

Technická doporučení a formát podkladů pro výrobu

(verze 3.0, vydáno 9.4.2010, autor Ing. Martin Máša)

1. Úvod

Tento dokument vznikl jako popis našich technologických možností, formátu výrobních podkladů a technických doporučení, jejichž dodržení usnadní výrobu Vašich zařízení a výrazně sníží riziko vzniku chyb a možných problémů. Některé informace mají obecnou platnost, jiné jsou specifické pro námi používanou výrobní technologii. Samozřejmě to však neznamená, že Vám Vaše zařízení nevyrobíme, pokud některé naše doporučení nemůžete z jakéhokoliv důvodu dodržet. Neváhejte se na nás kdykoliv obrátit, vždy se pokusíme najít vhodné řešení pro Vaše přání a požadavky. Umíme flexibilně řešit i nestandardní situace a máme v tomto směru poměrně bohaté zkušenosti. Rádi Vám také poradíme v případě, že v tomto dokumentu nenajdete odpovědi na své dotazy nebo nebudou dostatečně srozumitelné. **Těšíme se na spolupráci s Vámi!**

2. Desky plošných spojů

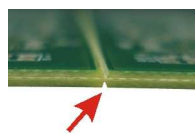
2.1. Rozměry DPS a panelů

Technicky jsme schopni na automatové lince (Obr. 7) zpracovat DPS nebo panely od velikosti 51 x 51 mm do velikosti 457 x 508 mm (včetně případných technologických okrajů). Jednotlivé DPS (zejména menších rozměrů) je většinou vhodné pro automatovou výrobu **panelizovat**. Optimální velikost panelu je závislá na mnoha faktorech a zejména pro větší výrobní série ji s námi, prosím, konzultujte. Pro menší výrobní série je většinou vhodné, aby delší strana celkového motivu panelu byla dlouhá maximálně cca 230 mm, aby bylo možné použít běžnou šířku šablonového plechu 300 mm (podrobněji viz. kapitola 5.1 Šablona typu Uniprint). Je-li kratší strana panelu DPS široká max. 150 mm, je většinou možné při dodržení našich požadavků na šablonový plech umístit dva motivy na jeden šablonový plech (např. pro oboustranné osazované SMD součástky) a ušetřit náklady na výrobu druhého šablonového plechu.

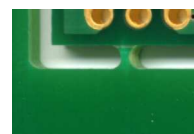
Je nutné, aby DPS nebo panely měly **shodné rozměry** a jejich vnější **hrany byly rovnoběžné**. Ideální je frézovaný obvod nebo drážkovačkou vyrobená V-drážka. Stríhání na nůžkách občas nebývá dostatečně přesné (velmi záleží na pečlivosti výrobce DPS). DPS nesmí být prohnuté a musí být dostatečně tuhé (tj. přiměřeně hluboké drážkování nebo rozumné frézování při panelování). Pokud si výrobu DPS zajišťujete sami, doporučujeme Vám, abyste výrobce upozornili, že DPS budou používány pro výrobu na automatech a musí splňovat výše uvedené požadavky na kvalitu.

2.2. Způsoby dělení panelů

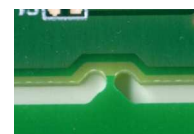
Pro oddělení jednotlivých DPS při panelování nebo technologického okolí se nejčastěji používá drážkování V-drážkou nebo frézování tzv. „na můstky“. Nejlevnější (při výrobě DPS i při následném dělení DPS) bývá drážkování V-drážkou (Obr. 1). Nevýhodou pro někoho může být poměrně hrubý povrch hrany DPS po rozdělení a trochu horší přesnost rozměrů (obvykle s tolerancí cca $\pm 0,3$ mm) než u frézování, kde bývá tolerance obvykle $\pm 0,2$ mm. Frézování na můstky je možné dvojího typu. Častější bývá použití vnějšího můstku (Obr. 2), který nezasahuje do plochy DPS. Po jeho odstříhnutí však zůstane na hraně DPS vystupující otřep, který se obvykle zabrušuje do hladka, což zvyšuje cenu dělení DPS. Při použití vnitřního můstku (Obr. 3) zajede fréza u můstku částečně do plochy DPS, s čímž je nutné počítat již při



Obr. 1
V-drážka



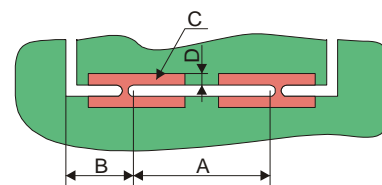
Obr. 2
Vnější můstek



Obr. 3
Vnitřní můstek

návrhu DPS (zejména vhodnou vzdáleností součástek, spojů a měděných ploch od okraje DPS v místě můstku). Výhodou však je, že můstek můžeme odstříhnout tak, aby zbylý ořep nevystupoval přes obrys DPS a není jej tedy nutné odstraňovat.

Při panelování DPS, které mají součástky přesahující jejich okraj (např. konektory), není možné použít pro oddělení DPS V-drážky, protože by pak nebylo možné jednotlivé DPS oddělit nožovou děličkou. U frézovaného panelu s oddělovacími můstky by můstky také neměly být umístěné v místě součástek přesahujících přes hranu DPS (např. konektory). Pro použití pneumatické děličky vnějších můstků by u každého můstku měla být frézovaná drážka z jedné strany minimálně 19 mm dlouhá (Obr. 4 kóta „A“) a z druhé alespoň 6 mm (kóta „B“), v této vzdálenosti by ze spodní strany DPS neměly být žádné součástky (červená plocha „C“) ve vzdálenosti 2 mm (kóta „D“) od hrany DPS.



Obr. 4
 Upřesnění rozměrů pro použití
 pneumatické děličky

2.3. Doporučení pro návrh DPS - vzdálenosti součástek

Doporučujeme dodržovat minimální vzdálenost sousedních součástek nebo jejich pájecích plošek alespoň 0,5 mm a to i v případě, že mají sousedící plošky propojené. Od hrany DPS je vhodné dodržovat vzdálenost součástek minimálně 1 mm.

Minimální vzdálenost hrany pájecí plošky nebo těla SMD součástky od hrany DPS ve směru průchodu osazovací linkou (obvykle delší strana DPS nebo panelu) **je 4 mm**, u spodní strany oboustranně osazených DPS **6 mm**. Jsou-li součástky blíže ke kraji je nutný k DPS přidat **technologický okraj** (obvykle se používá v rozsahu 5 až 10 mm).

2.4. Povrchová úprava DPS

Povrch DPS musí být dobře pájitelný (nesmí být zoxidovaný nebo nekvalitně povrchově upravený). Důrazně doporučujeme používat jako povrchovou úpravu **chemické zlato** nebo alespoň chemický cín před povrchem HAL, zejména při osazování jemných SMD součástek. I dobře vyrobený HAL totiž mívá drobné nerovnosti, které výrazně zvyšují riziko špatného osazení (součástka může sklouznout) nebo špatného zapájení (součástka může být nadzdvihnutá a na některých vývodech díky tomu nezapájená). Chemický cín bývá levnější než chemické zlato, ale je vhodné používat jej pouze pro DPS s jednostranně osazenými SMD součástkami, protože se mu může výrazně zhoršovat pájitelnost opakovaným průchodem pájecím procesem (např. reflow pecí).

2.5. Naváděcí značky pro osazovací automat

Pro osazovací automat jsou na DPS nutné **naváděcí značky**, např. kolečka průměru 1 mm (Obr. 5). V odmaskované ploše okolo značek (minimálně 0,5 až 1 mm od obvodu značky) nesmí být žádné spoje ani potisk. V těsné blízkosti značky by také neměl být žádný podobný útvar, např. odmaskovaný prokov podobného průměru.



Obr. 5
 Naváděcí značka

Nezbytná je jedna dvojice značek na ploše DPS nejlépe úhlopříčně co nejdále od sebe. Vhodné je, pokud jejich umístění není přesně symetrické, zabránit se tak případnému otočení DPS o 180°. Ze stejného důvodu může být v dalším rohu DPS ještě třetí značka. Vzdálenost okraje žádné naváděcí značky od hrany DPS (při panelování od hrany panelu) ve směru průchodu osazovací linkou (obvykle delší strana DPS nebo panelu) nesmí být menší než 5 mm.

Při panelování více kusů DPS je velmi vhodné, aby každá samostatná **subdeska měla vlastní dvojici** (či trojici) naváděcích značek.

Při osazování součástek s roztečí vývodů menší než 1 mm nebo BGA je u větších DPS vhodné umístit další dvojici naváděcích značek (tzv. „lokální značky“) úhlopříčně poblíž rohů každé takovéto součástky nebo skupin součástek. Obecně většinou platí, že větší počet naváděcích značek na DPS ničemu nevedá, mnohem horší je situace, když chybí...

3. Součástky

Nabízíme Vám možnost použít běžné drobné součástky (zejména rezistory, kondenzátory, tranzistory a diody) **přímo z našeho skladu**. Ostatní součástky můžete dodat sami, nebo Vám můžeme jejich dodání zajistit u našich dodavatelů.

Pokud si budete součástky dodávat sami, je vhodné dodržet následující pravidla, jinak Vám mohou být účtovány vícenáklady na náročnější přípravu výroby:

- součástky je nutné dodat v pásech, tyčích nebo platech
- všechny součástky musí být v každém balení umístěny jedním směrem, polární součástky se stejnou orientací
- u součástek v tyčích a platech je vhodné v rámci možností (např. v relaci k ceně) dodat drobnou rezervu, která samozřejmě bude většinou vrácena (součástka může být mechanicky poškozená, může se výjimečně poškodit či ztratit při osazování apod.)
- pásy se součástkami by měly být v jednom kuse (optimálně celý kotouč), měly by mít zaváděcí část bez součástek alespoň 5 cm a volný krycí pásek alespoň 45 cm, musí mít dostatečnou rezervu úměrnou celkovému osazovanému množství, minimálně však 5 až 10 ks (drobné součástky se při osazování občas ztrácejí, např. špatným uchopením tryskou), nesmějí být rozlepené nebo zlámané (např. navinuté na nevhodně malý průměr)
- součástky by neměly být příliš staré, neboť zoxidované vývody jdou obtížně pájet a špatné propájení nemusí být vždy viditelné.

4. Data a podklady pro osazování

4.1. Data pro osazovací automat

Abychom mohli náš osazovací automat naučit osazovat Vaší DPS, potřebujeme níže popsaná data o umístění součástek a naváděcích značek na DPS. Většina dnes používaných CAD systémů pro návrh DPS umožňuje tyto data v nějaké formě vytvořit. Data je nejlepší dodat jako **tabulku v Excelu**, ale spokojíme se i s obyčejným textovým souborem s pevným formátem (data jsou mezerami srovnány tak, aby stejné položky byly pod sebou) nebo lépe s vhodným oddělovačem mezi položkami (např. tabulátor nebo středník).

Datový soubor by měl pro každou součástku obsahovat samostatný řádek s následujícími údaji:

- **reference součástek** - jednoznačné označení každé součástky (např. R1, R2, C1, C2)
- **souřadnice středů součástek** - všechny souřadnice musí být uvedeny ve stejném souřadném systému vztaheném k jednomu bodu (nejlépe rohu DPS, to ale není podmínkou), mohou být v palcové i metrické míře (preferujeme metrickou)
- **úhly otočení součástek** – je jedno, jak je přesně otočená součástka ve výchozí poloze (tj. s nulovým úhlem), to záleží na konkrétní používané knihovně součástek ve Vašem návrhovém systému, důležité ale je, aby ji součástky stejného typu (tj. stejného pouzdra) měly nadefinovanou stejně a v datovém souboru byl uveden úhel položení součástky na DPS vztahený k této výchozí poloze
- **typ pouzdra součástek** (např. 0805, 1206, tantal A, B, C, D, SOIC 8, PLCC 44, QFP 80, apod.)

- **hodnoty součástek** (pro jeden typ součástek používat shodné značení, nesmí dojít k záměně různých součástek kvůli shodnému označení, např. 1k5, 22p, 4u7/16V, BC857, GAL16V8)

Dále musí datový soubor obsahovat **souřadnice všech naváděcích značek** uvedených ve stejném souřadném systému jako součástky. Je možné tyto souřadnice dodat i jako samostatný soubor.

Při umístění několika DPS na jednom panelu je vhodné dodat jejich přesnou rozteč (nebo třeba souřadnice rohů jednotlivých DPS na panelu apod.). Jsou-li na panelu pouze globální naváděcí značky pro celý panel, je dodání přesné polohy či rozteče jednotlivých desek nutné.

Pro DPS oboustranně osazené SMD součástkami je možné data dodat v samostatném souboru pro každou stranu nebo v jednom souboru s vyznačením strany u každé součástky ve zvláštním sloupečku.

Jsou-li v datovém souboru spolu s SMD součástkami uvedeny i vývodové součástky, je vhodné je oddělit od SMD součástek, např. umístěním v samostatném bloku nebo popisem ve zvláštním sloupečku.

4.2. Příklad datového souboru

Reference	Part label	TopCell	X	Y	Rot	Side
C31	22p	C0603	32,75	59,25	90	TOP
C32	10n	C0603	84,5	59,5	0	TOP
C33	10u/16V	CapTant A	87,75	59,25	270	TOP
C38	22p	C0603	32,75	55,75	270	TOP
C39	100n	C0603	23,75	43,75	180	TOP
C4	100n	C0603	25,75	102,25	180	TOP
D1	STPS1L30U	SMB	81,5	104,75	270	TOP
D2	LED_G	LED 0805	51,75	17,25	0	TOP
D3	LED_R	LED 0805	51,75	14,75	0	TOP
Q1	IRF7220	SO8	74,25	100,5	270	TOP
Q2	BC846	SOT23	71,25	94,5	0	TOP
R1	1R-1%	R1206	75,75	96	0	TOP
R10	1k	R0603	29	73,25	90	BOTTOM
R11	10k	R0603	14,75	68,25	90	BOTTOM
R18	1k	R0603	46	68,25	270	TOP
R19	680R-1%	R0603	49,25	69,5	0	TOP
R2	1R-1%	R1206	75,75	93,25	0	TOP
R20	680R-1%	R0603	52,25	68,5	90	TOP
R21	100R	R0603	75,5	67	180	TOP
R59	33R	R0603	69,75	37,75	90	BOTTOM
U1	LM1117MP-3.3	SOT223	57,75	99,75	90	TOP
U10	DS26LV32ATM	SO16	95	56,5	270	TOP
U11	EPM3032ATI44	TQFP44	25,5	34,75	0	TOP
U16	SN74LVC157AD	SO16	65,5	29,5	270	TOP
U6	AD8601ART	SOT23-5	76,25	86	90	TOP
U7	LM60CIM3	SOT23	48	73,25	0	TOP
U8	ATmega8L-8AU	TQFP32	40,25	59,25	270	TOP
Y1	7.3728 MHz	HC49/S-SMD	27,3	59,25	90	TOP
FDM1	Mark 1,0 2,0	Mark	16,75	31	0	TOP
FDM2	Mark 1,0 2,0	Mark	51,25	45,5	0	TOP
FDM3	Mark 1,0 2,0	Mark	113	107,75	0	BOTTOM
FDM4	Mark 1,0 2,0	Mark	68,75	79	0	BOTTOM

4.3. Další podklady pro výrobu

Pro rychlou orientaci je vhodné dodat i **seznam součástek** (tzv. BOM) s počty jednotlivých typů součástek na desce.

Součástí předávaných dat musí být také **výkres osazovacího předpisu** s dobře patrnými orientacemi polárních součástek a integrovaných obvodů a nejlépe s čitelnými a jednoznačně přiřazenými referencemi, případně i hodnotami. Optimální je dodat jej ve vhodné elektronické verzi, např. jako PDF nebo obrázek.

Je vhodné dodat i seznam **přípomínek a speciálních přání** na způsob montáže či osazení (např. výkonové vývodové rezistory umístit 2 mm nad desku, konektor K2 je ze spodní strany, zvláště opatrně zacházet se součástkou XY, protože je drahá/křehká/citlivá na elektrostatiku apod.)

Při návrhu je vhodné (je-li to možné) používat co nejméně různých hodnot součástek (např. rezistory v digitální technice je obvykle možné volit v širokém rozsahu, takže je možné použít hodnotu, která se již na desce někde vyskytuje apod.) a pro každou použitou hodnotu minimalizovat počet různých typů, lišících se pouzdrem, tolerancí nebo napětím apod. Případně je možné jako součást dokumentace dodat povolené rozsahy hodnot pro náhradu aktuálně dostupnějších typů, zejména pokud Vám součástky zajišťujeme my.

4.4. Doporučení pro značení součástek

Pro značení součástek doporučujeme dodržovat následující konvence, minimalizuje se tak riziko záměny či chybně osazené součástky:

- jako hodnotu rezistorů a kondenzátorů nepoužívat samotné číslo, ale vždy jej doplnit písmenkem označujícím řád, např. 100R pro rezistor 100 ohmů
- hodnoty rezistorů značit předponami R (*ohm*), k (*kilo*), M (*mega*) umístěnými nejlépe na místě desetinné tečky (100R, 2k2, 4M7)
- hodnoty kondenzátorů značit předponami p (*piko*), n (*nano*), u (*mikro*) (22p, 100n, 4u7/6.3V), nepoužívat zastaralé předpony k a M vztahené k základní jednotce pF, hrozí tak možná záměna s rezistory
- zejména u tantalových, elektrolytických a větších hodnot keramických kondenzátorů je vhodné značit minimální požadované napětí
- pokud není u kondenzátoru uvedeno napětí, předpokládá se 6.3V
- pokud není u rezistoru uvedena tolerance, předpokládá se 5%
- pokud není u keramického kondenzátoru uvedena hmota, předpokládá se Y5V
- případné náhrady s vyšším napětím, menší tolerancí nebo kvalitnější hmotou (např. X5R nebo X7R místo Y5V) provádíme většinou automaticky
- použití různých písmenek pro reference součástek desku zpřehlední, doporučené jsou: R pro rezistory, C pro kondenzátory, L pro cívky, K nebo J pro konektory, U nebo Q pro integrované obvody, D pro diody a LED, X nebo Y pro krystaly, F pro pojistky a polyswitchce.

5. Šablona pro pájecí pastu

Před osazením SMD součástek je nutné na DPS nanést na pájecí plošky pájecí pastu. Nejběžnější způsob je nátisk pájecí pasty přes šablonový plech na síťotiskovém zařízení. Šablonový plech vyrobený podle našich požadavků a doporučení si můžete dodat sami nebo zajištění jeho výroby necháte na nás. Pokud již šablonový plech máte např. z předchozí výroby, konzultujte s námi možnost jeho použití.

Preferujeme a velmi doporučujeme **laserem řezané nerezové šablony**. U leptaných šablon pak preferujeme materiál ALPAKA.

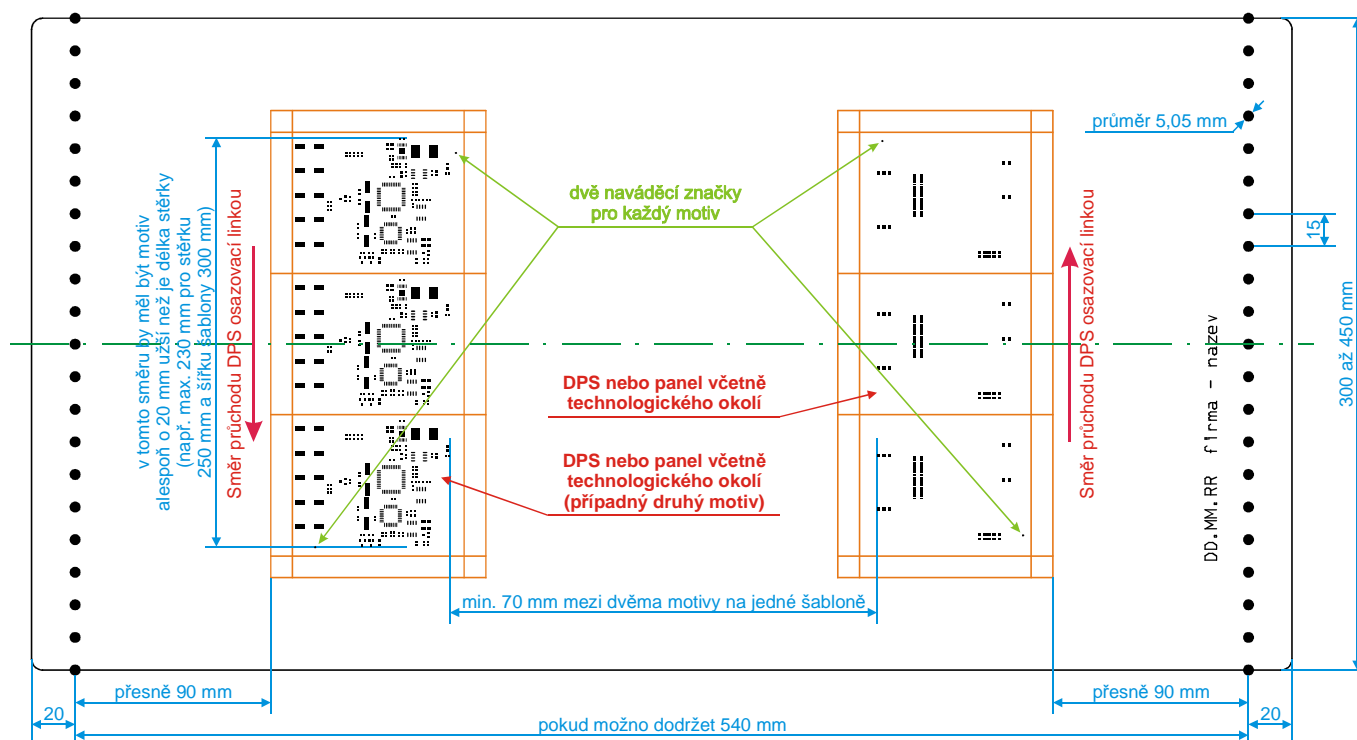
Pro většinu DPS je vhodná tloušťka šablonového plechu 0,15 mm, pro jemné motivy (s roztečí vývodů součástek 0,65 mm a menší) pak 0,13 nebo 0,12 mm.

5.1. Šablona typu Uniprint

Pro většinu výrob vyhoví šablonový plech s uchycením typu „Uniprint“, tj. dvě řady otvorů (perforace) po kratších stranách plechu (viz. Obr. 6). Motiv prosíme umístit na šablonový plech tak, aby delší hrana DPS (nebo panelu) včetně technologického okolí byla přesně 90 mm vzdálená od středu perforace. Ve druhém směru umístit obrys DPS včetně technologického okolí symetricky na střed šablonového plechu (zelená čerchovaná čára na Obr. 6), vůči kterému jsou symetricky umístěny i řady otvorů perforace, kterých je v každé řadě lichý počet se středovým otvorem přesně ve středu šablonového plechu.

Umístění **motivů dvou různých desek** (nebo dvou stran jedné desky) na jeden šablonový plech je možné, pokud mezi jednotlivými motivy zůstane vzdálenost alespoň 70 mm. To obvykle vychází, je-li kratší strana panelu široká maximálně 150 mm. Hrana DPS druhého motivu bude opět vzdálená přesně 90 mm od středu perforace.

Šířka šablonového plechu by měla být minimálně o 50 mm širší než délka stěrky, kterou se pasta na šabloně roztírá. Motiv otvorů pro pastu (pájecích plošek) by pak měl být alespoň o 20 mm užší než je délka stěrky. Stěrky standardně používáme dlouhé 170 mm, 250 mm a 300 mm, pro maximální možnou šířku šablonového plechu je možné použít stěrku dlouhou 400 mm. Nejčastěji se používá šablona široká 300 mm a stěrky dlouhé 250 mm.



Obr. 6 - Šablonový plech - rozměry, upínací otvory a umístění motivů

5.2. Další typy šablon

Pro velké výrobní série, často opakovanou výrobu nebo z rozměrových důvodů pro velké DPS můžeme použít další typy šablon. Jednou možností je šablonový plech s uchycením pro upínací systém VectorGuard firmy DEK, máme rám velikosti 23 x 29 palců, pro největší DPS existuje i rám velikosti 29 x 29 palců. Další možností je šablona napevno napnutá v rámu, pro bližší informace o vhodném provedení nás, prosím, kontaktujte. Pro tyto větší šablony máme k dispozici i širší stěrky o délkách 440 mm a 510 mm.

5.3. Naváděcí značky pro šablonu

Na šablonovém plechu jsou potřebné naváděcí značky přesně ve stejných místech, jako jsou na DPS. Naváděcí značky je potřeba částečně zaleptat a začernit nebo částečně vypálit laserem (ne skrz!!!) ze strany, která bude ležet na DPS při nanášení pasty („spodní“ strana). Pro jednu DPS či jeden panel vícenásobného motivu DPS jsou nutné **právě dvě naváděcí značky**, úhlopříčně přes motiv, co nejdále od sebe (více „rezervních“ značek na šablonový plech neumísťujte, velmi komplikují nastavení automatické optické kontroly nanášení pájecí pasty). Částečně zaleptat nebo vypálit na šablonový plech je vhodné i název DPS a případně též jméno Vaší firmy a datum pro jednoznačnou identifikaci šablony.

5.4. Podklady pro výrobu šablony

Jako podklad pro výrobu šablonového plechu je nejvhodnější dodat data ve formátu **Gerber RS274-X**. V datech by měly být plošky SMD součástek rozměrově stejné jako samotné pájecí plošky na DPS (to ve většině případů vyhoví) případně o něco menší (0,1 – 0,2 mm dle velikosti plošek). Plošky, které jsou v jednom rozměru menší než 0,8 mm, doporučujeme nezmenšovat. Dále musí data **obsahovat naváděcí značky** na stejných místech, jako jsou na DPS a je nutné dodat i **obrys DPS nebo panelu** (včetně použitého technologického okolí), pro přesné umístění motivu na šabloně. Pokud budou naváděcí značky vygenerovány ve stejné vrstvě jako plošky součástek, je vhodné dodat k datům i textový popis typu „naváděcí značky jsou kolečka s kódem D14 průměru 1 mm“ apod. V případě panelizovaných DPS je nutné dodat data pro motiv celého panelu nebo pro jednu DPS a přesné polohy či rozteče a počty násobených motivů.

Používáte-li obvody typu BGA s roztečí kuliček 1 mm, doporučujeme velikost otvorů v šablonovém plechu o průměru 0,45 mm pro rozteč 0,8 mm pak otvory o průměru 0,4 mm. Pro FinePitch QFP apod. s roztečí vývodů 0,5 mm doporučujeme šířku otvorů v šablonovém plechu zvolit jako polovinu rozteče vývodů. Zejména u pouzder typu QFN případně u pouzder se středovou chladicí ploškou pak doporučujeme důsledně **dodržovat doporučení výrobců** těchto součástek pro velikost a rozmístění pájecích plošek na DPS i otvorů v šablonovém plechu.



Obr. 7 - Naše automatová osazovací linka