ.1.14/2.4.00/19.02578

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Po nalepení se lepidlo musí vytvrdit. Existuje několik způsobů. Při vytvrzování teplem je lepená součástka vystavena teplotě $120 \div 150^{\circ}\text{C}$ po dobu $1 \div 5$ minut. Kombinovaný způsob představuje použití UV záření současně s teplem. Pokud použijeme vytvrzení pouze UV záření s vyšší intenzitou, je dostačující čas desítek sekund. Vodivá lepidla mají dvě složky a to polymerní a kovovou složku. Polymerní složka je epoxidová, lze také použít polyuretany nebo polyimidy. Polymer je určující pro kvalitu lepení, přilnavost a opravitelnost lepeného spoje. Kovová složka musí zajistit elektrickou a tepelnou vodivost. Používá se zejména stříbro. Vodivá lepidla zajistí elektrickou vodivost ve všech osách (izotropní) anebo pouze v jednom směru (anizotropní). Lepené spoje mají podstatně menší pevnost než pájené spoje. Vodivá lepidla se nanáší sítotiskem na základní desku. Nevýhodou lepených spojů je vysoká cena, horší vodivost ve srovnání s pájkami, složitější opravy a malá pevnost spoje.



**VYBAVENÍ DÍLEN ODBORNÉHO VÝCVIKU
CZ.1.14/2.4.00/19.02578**

Realizátor: Střední odborné učiliště elektrotechnické, Plzeň, Vejprnická 56

Místo pro poznámky