VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

IMPLEMENTACE NÁSTROJŮ VIZUALIZACE PRO OSAZOVÁNÍ DPS
IMPLEMENTATION OF VISUALIZATION TOOLS FOR PCB ASSEMBLY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR
Bc. Radek Kolář

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR
doc. Ing. Petr Bača, Ph.D.

BRNO 2016

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Elektrotechnická výroba a materiálové inženýrství**
Ústav elektrotechnologie

Student: Bc. Radek Kolář ***ID:*** 174916
Ročník: 2 ***Akademický rok:*** 2015/16

NÁZEV TÉMATU:

Implementace nástrojů vizualizace pro osazování DPS

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznámení se s problematikou osazování DPS a uvedení prostředků pro průběžnou a konečnou kontrolu DPS u poloautomatického a ručního osazování. Analýza nástrojů programů pro vizualizaci při osazování DPS. Definování plusů a mínusů jednotlivých programů. Představení fungování vybraného programu pro vizualizaci. Implementace programu do výroby. Problémy se zavedením programu a porovnání s předchozím stavem. Zhodnocení jeho přínosu pro výrobu (čas, kvalita, finanční náklady, pracovní zdroje, ...). Řešení nastalých problémů s implementací programu. Doporučení, pro jaký typ výroby je daný program vhodný.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 8.2.2016 ***Termín odevzdání:*** 26.5.2016

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Bača, Ph.D.
Konzultant diplomové práce:

doc. Ing. Petr Bača, Ph.D., *předseda oborové rady*

UPOZORNĚNÍ:
Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Seznámení se s problematikou osazování DPS a uvedení prostředků pro průběžnou a konečnou kontrolu DPS u poloautomatického a ručního osazování. Analýza nástrojů programů pro vizualizaci při osazování DPS. Definování plusů a mínusů jednotlivých programů. Představení fungování vybraného programu pro vizualizaci. Implementace programu do výroby. Problémy se zavedením programu a porovnání s předchozím stavem. Zhodnocení jeho přínosu pro výrobu (čas, kvalita, finanční náklady, pracovní zdroje, …). Řešení nastalých problémů s implementací programu. Doporučení pro jaký typ výroby je daný program vhodný.

KLÍČOVÁ SLOVA

vizualizace DPS, systém kontroly, aplikace do výroby, analýza systému

ABSTRACT

Familiarization with the problems of PCB assembly and commissioning means for interim and final control of DPS on semi-automatic and manual assembly. Analysis tools for visualizing programs during PCB assembly. Defining the pluses and minuses of each program. Introducing the functioning of the program selected for visualization. Implementation of the program into production. Problems with introducing the program and compared with the previous situation. Evaluation of its contribution to manufacturing (time, quality, financial costs, human resources, ...). Solving problems encountered with the implementation of the program. Recommendations for the type of production the program is suitable.

KEYWORDS

visualition PCB, control system, application into production, analysis system

KOLÁŘ, R. *Implementace nástrojů vizualizace pro osazování DPS.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 58 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Petr Bača, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci na téma Implementace nástrojů vizualizace pro osazování DPS jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 18. května 2016 .....

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Petru Bačovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne 18. května 2016 .....

podpis autora

Obsah

Obsah vi
Seznam obrázků ix
Seznam tabulek x
Úvod 1
1. Teorie osazování DPS 2
1.1. Typy součástek SMT a THT 2
1.2. Typy montáží na DPS 3
Úprava plošného spoje před osazením součástek 4
Montáž pouze SMT součástek 4
Pájení 5
Pájení přetavením (reflow pájení) 5
Kombinovaná montáž - THT součástky na jednu stranu a SMT na druhou 6
Pájení vlnou 6
1.3. Způsoby osazování 7
Ruční osazení 7
Automatické a poloautomatické osazení 8
1.4. Způsoby balení součástek 9
2. Přehled kontrolních mechanismů při osazování DPS 13
2.1. Postup kontroly 15
2.2. Analýza nástrojů programů pro vizualizaci při osazování DPS 17
2.3. Definici výroby DPS 17
3. Analýza nástrojů programů pro vizualizaci při osazování DPS 19
3.1. GTO 19
3.2. VisualPlace (VP) 20
3.3. ProntoPlace (PP) 22
4. Porovnání parametrů (tabulka) a zhodnocení 23
4.1. Základní vlastnosti programů 24
Cena 24
Vstupní data 24
Softwarové požadavky 25
Uživatelská podpora 25
Jazyková lokalizace 26
4.2. Porovnání funkcí jednotlivých programů 26

Digitální výkres 26
Dělení součástek do skupin nebo jednotlivě 26
Ofset pro synchronizaci 26
Zrcadlení os a dat 26
Barevné označení součástek 27
Přechod mezi součástkami 27
Označení rotace součástky 27
Tvorba papírové technické dokumentace 28
Možnost přidání součástky 28
Možnost uložení do projektu 29
Možnost přepisu dat 29
Stabilita softwaru 29
Možnost aplikace dalšího hardwaru 29
5. Popis stavů před implementací 30
5.1. Vývoj 30
5.2. Konstrukce 31
5.3. Technická příprava výroby (TPV) 32
5.4. Výroba 33
SMT (povrchová montáž) 34
Systém automatické montáže 34
Systém ruční montáže 35
THT montáž 35
Klasická ruční montáž 35
Opravárenské pracoviště 36
5.5. Výstupní technická kontrola 36
Kontrola optická 37
Kontrola elektrická 38
Řešení závad 38
Interní závady 38
Externí závady 38
6. Zavedení SW do výroby 39
6.1. První fáze implementace 39
6.2. Implementace VP do procesu ručního osazování ve výrobě 40
Vybavení pro VP při ručním osazování 40
Výstupy z programu VP pro ruční osazování 41
6.3. Implementace VP do procesu automatického osazování ve výrobě 44
Potřebné vybavení při kontrole DPS 45

Kontrola s využitím kamery 46
Kontrola pomocí běžného rozhraní VP 46
Kontrola a příprava dat pro osazovací automat 47
6.4. Využití speciálních implementací programu VP 47
Chybějící gerber data (osazovací) 48
Chybějící reference v gerber datech (osazovacích) 48
Chybějící P&P data 48
6.5. Kvalita před a po implementaci 49
UL 49
ISO 9001 49
ISO 14001 50
Dopad na kvalitu na vstupu procesu (příprava výroby) 51
Dopad na kvalitu ve výrobě 52
Dopad kvality ve VTK 52
6.6. Ekonomický pohled na implementaci 53
Časová náročnost implementace 53
Nároky na pracovní zdroje 55
Cena implementace 55
7. Závěr 57
Literatura 59
Seznam zkratek 60

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Ukázka pouzder součástek SMT a DIP (THT) 3
Obrázek 1.2: Přehled montáží SMT a DIP (THT) 4
Obrázek 1.3: Strojní pájení vlnou z [10] 7
Obrázek 1.4: Linka pro montáž SMT 8
Obrázek 1.5: Způsob balení součástek SMT [11] 9
Obrázek 1.6: Příklady rotací součástek pro balení 11
Obrázek 1.7: Příklady balení součástek v pásu z [2] a [20] 12
Obrázek 2.1: Příklad výstupu z AOI kontroly 13
Obrázek 2.2: Výstup z X-Ray převzato z [7] 14
Obrázek 2.3: Měřící jehly FPT z [12] 16
Obrázek 2.4: Prostředí FTP testeru Takaya z [13] 16
Obrázek 2.5: Zastoupení počtu kusů DPS ve výrobě 18
Obrázek 3.1: Výstup z programu GTO 20
Obrázek 3.2: Výstup z programu VP 21
Obrázek 3.3: Výstup z programu PP 22
Obrázek 4.1: Ukázka ze SW CAM350 25
Obrázek 4.2: Označování pinů podle IPC7351 z [5] 28
Obrázek 5.1: Cesta výrobku 30
Obrázek 5.2: Příklady chyb v dodávaných gerber datech 31
Obrázek 5.3: Příklad P&P na plošky 33
Obrázek 5.4: Dělení osazování DPS ve výrobě 33
Obrázek 5.5: Příklad P&P dat 34
Obrázek 5.6: Příklad výkresu pro osazování SMT a THT 36
Obrázek 5.7: Příklad optického mikroskopu z [22] 37
Obrázek 6.1: Implementace první části 39
Obrázek 6.2: Porovnání soldermask a P&P dat 40
Obrázek 6.3: Příslušenství VP (karusel a pedál) 41
Obrázek 6.4: Ukázka P&P dat z VP 42
Obrázek 6.5: Ukázka BOM listu z VP 42
Obrázek 6.6: Ukázka výřezu osazovacího výkresu 43
Obrázek 6.7: Ukázka částečného osazovacího výkresu 44
Obrázek 6.8: Kalibrační terčík z [14] 45
Obrázek 6.9: Pracoviště s kamerou z [14] 46
Obrázek 6.10: Ukázka chyby rotace podle IPC7351 47
Obrázek 6.11: Ukázka souřadnice součástky D2 48
Obrázek 6.12: Porovnání vstupních dat 51
Obrázek 6.13: Ukázka rotace (polarity) součástek 53

Seznam tabulek

Tabulka 1.1: Srovnání rychlosti u jednotlivých osazovacích metod: 9
Tabulka 2.1: Srovnání kontrolních metod a uvedení výhod a nevýhod 14
Tabulka 2.2: Zastoupení počtu kusů DPS ve výrobě..... 17
Tabulka 4.1: Srovnání parametrů testovaných programů..... 23
Tabulka 6.1: Časový vliv implementace na jednotlivé úseky 54

Úvod

Práce se zabývá aplikací systému nástrojů vizualizace do výroby desek plošných spojů (DPS). Pro správné pochopení tohoto systému je potřeba si vysvětlit postupy spojené s osazováním DPS. Proto se text člení do částí, které popisují principy a metody osazování DPS až po její implementaci do výroby.

V úvodu práce dojde k představení osazování DPS. Jsou v něm naznačeny metody osazování součástek a uvedeny jejich základní principy. Na tomto místě se rovněž charakterizuje způsob ručního, poloautomatického a automatického osazení. Zjistíme jeho výhody, nevýhody a srovnání jednotlivých používaných metod. Ty metody jsou ovlivněny součástkami, které se pro osazování DPS používají. Součástky jsou vyráběny v různých pouzdrech a mohou být svou funkcí i typem totožné.

Další část se zabývá metodami kontrol DPS. Jedná se o kontroly DPS od vstupu do výrobního procesu přes částečné až po kompletní osazení. Opět je popsán princip jednotlivých metod a jejich následné vyhodnocení. To zahrnuje i porovnání daných výhod a nevýhod.

V třetí a čtvrté kapitole práce jsou vybrány tři softwary určené svými vlastnostmi pro vizualizaci DPS. Součástí je popis jejich principů a možností využití v běžné produkci. Podle stanovených kritérií došlo ke srovnání těchto programů na základě potřeb výrob, do kterých jsou určeny. Po vyhodnocení nám zůstane jeden program, jenž bude komplexně aplikován do výroby. Bude představeno jeho zavádění do výroby, společně s popisem potenciálních problémů. Dále bude předložen i návrh řešení těchto komplikací. Zmíněná východiska jsou blíže specifikována v praktické části této diplomové práce.

V páté kapitole se řeší definování stavu před implementací. Jsou detailně popsány principy fungování částí firmy, kde by se mohl software implementovat. Není zde definována pouze činnost jednotlivých oddělení, ale i jednotlivé procesy, které implementace software může ovlivnit. Tento stav bylo nutno definovat z důvodu porovnání stavu před a po implementaci.

V šesté kapitole se řeší samotná implementace. Popisuje se využívání a další možnosti použití programu. Popisuje se implementace do jednotlivých částí výroby. Důležité hledisko je důsledek na samotný proces ve výrobě nebo přípravě. Kromě praktických důsledků implementace softwaru se analyzuje i vliv implementace na: cenu, čas, pracovní zdroje (kvalifikaci, školení), kvalitu a další.

1. Teorie osazování DPS

1.1. Typy součástek SMT a THT

Technologie povrchové montáže SMT umožnila zmenšit rozměry pouzder součástek včetně vývodů oproti pouzdru typu DIL (dual in line) asi na třetinu až polovinu.

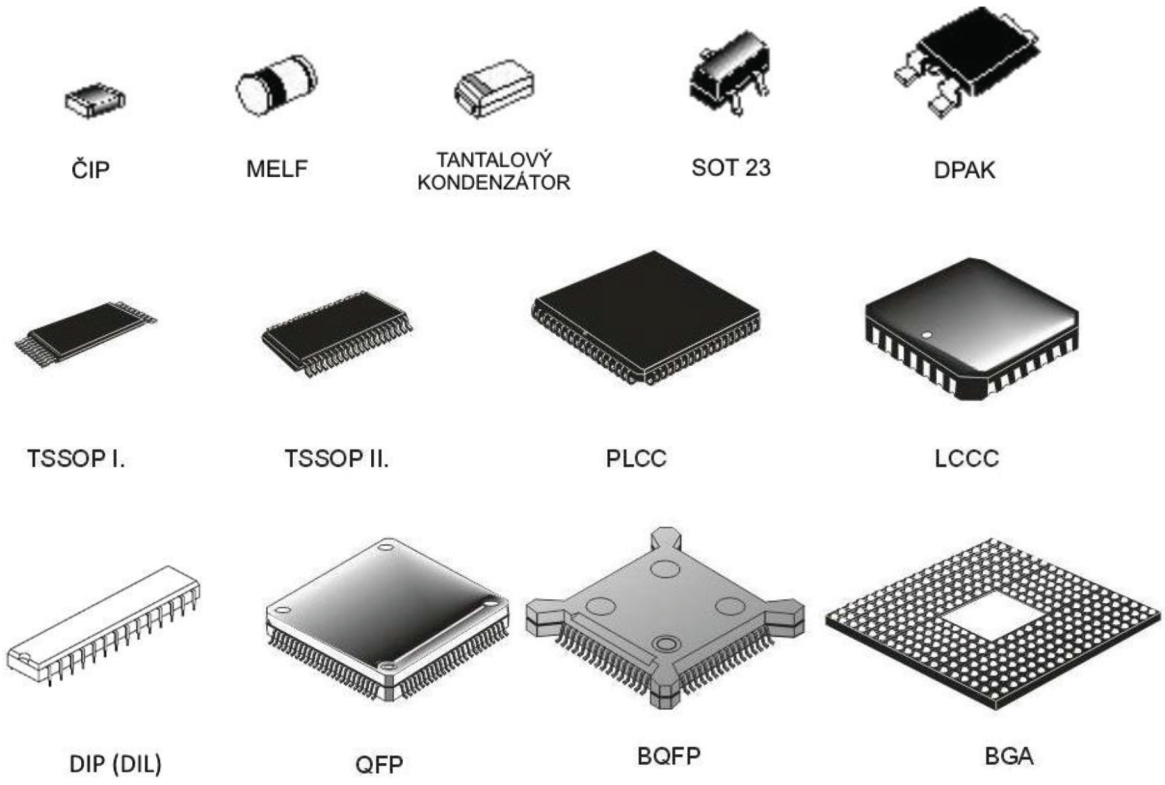
Na Obrázku 1.1 jsou představena základní pouzdra vývodových a bezvývodových součástek.

Mezi nejvíce používaná pouzdra u technologie SMT patří čipová, která se používají u součástek jako rezistor, kondenzátor, cívka a další. Součástky v čipových pouzdrech označujeme za bezvývodová. Čipové součástky jsou po stranách opatřeny metalizovanými pájecími ploškami. Pouzdra nesou číselná označení dle své velikosti jako 0201, 0402, 0603, 0805, 1206 a další. Velikosti jsou definovány ve standardu EIA (Electronic Industries Alliance), v němž dále můžeme najít například pouzdra elektrolytických a tantalových kondenzátorů, která jsou definována začátečními písmeny abecedy (A, B, C, ...). Ve válcovém provedení se pouzdro označuje zkratkou MELF. Páskové vývody se používají zpravidla pro součástky hranolovitého tvaru, jako jsou například tantalové nebo elektrolytické kondenzátory. Vývod je tvořen kovovým páskem zahnutým pod pouzdro součástky.

Páskové vývody tvaru písmene L nalezneme na pouzdrech: QFP, BQFP, TSSOP, SO a dalších. Výhodou vývodů tvaru písmene L je snadná kontrolovatelnost a možnost snadnějšího testování pájených spojů. Nevýhodu skrývají větší rozměry způsobené vyhnutím vývodů vně součástky, což navíc způsobuje obtížnější osazování osazovacími automaty. Může proto lehce dojít k deformaci vývodu součástky.

Dalším typem vývodů jsou páskové vývody ve tvaru písmene J. Pouzdra s tímto tvarem mají označení PLCC, SOJ, QFJ. Vývody tvaru písmene J využíváme u plastových nosičů čipu, protože jsou zahnuty pod pouzdro integrovaného obvodu. Mají menší pájecí plošky, které nepřesahují přes obrys pouzdra. Obvody v pouzdrech s těmito vývody je snadné umísťovat do objímek. Větší výška součástky v těchto pouzdrech znesnadňuje testování a kontrolu zapájení, a to hlavně u pouzder umístěných blízko sebe.

BGA pouzdra (Ball Grid Array packages), neboli pouzdra s kuličkovými vývody v šachovnicovém poli, byla vyvinuta pro integrované obvody s velkým počtem vývodů. To umožnilo minimalizovat rozměry a zmenšit problémy s teplotním koeficientem. Protože je u těchto pouzder velmi důležité zajištění dostatečného odvodu teplota, bylo vyvinuto několik řešení odvodu tepla z pouzdra a od čipu součástky. Jedním z řešení je DPS s prokovy v mezerách mezi kontaktovacími kuličkami. Další možností je otočení čipu a odvádění tepla na horní stranu pouzdra. DPS mají velmi složitý odvod tepla přes měděnou část DPS. Pouzdro BGA umožňuje na stejné ploše umístit dvojnásobný počet vývodů než pouzdro QFP (Quad Flat Pack). BGA využívá pro umístění vývodů celou spodní plochu pouzdra, a proto je možné na stejnou plochu umístit 276 vývodů s roztečí 1,5 mm. Kuličky jsou vyrobeny z pájkové slitiny. I u této technologie dochází ke zmenšování a již dnes existují pouzdra s podstatně menšími rozměry, například mikroBGA, která se využívají na DPS u mobilních telefonů. Omezením je ovšem technologická náročnost výroby DPS s odpovídající hustotou spojů. [1]



Obrázek 1.1: Ukázka pouzder součástek SMT a DIP (THT)

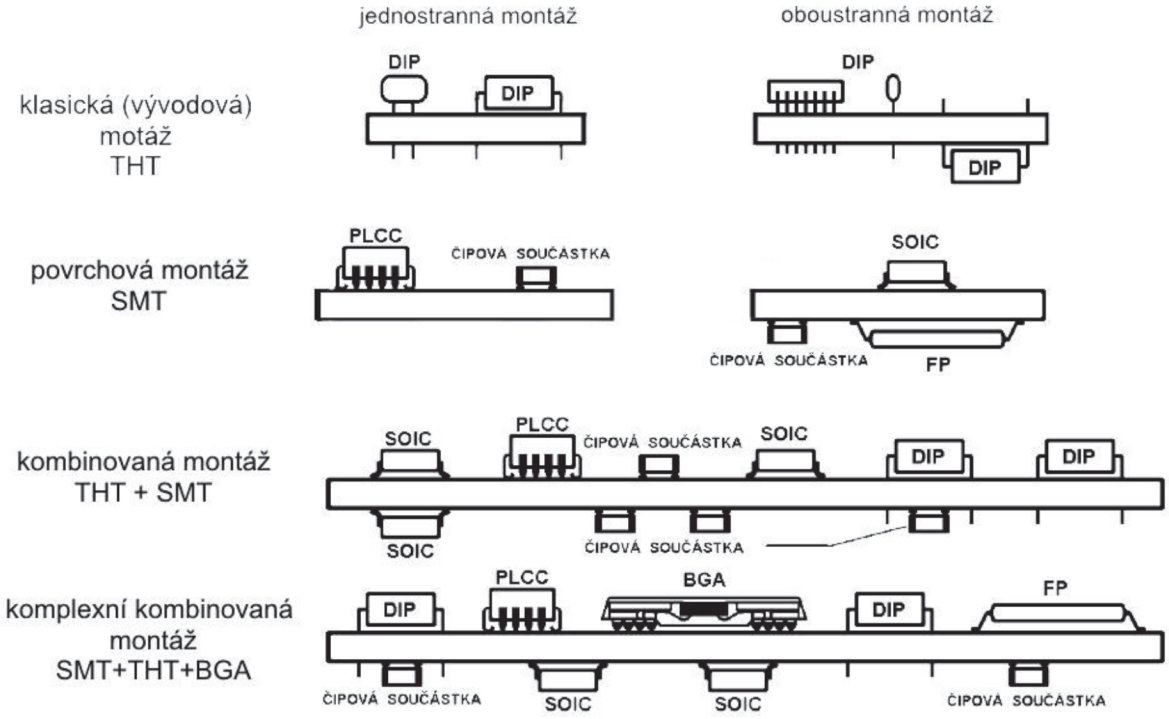
Umístěním na straně spojů (strana, kde jsou vývody klasických součástek) dochází při pájení k přímému kontaktu součástek s pájecí vlnou. Proto musí být součástky schopny odolat po dobu minimálně 10 sekund teplotám kolem 260 °C. Při pájení nesmí roztavená pájka vniknout dovnitř pouzdra součástky. [6]

1.2. Typy montáží na DPS

DPS lze osazovat součástkami z jedné strany nebo z obou stran. Součástky můžeme osazovat metodou klasickou, která spočívá v zastrčení vývodu elektronického dílu do příslušného otvoru v DPS. Tento proces označujeme coby montáž vývodovou (klasickou). Jde o technologii THT (Through Hole Tegchnology). V současné době je kladen důraz na zmenšování DPS a samotných součástek. Z tohoto důvodu se tímto způsobem na většiny

desek osazují hlavně konektory. Integrované obvody (IO), pasivní součástky (rezistory, kondenzátory,…) a další se osazují povrchovou montáží SMT (Surface Mount Technology). Součástky SMT mají různou konstrukci a dávají se do různých pouzder, které jsou uvedeny níže. Při povrchové montáži se osazuje z jedné nebo více strana na dvou a vícevrstvých DPS.

Smíšená montáž zahrnuje osazení jak klasickými, tak SMT součástkami. SMT součástky bývají osazovány z jedné nebo obou stran DPS. Oproti tomu klasické součástky osazujeme pouze z jedné strany.



Obrázek 1.2: Přehled montáží SMT a DIP (THT)

Na obrázku 1.2 můžeme vidět příklad jednostranné i oboustranné montáže součástkami SMT i THT. Je zde vidět i oboustranná kombinovaná montáž a komplexní kombinovaná montáž. Součástky citlivé na teplotní šoky během přetavení v peci nebo zapájení vlnou jako BGA a další se osazují až na konec po osazení i zapájení součástkami klasickými. [6]

Úprava plošného spoje před osazením součástek

Pokud chceme dobře osazené DPS musíme zajistit výbornou pájitelnost. Té lze dosáhnout nanesením vybraných tavidel, což jsou látky nekovové povahy, které odstraňují povlak oxidů z míst určených k pájení. Mají zabránit novému vzniku oxidu během pájení a zajišťují nebo zlepšují smáčení a roztékání roztavené pájky po pájeném místě. Dále po tavidlu je požadováno, aby nepůsobilo korozivně a jeho zbytky šly dobře očistit. Tavidla se nejčastěji používají v kapalném stavu, jež se nastříkají na DPS. Dále se používají i gelová tavidla. Ta jsou určena hlavně pro opravy DPS [18].

Montáž pouze SMT součástek

Při této montáži se součástky na DPS osazují většinou do pájecí pasty a posléze se přetaví v peci. Metoda přináší některé výhody oproti pájení vlnou.

Pájecí pasta při osazování plní funkci lepidla stejně jako při pájení vlnou. Po přetavení v peci zajišťuje mechanické a elektrické spojení. Pasta se nanáší šablonovým tiskem nebo sítotiskem. Je naneseno přesné množství pasty přes šablonu nebo sítotisk na DPS. Součást pasty tvoří pájka a tavidlo. Pro tuto technologii je nezbytně důležitá volba správné pasty a teplotního profilu.

Součástky mohou být osazovány automaticky, poloautomaticky nebo ručně. Hlavně u ručního osazení se DPS musí během dne osadit i přetavit, a to kvůli zhoršujícím vlastnostem pasty při běžné pokojové teplotě. Krajní řešení je uložení DPS do chladného prostředí (ledničky) a dosazení DPS další den.

Přetavený spoj má být lesklý a hladký. Zbytky pasty se odstraní při čistění DPS. Pokud se DPS osazuje oboustranně, opakuje se tento proces pro každou stranu zvlášť. Po osazení se provádí optická kontrola. Společně s automatickou optickou kontrolou (AOI) by měla být provedena i vizuální kontrola lidským okem.

Pájení

Pájení je způsob spojování materiálů. V SMT technologii se uplatňují hlavně dva způsoby pájení: pájení vlnou a pájení přetavením. Mezi další používané technologie patří pájení v parách.

Pájení přetavením (reflow pájení)

U pájení přetavením se nejprve nanese pájecí materiál na pájené místo a poté se působí tepelnou energií, přičemž dochází k přetavení pájecího materiálu. Důležitým faktorem pro kvalitu pájení je nejen volba správné metody a stroje, ale i pájecího materiálu, neboli pájecí pasty. Z důvodu vyšší ceny pájecí pasty než je klasická pájka v tyčích, se tato technologie používá u technicky náročnějších DPS.

Pájecí pasta se nanese na pájecí plošky na DPS. Jedná se o homogenní směs, která má pastovitou konzistenci. Skládá se ze dvou hlavních složek, první složkou je práškovitá pájka, která tvoří až 96 % hmotnosti a tavidlového nosiče obsahujícího tavidlo, aktivátory, rozpouštědlo a reologické modifikátory. Jedná se vlastně o mikroskopické kuličky klasické olovnaté (PbSn) nebo bezolovnaté pájky zamíchané se směsí tavidel. Pájecí pasta je nanášena automatem buď postupně plošku po plošce a nebo protlačením pasty skrz "plech" s dírami v místech pájecích plošek (obdoba sítotisku). Výroba zmíněného "plechu" stojí ale řádově tisíce Kč [19].

Technologie osazování do pasty patří u SMT mezi hojně využívanou a má několik výhod oproti pájení vlnou. Můžeme zde osazovat součástky s jemnou roztečí osazování až 0,3 mm. Lze použít oboustrannou montáž SMT. Pájení probíhá bez teplotních rázů. Při vhodného volbě postupu můžeme ušetřit pájku a tavidlo a tím snížit i výdaje a čas při čistění.

Mezi metody přetavením patří konvekční pájení, pájení pomocí laseru, infraohřev, kondenzační metoda a kontaktní metoda [6], [18] a [19].

Nejčastěji používanou metodou je konvekční pájení. Během něj se energie pro přetavení získává průchodem ohřátého plynu (dusík nebo vzduch) v peci. Tyto pece mají posuvník a DPS se pohybují minimálně ve čtyřech regulovaných zónách. Pro vyšší kvalitu se někdy

používá pájení v ochranné dusíkové atmosféře. Toho se využívá především u hustě osazených nebo vícevrstvých DPS.

Okrajovou metodu je představuje pájení laserem. Výhoda tohoto pájení se skrývá ve vysoké přesnosti lokálního přetavení paprskem, který můžeme přesně směrovat. V praxi je využíváme u součástek citlivých na teplo.

Kombinovaná montáž - THT součástky na jednu stranu a SMT na druhou

U této varianty montáže se používají dvě metody osazování součástek. První a běžnější je ta, při níž se osadí klasické součástky do prokovených děr a proti vypadávání se vývody zahnou dle příslušné normy. SMT součástky jsou pak osazeny ze strany spojů klasických součástek do lepidla. To je poté naneseno do středu součástek s příslušnou výškou.

Lepidlo je elektricky nevodivé a dielektricky stabilní. Musí mít dobrou lepivost a dobrou teplotní odolnost, aby se při pájení vlnou zabránilo uplavání součástek.

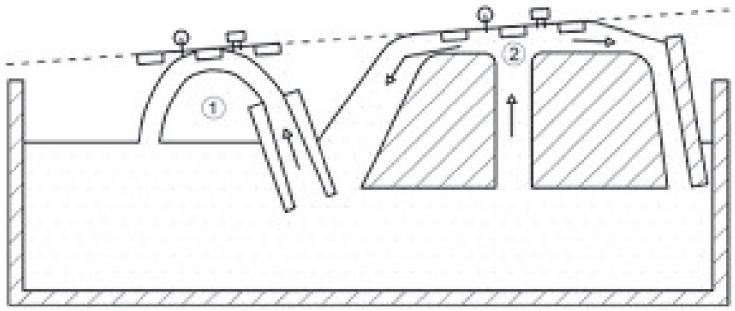
Při pájení vlnou se současně pájí vývody klasických a SMT součástek, které jsou osazeny na stejné straně jako vývody součástek klasických.

Na konci opět následuje optická kontrola. Pro kontrolu správného zapájení se používá i rentgen.

Existují další více kombinované druhy osazování DPS, ale princip je podobný. Některé integrované obvody se na DPS osazují jako poslední z důvodu teplotních šoků, které součástky při použití pece nebo vlny dostanou.

Pájení vlnou

Tato metoda se uplatňuje u pájení vývodů klasických součástek nebo u součástek SMT, které jsou před pájením vlnou přilepeny a vytvrzeny. Výhoda této metody spočívá ve vysoké produktivitě a značné spolehlivosti zapájeného spoje. Cena je asi desetkrát nižší v porovnání s metodou přetavením. DPS jsou při této metodě připevněny na dopravník. Dále je potřeba nastavit patřičná kritéria procesu, a to rychlost posuvu a sklon posuvníku, parametry nanášení tavidla, teplotu jednotlivých předehřevů, teplotu pájky (240 – 260°C), výšku vlny a další. U této metody může dojít k odplavení přilepených SMT součástek vlnou. Pro přesnější pájení na podobném principu se používá například selektivní pájení. Zde lze provádět pájení pouze lokálně. Při použití lokálního pájení se omezí odplavování SMT součástek. Na obrázku 1.3 jsou typy pájecích vln.



1 turbulentní vlna
2 laminární vlna

Obrázek 1.3: Strojní pájení vlnou z [10]

1.3. Způsoby osazování

Osazování DPS se provádí ručně, poloautomaticky nebo automaticky. Hlavními kritérii jsou sériovost, náročnost DPS a požadavky na kvalitu a technické možnosti dané produkce. I při této části výroby dnes dochází k různým kooperacím. Často si firmy nechají část DPS kvůli svým technickým možnost udělat jinde, ale zbytek dohotoví samy. Je to způsobeno tlakem trhu na zakázky a ekonomickými možnostmi jednotlivých společností. [6]

Ruční osazení

Ručně se osazují klasické součástky i součástky pro povrchovou montáž SMT. Při postupu osazení se vezme rozpiska součástek (BOM), osazovací plán (výkres), DPS, součástky a mechanické prvky.

Následně proběhne proces vizuální kontroly DPS. Probíhá kontrola a porovnání rozpisky s počtem součástek a mechanických prvků. Při použití dalších zařízení (podavačů, atd.) se rozřadí součástky dle postupu osazování. Většinou se volí postup osazení zleva doprava, odshora dolů, od nejmenších součástek po největší. Pro jednodušší a rychlejší orientaci je vhodné použít možnost digitálního výkresu, který vizuálně ukáže na místo osazení. Srovnání mezi jednotlivými možnostmi řeší tato práce. Po osazení následuje zapájení (vlnou nebo přetavením). Dále čistění, vizuální kontrola, testování a oživení, tedy elektrická kontrola funkčnosti.

U součástek SMT se ruční osazování používá jen u malého počtu DPS. Většinou se jedná o jednodušší DPS s menším počtem součástek. K tomu dochází hlavně u prototypových vzorků, kde by příprava osazovacích automatů byla časově i ekonomicky náročná. Důvodem je velká miniaturizace součástek. Většinou se osazuje do pasty. Po osazení SMT součástkami se pasta přetaví v peci.

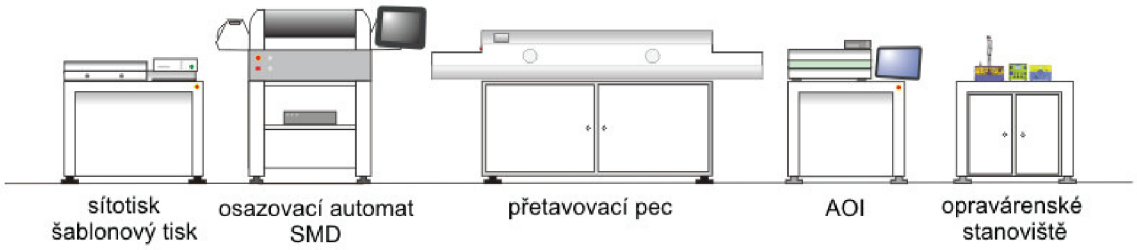
U klasických součástek se ruční osazování používá ve větším počtu. Součástky nejsou natolik malé, aby s nimi byla manipulace příliš náročná. Pokud se nejedná o velkou sérii a nepříliš se opakující stejné typy součástek, pak je tato metoda i ekonomicky výhodnější.

Automatické a poloautomatické osazení

Metody automatického a poloautomatického osazení se provádí strojově. Tyto metody se používají pro výrobu větších sérií, protože doba strojení osazovacího automatu je časově náročná.

Mezi dvě nejtypičtější technologie patří osazování do pasty neboli pájení přetavením nebo osazováním do lepidla, tedy pájení vlnou. Případně se uplatňují další možnosti jako pájení laserem nebo pájení v parách. Tyto technologie jsou ve výrobě zastoupeny jen v malém podílu, a proto jsou uvedeny pouze pro dotvoření celkové představy. Když firma disponuje vlastním vývojem, pak rozhodnutí o technologii do značné míry ovlivní konstruktér DPS. Ten rozhodne podle požadované funkce a dostupných pouzder o použití čisté SMT nebo její smíšené varianty. Samozřejmě je třeba mít stále na paměti i ekonomiku jednotlivých variant. Pájení vlnou představuje asi desetkrát levnější variantu než přetavování pasty.

Pro obě metody se musí zhotovit osazovací program. Pro přípravu slouží Pick and Place data (P&P), kde jsou uloženy souřadnice, rotace, reference a jména součástek. Dle principu funkce osazovacího automatu se odebírají součástky ze zásobníku a osazují na DPS buď do pasty, nebo do lepidla. Dnes se z důvodu velké přesnosti používá osazování s kartézským systémem, který má přesnost na 50um. Mezi nejrychlejší metody osazení patří modulární systém osazovacích automatů. Tento automat je schopen osazovat rychlostí až 300 000 součástek za hodinu.



Obrázek 1.4: Linka pro montáž SMT

Na obrázku 1.4 je znázorněno jednoduché organizační schéma automatické linky osazování DPS. První část je sítotisk, kde se podle šablony nebo sítotisku nanese na DPS pasta. Pomocí automatu ze zásobníků se dále osadí součástky dle připraveného programu. Následuje přetavení pasty v "reflow" peci. Pak následují kontrolní mechanismy jako je například automatická optická inspekce (AOI). Poslední krok je opravárenské pracoviště, kde se odstraní zjištěné chyby. Na konec se u kompletních zakázek provádí elektrický test. Poslední krok zahrnuje zabalení výrobků dle pravidel zacházení s elektronikou (antistatické obaly, atd.).

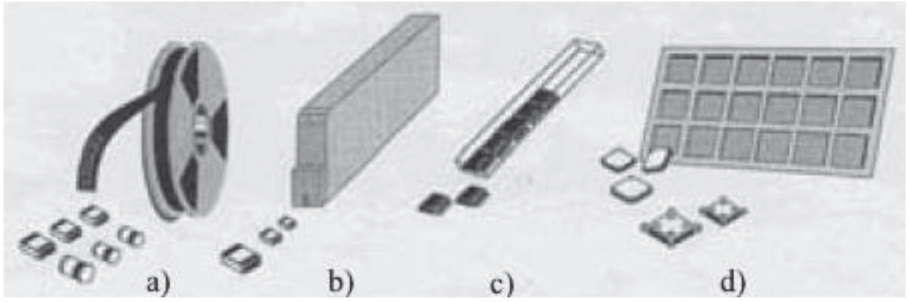
Tabulka 1.1: Srovnání rychlosti u jednotlivých osazovacích metod:

Osazovací metoda	Rychlost (součástky/hod.)	Chybovost (dpm)
ruční osazování	300 - 500	cca 3000
poloautomatické osazování	300 - 600	cca 700
automatické osazování	2 000 - 300 000	100 – 30

Rychlost osazování u automatického osazování se liší dle systému, který se používá. Souvisí to s potřebnou kapacitou výroby a možností počáteční investice do vybraného systému. Modulární systémy jsou nejrychlejší, ale počáteční vklad je značný. Pro firmy s prototypovou nebo málo kapacitní výrobou proto nejsou moc vhodné. Mezi další kritéria patří chybovost těchto automatů, která se pohybuje mezi 100 – 30 dpm s požadavkem na přesnost 17,5 μm.

1.4. Způsoby balení součástek

Pouzdro součástek a jejich balení je určující pro nastavení rotace součástek při strojovém automatickém osazování. [11]



Obrázek 1.5: Způsob balení součástek SMT [11]

Balení SMT součástek:

- v páskách (obrázek 1.5a)
- v kazetách (obrázek 1.5b)
- v tyčích (obrázek 1.5c)
- v paletách (obrázek 1.5d)

S pouzdry součástek bezprostředně souvisí i obchodní balení součástek. SMT jsou určeny především pro osazování na automatech a tomu je přizpůsobeno téměř vše. Rezistory, kondenzátory i tranzistory bývají baleny v páscích z papíru s předseknutými komůrkami, z obou stran pásku je drží tenká fólie. Analogicky se používá plastový (průhledný) pásek s vylisovaných komůrkami. Do obchodu se dodává tento pásek svinutý v kotoučích nebo po částech „v metráži". Někdy se dají koupit malé uzavřené krabičky (kontejnery) obsahující volně několik desítek součástek stejné hodnoty nebo celé sady těchto krabiček - kompletní řady rezistorů a kondenzátorů. Naprostou výjimkou je prodej SMT volně sypaných.

Je mnoho prodejců, které mají ve svém sortimentu SMT a dokonce velmi levně, mají ale také stanoveno minimální odběrné množství na jeden pásek (kotouč) nebo alespoň na 1000 ks od hodnoty. Při kusovém prodeji je cena stejných součástek klidně pětkrát vyšší, než při dodávce ve velkém. Manipulace a třídění jsou pak velmi složitá a při spadnutí či smíchání až nemožná.

Vícevývodové integrované obvody se v obchodech prodávají kusově a volně, stejně tak je třeba je ukládat. Velmi výhodné je po přinesení z obchodu nalepit pouzdra na kousek samolepicí fólie (nejlépe tzv. montážní, která má jen omezenou přilnavost a u které lepidlo vždy zůstane na fólii a neodtrhne se).

Kazetové balení se používá pro malé čipové součástky (kondenzátory, rezistory či cívky). Bulk kazeta je z cenového hlediska výrazně dražší nežli pás, tyč, nebo paleta. Výhodou je, že pojme mnohonásobně více součástek (50.000 – 80.000ks).

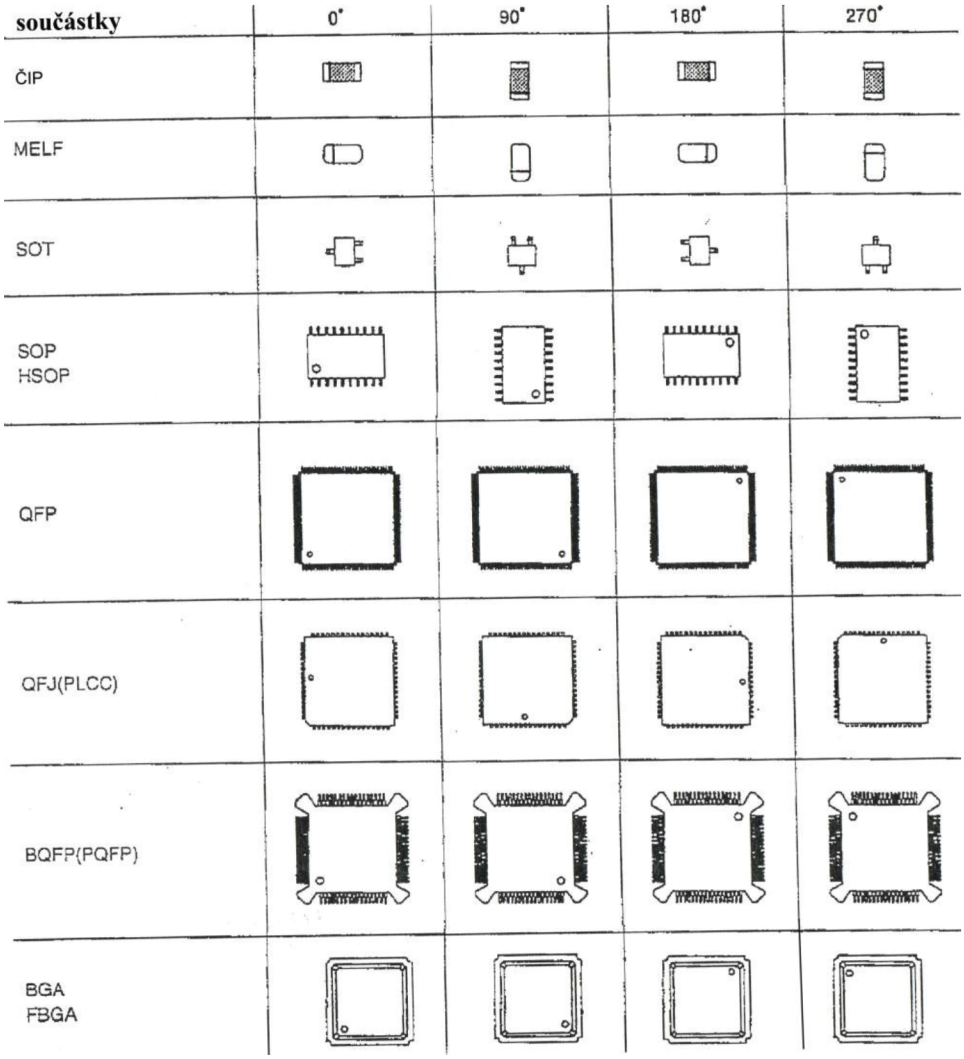
Do tyčových zásobníků se většinou balí integrované obvody. Tyč je vyráběna z průhledného antistatického plastu (např. PVC) a je vhodně vytvarována aby docházelo k dobrému posuvu součástky. Tímto způsobem je zajištěna ochrana součástek proti statickému výboji a současně kontrola množství součástek v zásobníku. Levnější způsob a více použitelný než balení v pásce, ale omezení je počet součástek v tyči.

Balení v paletách je určeno především pro pouzdra velkých součástek s velkým počtem vývodů. Využívá se u součástek, kde chceme vývody chránit. Používá se u pouzder typu QFP, BGA nebo PLCC. Paleta se vyrábí z antistatického materiálu a má jamky (16x10, 16x16 a další).

Rotace součástek

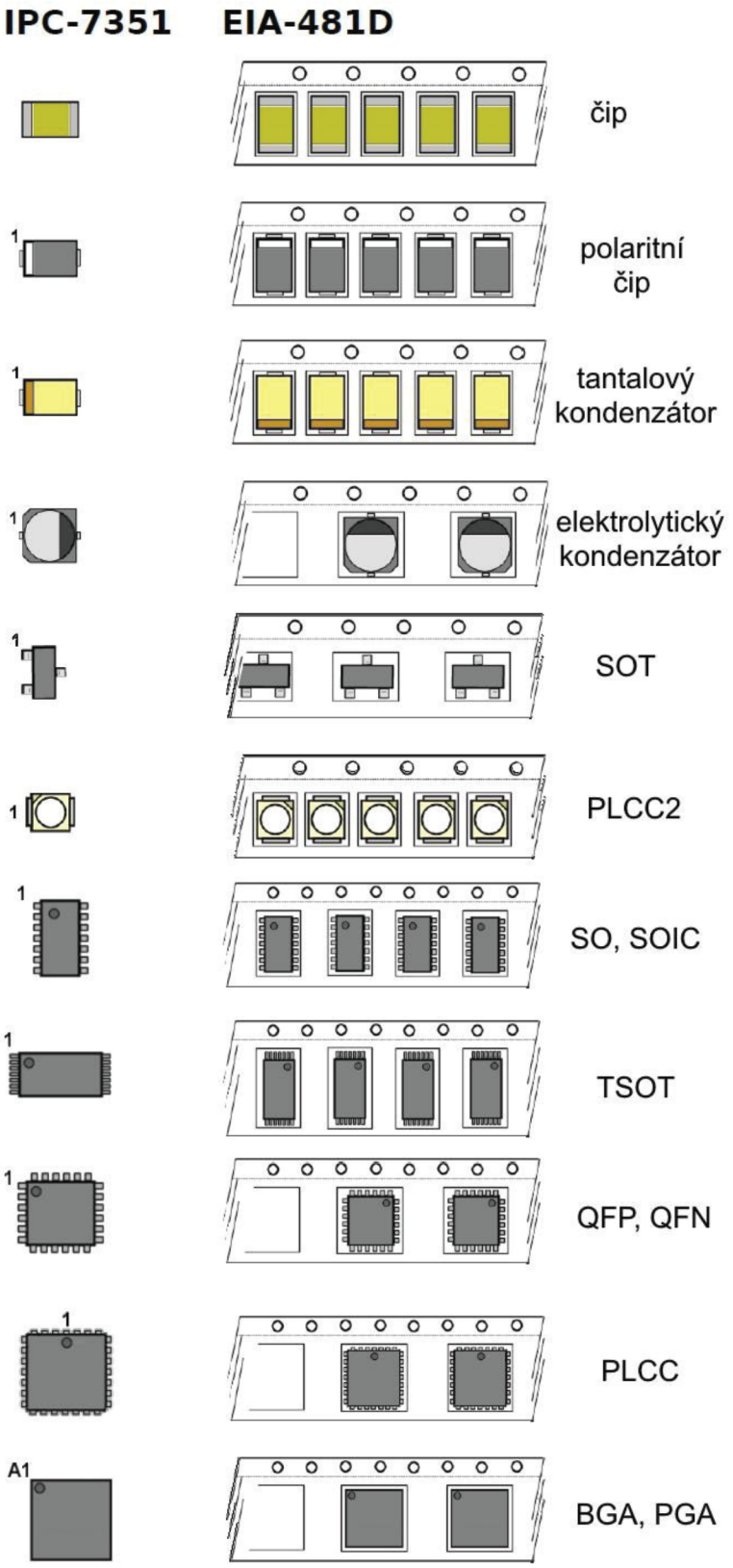
Rotaci součástek určují normy a u každé součástky je napsána v datashetu (katalogový list). Proto při návrhu DPS a tvorby zapojení se musí už v návrhovém systému správně součástka vytvořit a se správnou rotací uložit do knihovny. Konstruktér nebo vývojář si musí uvědomit, že už jeho kvalitní práce může výrazně ovlivnit hladkost výroby DPS.

Nastavení rotace součástek úzce souvisí s balení součástek podle různých zmíněných variant. Pro osazovací automat je nastavení rotace součástek rozhodující. Proto je nutno mít jasně danou základní rotaci. Důležitá informace o součástce je i jakým způsobem se součástka zabalila a do jakého typu balení. Na obrázku 1.6 máme uveden příklad balení součástek s rotacemi pro různé typy pouzder.



Obrázek 1.6: Příklady rotací součástek pro balení

Pro představu máme na obrázku 1.7 uvedeny příklady balení součástek v pásu. Většina součátka má u datashitu uvedan způsob balení. Páska je navinuta a dodává se na cívkách. Pro každou pásku se udávají další specifikace: rozměry pásky, rozměry součástek mezi sebou, polarita součástek a další .Tyto údaje jsou uvedeny i v normách IPC-7351 a EIA-481D [20] a [21]. IPC (Association Connecting Electronics Industries) je sdružení elektrotechnickém průmyslu. Jedná se obchodní sdružení, jehož cílem je standardizovat požadavky na montáž a výrobu elektronických zařízení a sestav.



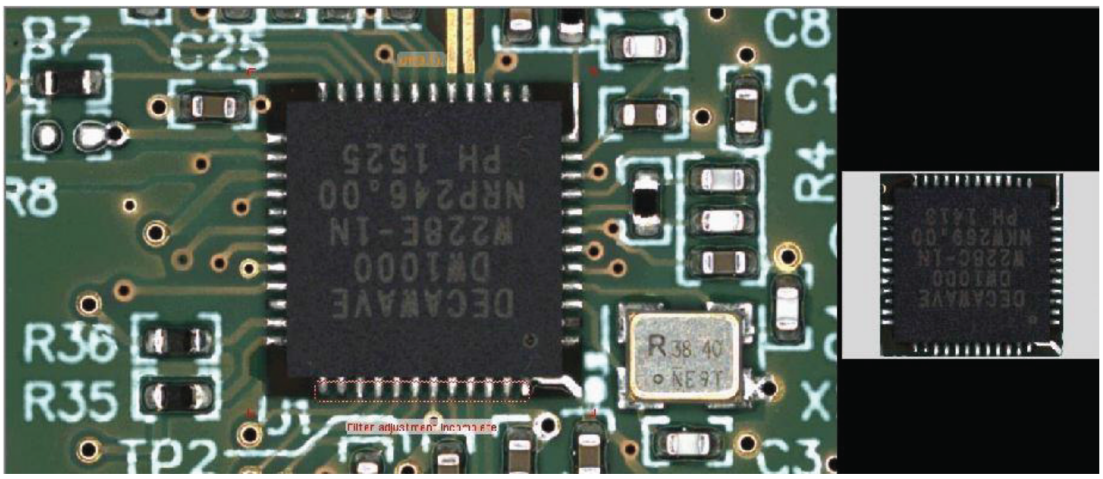
Obrázek 1.7: Příklady balení součástek v pásu z [2] a [20]

2. Přehled kontrolních mechanismů při osazování DPS

Nejprve se globálně podíváme na všechny kontroly, které se provádí při výrobě DPS s ohledem na různá kritéria. Vhodnou volbu metody můžeme rozhodnout podle různých kritérií: rychlosti kontroly, obtížnost manipulace s DPS, kvalita rozlišení, minimalizace lidského faktoru, časová náročnost kontroly a cena kontrolního systému.

Kontroly můžeme dělit z hlediska metod na:

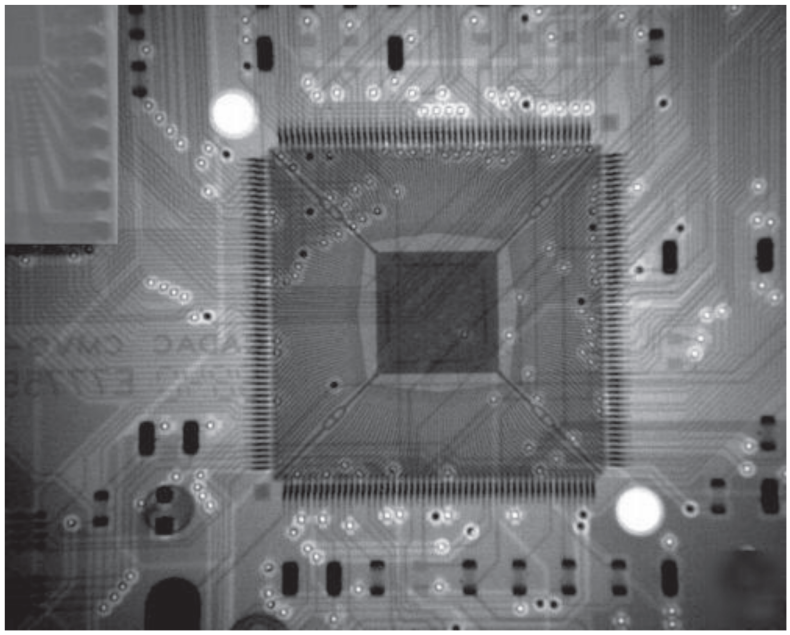
Optickou kontrolu, jež se dále člení na manuální a strojní. Manuální kontrola se provádí pouhým okem nebo za pomoci vybraných nástrojů. Mezi ně patří lupa, stereolupa, komparátor (porovnání 2 DPS), mikroskop nebo stereomikroskop. Mezi strojní optické metody řadíme AOI. Jde o srovnání obrazu DPS ve stroji s obrazem uloženým v paměti zařízení. AOI provádí 2D nebo 3D kontrolu. Tímto postupem lze komplexně zhodnotit osazení DPS (zapájení, správnost osazení,…) a nalézt tak snadněji chyby než při elektrickém testování.



Obrázek 2.1: Příklad výstupu z AOI kontroly

Laserovou metodu, která může být bodová, 2D bodová nebo 3D rastrovací. Sleduje se zde kvalita zapájení, polarita součástek a další. Pracuje na principu vysílání krátkého pulzu záření, jenž se na povrchu pájeného spoje absorbuje, a tudíž zvýší jeho teplotu. Na základě odezvy se výsledná teplota snímá detektorem. V tomto případě se stanovuje toleranční rozmezí a software sám vyhodnotí výsledek.

Rentgenovou neboli x-ray metodu, která spočívá ve vysílání rentgenového záření, které prochází kontrolovaným objektem. Využívá se tam, kde nelze provést kontrolu optickou, například u součástek s pouzdrem BGA.



Obrázek 2.2: Výstup z X-Ray převzato z [7]

Rastrovací akustickou mikroskopii (SCAM), jež je metodou, kde se sleduje odezva ultrazvukového signálu. Kvalita zobrazení závisí na vlnové délce.

Tabulka 2.1: Srovnání kontrolních metod a uvedení výhod a nevýhod

Metoda	Výhody	Nevýhody
Lidské oko	rychlost, jednoduchá manipulace s DPS, náklady jen na pracovní sílu	malá rozlišovací schopnost, ovlivnitelnost obsluhy časem – únava, chybovost způsobená lidským faktorem
Binokulární mikroskop	dobrá rozlišovací schopnost, jednoduchá manipulace s DPS, nízká cena	ovlivnitelnost obsluhy časem – únava, chybovost způsobená lidským faktorem, poměrně pomalá metoda
Automatická optická kontrola (AOI)	dobrá rozlišovací schopnost, rychlá metoda, značná programovatelnost kontrol	vyšší cena, potřeba připravit program, nutnost proškolit pracovníky, složitější manipulace s DPS, ovlivnitelnost obsluhy časem – únava, chybovost způsobená lidským faktorem
Laser	vysoká rozlišovací schopnost, pozorování skrytých defektů, snížení rizika lidského faktoru	vyšší cena, potřeba připravit program, poměrně pomalá metoda
Rentgen (x-ray)	pozorování skrytých defektů, rychlost, vysoká rozlišovací schopnost, kontrolování polarit	vyšší cena, nutnost proškolit pracovníky, složitější manipulace s DPS
SCAM	pozorování skrytých defektů	vyšší cena, proškolení pracovníci, špatná manipulace s DPS

2.1. Postup kontroly

Vstupní kontrola je nutná na počátku výroby. Kontrolují se všechny komponenty určené pro produkci. Kontrola probíhá podle postupů určených ve firmě. Např. u elektrických součástek se kontrolují mechanické rozměry a elektrické jmenovité hodnoty. Podle počtu výrobků probíhá i způsob kontrol, například u sériové výroby se nekontrolují všechny kusy, ale jen vybraná část zvolená náhodně dle zadaného klíče. Jestliže z náhodně vybraných komponentů určitý počet nevyhoví předpisům, je další postup řešen s dodavateli. Dochází k vrácení výrobků, opravě nebo k případně dalším krokům. Vstupní kontrola by měla být prováděna oddělení řízení kvality, které by mělo mít nezávislost ve struktuře firmy. Toto oddělení by mělo řídit kvalitu vnitřní ve firmě a vnější směrem k dodavatelům a zákazníkům.

Optická kontrola je mezioperační dílenská kontrola, následuje ihned po osazení a v mnoha případech ji provádí pracovník u osazovacího automatu, a to ručně nebo strojně. Při ruční kontrole se využívá patřičný nástroj vizualizace, jakým je například vizuální program, který řeší tato práce. Pracovník poté kontroluje úplnost osazených součástek.

U optických kontrol je třeba si uvědomit, že bývají ovlivněny lidským faktorem. Proto je potřeba zvolit postup kontroly, který tento faktor minimalizuje. Provádí se vždy minimálně po osazení první DPS z jedné strany DPS před osazováním dalších desek. Tato kontrola se musí provést, aby se odladili chyby v nastavení osazovacího automatu (osazování, teploty a další). Při výrobě většího počtu DPS se využívají i strojové možnosti kontroly. Pro tuto kontrolu se používá například systém AOI a další.

V dalším kroku se otestuje funkce samotné DPS. Nastaví se požadované parametry na speciálních jednoúčelových přístrojích nebo jednotlivých měřicích přístrojích po odstranění všech závad (technologických, funkčních), zkratu, zaměněných součástek, vadných součástek, chybějících součástek, atd.

Na závěr se testuje funkce celé sestavy. Nastavení a kontrola všech požadovaných technických parametrů celku. Případně se opraví jednotlivé DPS nezachycených předešlými kontrolami. Závěrečný funkční test sestavy. Tento test se neprovádí, pokud není požadován od zákazníka, a to i v případech, kdy je DPS jen součástí sestavy, která se vyrábí ve více firmách.

Elektrická kontrola DPS

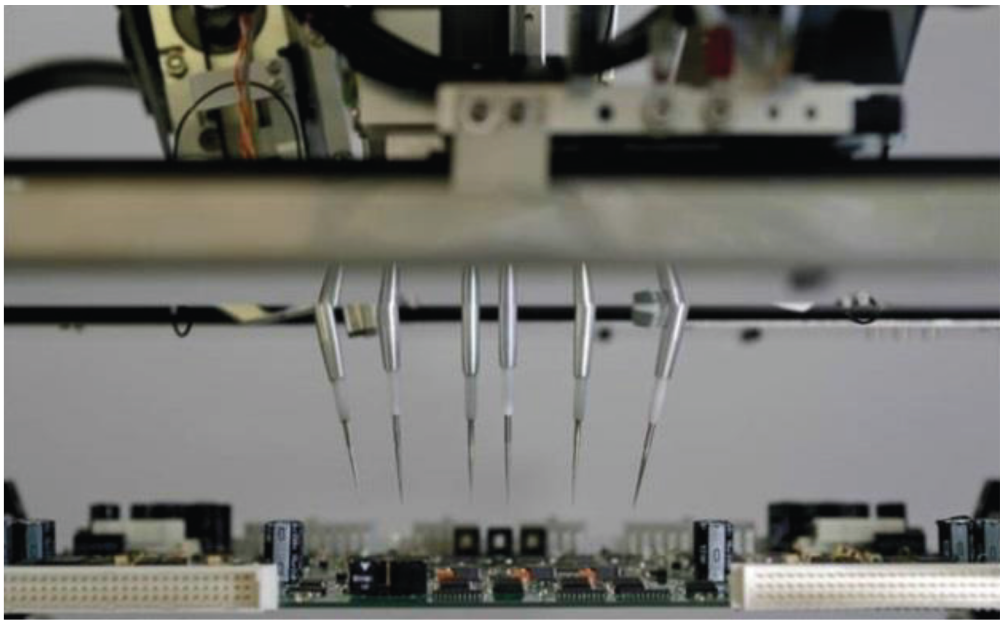
Po osazení kompletní DPS je důležitý elektrický test. Jak už bylo uvedeno, provádí se podle požadavků zákazníka. Je definován vývojovým oddělením, která DPS vyvinula. Zde se stanový jakým způsobem bude DPS oživena a co všechno se bude na DPS testovat. Elektrické testy DPS můžeme rozdělit na funkční testy a vnitroobvodové. [7]

Funkčním testem se kontroluje uzavřený celek. V uzavřeném celku se DPS chová jako černá skříňka s daným počtem vstupů a výstupů. V technické dokumentaci jsou stanoveny parametry a počty měření na vstupech/výstupech, které se mají provést. Při tomto typu testování se při nefunkčnosti složitě závada odhaluje. Časová náročnost při hledání závady a její oprava je značná. Používá se hlavně pro větší série stejných výrobků.

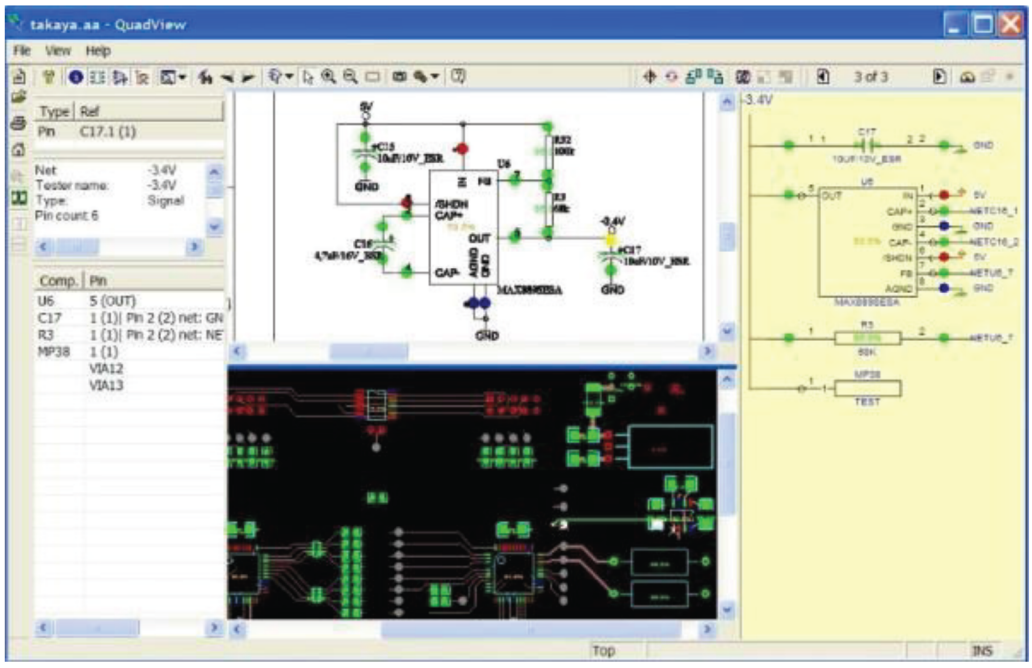
Vnitroobvodový test se provádí pomocí jehlového pole, kde se přiloží k uzlovým bodům podle schématu jehla (sonda). Snímá se zde signál a kontrolují se parametry. Existují i systémy Flying Probe test (FTP) [9], kde strojově najíždějí jehly (sondy) a kontrolují se i

parametry všech vývodů i na součástkách jako jsou: PLCC, BGA a další. Jehly mohou provádět i oboustrannou kontrolu.

Ve výstupní kontrole je zmapována celá technologie výroby. Je nutné si uvědomit, že se během výrobního procesu vždy vyskytne nějaká chyba. Takže po ukončení výroby nebo už v jejím průběhu je nutno provést zásahy nebo opravy procesu, který byl zloven v technologickém postupu. Provádí se různá nápravná opatření, které se musí zohlednit do validace procesu po ukončení výroby dané DPS nebo celého výrobku.



Obrázek 2.3: Měřící jehly FPT z [12]



Obrázek 2.4: Prostředí FTP testeru Takaya z [13]

2.2. Analýza nástrojů programů pro vizualizaci při osazování DPS

Softwary pro vizualizaci DPS vykonávají funkci digitální dokumentace. Upraví se tedy vstupní data z různých druhů návrhových systému a udělá se obdoba papírové technické dokumentace. Každý software má své parametry a je tedy vhodnější pro něco jiného.

Každý z těchto softwarů obsahuje určité parametry a zákazník si kvůli kvalitní analýze nástrojů pro vizualizaci DPS musí stanovit, co od daného softwaru požaduje, a jaké parametry by měl splňovat. Je proto potřeba brát v úvahu obecná kritéria dané firmy. Software můžeme využívat různým způsobem, ale firma si musí jasně stanovit, na co ho potřebuje.

2.3. Definici výroby DPS

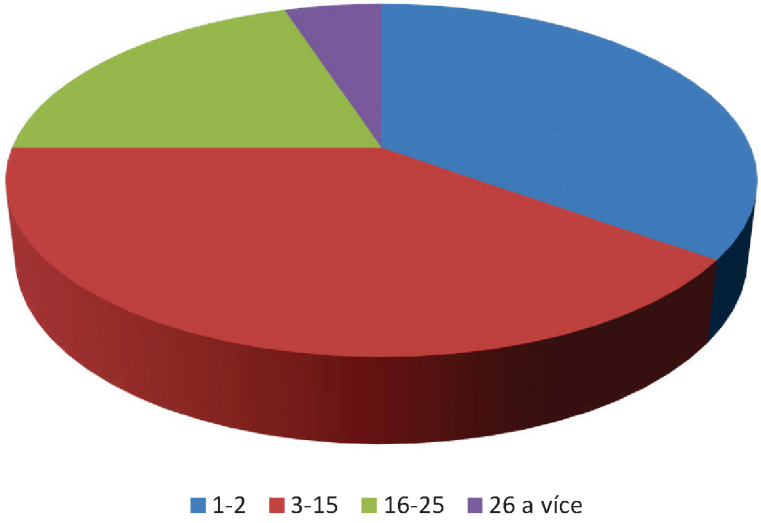
Programy byly testovány ve výrobní firmě zabývající se osazováním DPS. V obrysech se nyní pokusíme představit technologie pro výrobu DPS v této firmě. Produkce má dvě automatické linky SMT, dále tři pracoviště pro ruční osazování SMT s programem vizualizace DPS, šest pracovišť pro ruční osazení THT a po jednom pracovišti pro pájení vlnou s olovnatou technologií a bezolovnatou technologií. Rovněž zde nalezneme i vstupní kontrolu DPS, tři pracoviště automatické optické kontroly (AOI), tři opravárenské pracoviště a čtyři pracoviště výstupní kontroly. Do toho výčtu nejsou uvedeny pracoviště, která nejsou přímo spjata s výrobou DPS a možnou implementací programů pro vizualizaci.

Pro přesnější představu je nutné definovat i strukturu zakázek, kterými se firma zabývá. Jedná se o převážně prototypovou výrobu nebo o výrobu DPS s malou sérií. V tabulce jsou uvedena přibližná data v procentech zastoupení výroby osazovaných DPS (Tabulka 2.2 a graf 2.1).

Tabulka 2.2: Zastoupení počtu kusů DPS ve výrobě

Počet DPS (ks)	1-2	3-15	16-25	26 a více
Zastoupení ve výrobě (%)	35%	40%	20%	5%

Na každou z těchto DPS tedy musí vzniknout technická dokumentace, která se využívá pro výrobní, kontrolní i opravárenské oddělení. Musí být proto kladen velký důraz na kvalitu osazení DPS a možnost rychlé kontroly s požadavkem na kvalitu, rychlost a minimalizaci možnosti lidské chyby při kontrole.



Obrázek 2.5: Zastoupení počtu kusů DPS ve výrobě

3. Analýza nástrojů programů pro vizualizaci při osazování DPS

Všem požadavkům na proces kontroly, definovaným v předcházející kapitole, může pomoci vybrání vhodného softwaru pro takto obecně definovanou výrobu.

3.1. GTO

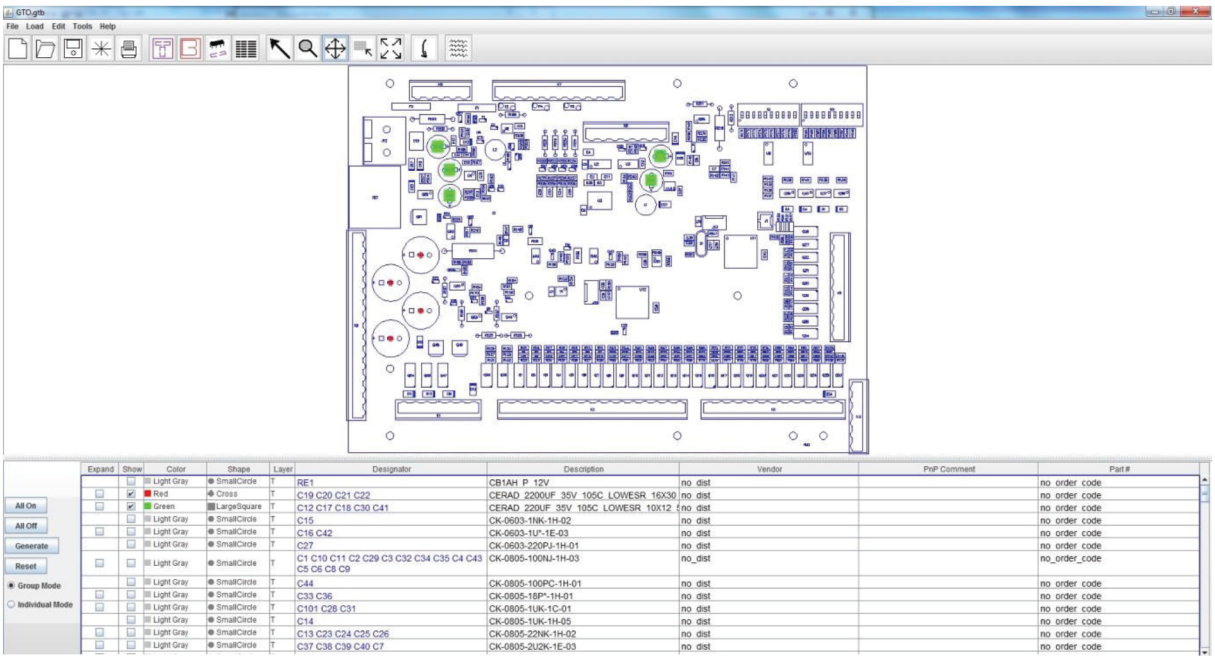
GTO je softwarový nástroj (Obrázek 3.1), který dělá jednoduchý digitální výkres. Jedná se o java aplikaci, která nepotřebuje složitou instalaci. Bohužel vyšlo jen pár verzí tohoto programu a poslední aktualizace je z roku 2009. V současné době je tedy program bez aktualizací a komunikace s podporou GTO se nepodaří navázat.

Jedna verze (instalace) programu stojí 300 USD. Při pokusu o získání licence neobdrží klient žádný klíč, ale jen potvrzení o zaplacení programu. Rozdíl mezi licencovanou a trial verzí není žádný.

Pro tvorbu programu v rozhraní programu GTO se musí upravit gerber data, soubor Pick and place (P&P) a soubor BOM. P&P a gerber data se generují z návrhové systému, v kterém DPS byla navržena. BOM rozpiska se také generuje z návrhového systému a později upravuje dle potřebné specifikace. Soubory P&P a BOM jsou ve formátu csv. Z těchto souborů si uděláme digitální výkres a uložíme jako jednotný projekt (programu). Pro přípravu gerber dat je potřeba další program.

GTO program je vhodný pro přípravu programu do výroby, kde je méně kvalifikovaný personál. Také znemožňuje příliš otevřenou manipulaci s daty a jejich nechtěné upravení. V programu jsme schopni si označit všechny součástky, stejnou skupinu nebo je vybírat jednotlivě. Ovládání není nikterak složité. Vhodně se dá využít třeba pro ruční osazování, které lze nastavit dle jednotlivých potřeb pracovníků. Velká možnost znaků a barev umožní například každou součástku označit jiným symbolem i barvou. Označení jedné součástky se využívá pro výstupní kontrolu, kde nemusí hledat jednotlivé součástky v klasické papírové dokumentaci, ale označí si ji jednoduše v programu, kde daný komponent s potřebnou referencí se jednoduše najde pomocí standartního textového vyhledávání.

K nevýhodám patří, že se nedá připojit další přídavné zařízení, které by zabránilo neustálé manipulaci s klávesnicí a myší počítače. Při přechodu mezi součástkami je nezbytné neustále pracovat s počítačem. Při ručním osazování to odvádí pozornost od DPS, ale zároveň urychluje hledání součástek v porovnání s klasickým osazováním podle výkresu. Při kontrole prototypové DPS po automatickém osazení nelze současně sledovat DPS i displej a do toho ještě ovládat přechod mezi součástkami. Nelze nijak nastavit a posouvat ofset gerber dat. Proto při vytváření dat vznikají problémy, jelikož všechny podklady (Pick-n-Place a gerber data potisku) od zákazníků nebo dokonce návrhářů nejsou nastaveny stejně a nelze tudíž v přípravě gerber dat nastavit nulu souřadného systému do stejného místa (vlevo dole). Při přípravě se proto opakuje postup „pokus omyl“, a to prodlužuje čas přípravy dat. [3]



Obrázek 3.1: Výstup z programu GTO

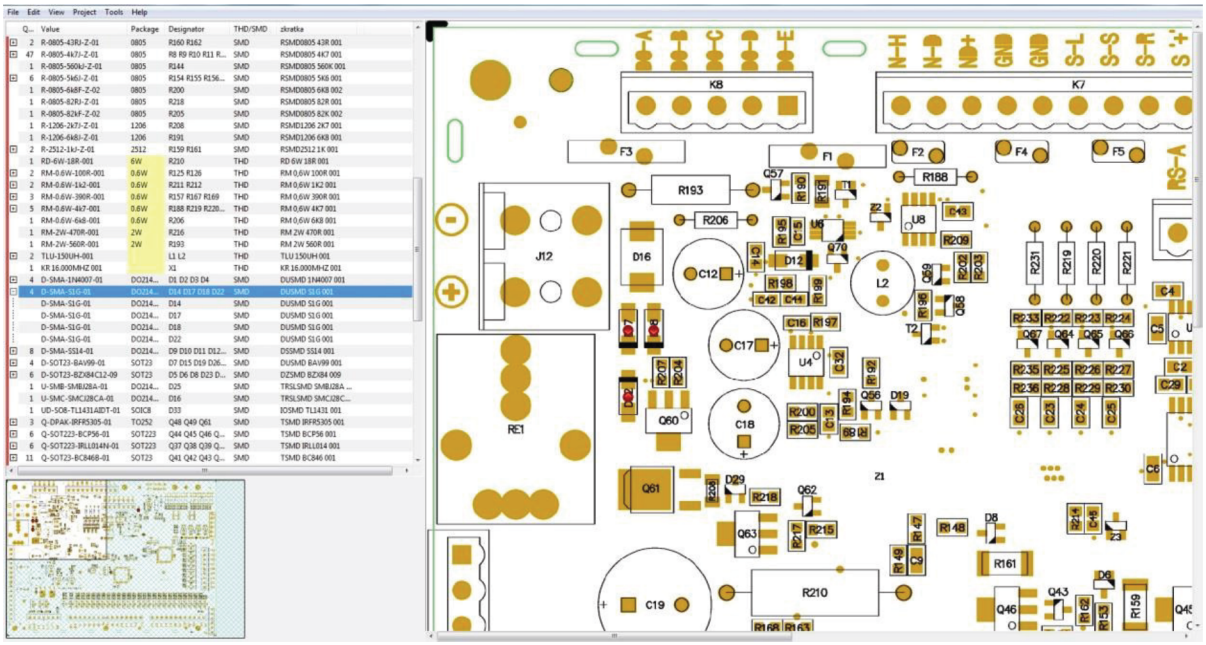
3.2. VisualPlace (VP)

VisualPlace je softwarový nástroj pro správu a vizualizaci dat pro osazování DPS. Je ho možné využívat u operačních systémů Windows a Linux. Pravidelně také vychází aktualizace s popsanými změnami. Aktualizace probíhají i dle požadavků uživatele. Jedná se o otevřený software, který lze v případě potřeby programovat a přidávat do architektury programu různé plug-iny. Podpora softwaru funguje dynamicky a je zde vysoká ochota jej dále rozvíjet a uzpůsobovat požadavkům uživatelů.

VP je software chráněný autorskými právy, jenž je zdarma pro osobní i komerční využití. VP může být používán a distribuován bez poplatku. Nesmí se však odstranit nebo zakrýt jeho autorská práva. Neexistují také žádné záruky a software je používán na vlastní nebezpečí. Plná licence je v manuálu k produktu, jenž je instalován společně s ním. Program funguje off-line na více počítačích.

P&P data a gerber data se generují z návrhové systému, v kterém DPS byla navržena. Pro návrhy se zpravidla používají programy: PADS, Altium, Orcad a další. BOM rozpiska se také generuje z návrhového systému a později upravuje dle potřebné specifikace. Pro tvorbu programu z dat je potřeba upravit gerber data, soubor Pick and place (P&P), soubor BOM. Soubory Pick and place (P&P) a BOM jsou ve formátu csv. Z těchto souborů lze vytvořit digitální výkres a uložit jej jako jednotný projekt. Stejně jako u GTO je potřeba gerber data upravit v dalším programu pro editaci nebo natažení gerber dat.

Použití softwaru VP je při montáži DPS při ručním nebo automatizovaném osazování. Lze jej použít jako navádění při ručním osazování méně kvalifikovaným personálem. Nelze v něm upravovat nebo přepisovat data při správně nastavených právech uživatele počítače. Práva lze nastavit pouze v operačním systému (Windows, Linux). U automatického osazení může fungovat pro kontrolu prototypové DPS nebo pro malé série osazování DPS. Velmi rychle lze na displeji zkontrolovat celou DPS se správným umístěním komponentů i se správnou rotací, která je uvedena v Pick and Place datech. Dojde tedy k provedení kontroly dat nezávisle na jejich přípravě na osazovacích automatech. VP má využití i při výstupní kontrole při dohledávání jednotlivých součástek v servisech, kde snadno a rychle můžeme objevit požadovanou součástku.



Obrázek 3.2: Výstup z programu VP

Program lze použít i pro kontrolu dat návrhů a konstrukcí vzniklých při návrhu DPS. Konkrétně tedy ke kontrole mezi osazovacím výkresem, ploškami součástek, P&P daty a BOM listem. Poslední možností je vytvořit kompletní dokumentaci pro výrobu DPS. Gerber data s Pick and Place daty vytvoří výkres ve formátu pdf s referencemi ve středu součástky. Data lze jednoduše vytisknout do běžné papírové podoby. Lze vytvořit i výkresy pro ruční osazování řazené po jednotlivých součástkách, který jsou označeny na tomto výkrese. V programu lze vytvořit i rozpisku materiálu BOM.

K VP lze přidat i další hardware. Je zde i možnost připojení pedálů nebo tlačítka, jež využíváme při ručním osazování při přechodu mezi jednotlivými součástkami směrem dopředu, přičemž se můžeme i vracet zpět. Další přídavné zařízení je kamera, která snímá online obraz DPS a zobrazuje ho na displeji. Ideálně funguje pro kontrolu přítomnosti součástek prototypových DPS nebo DPS malých sérií. Lze zkontrolovat i online polaritu součástek. Můžeme takto nahradit systémy, jako jsou AOI a mnoha dalších využívaných pro optickou kontrolu DPS. [2]

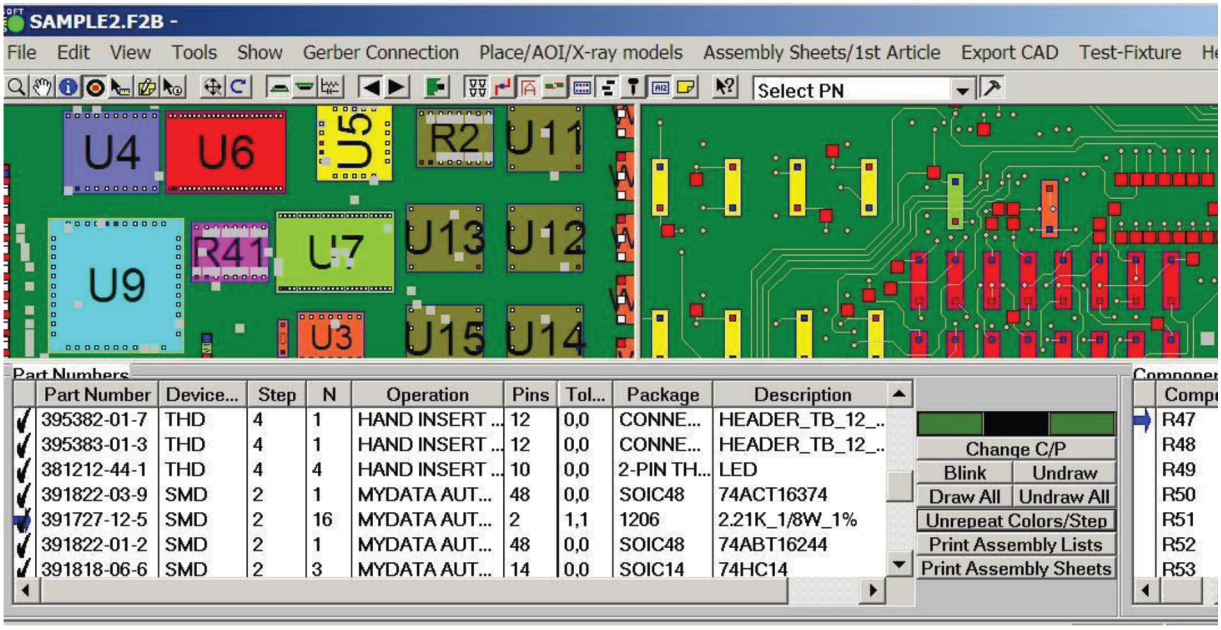
3.3. ProntoPlace (PP)

ProntoPlace představuje nástroj, jenž používají výrobci pro povrchovou montáž SMT. Je to software, který je propojen se silnou firmou se standartní podporou. K dispozici existuje trial verze, která funguje po omezený čas a dále plná verze, za niž zaplatíme 100 USD za nainstalovaný program. Můžeme zakoupit i více licencí, což je výhodné, neboť se zvyšujícím se počtem cena klesá. Najdeme i verzi pro pronájem, ale přesná cena není uvedena.

P&P data a gerber data se opět generují z návrhové systému, v kterém DPS byla navržena. BOM rozpiska se také generuje z návrhového systému a později upravuje dle potřebné specifikace. Data pro tvorbu programu z dat se tvoří z CAD nebo gerber dat. Dále musíme znát rozpisku materiálu (BOM) a souřadnice X a Y na středy součástek. Další informace, které se zpracovávají, jsou rotace součástek, číslo dílu, atd.. Tato data se použijí pro vytvoření kompaktního programu v PP.

Program je využitelný po ručním nebo automatickém osazování. Konstruktéři a vývojáři si v tomto softwaru mohou zkontrolovat svoje zapojení a vygenerovat osazovací data. Tento program je také vhodný pro výstupní kontrolu. Jeho výhodu a současně nevýhodu nalézáme v množství nastavení. Proto se program více hodí pro konstrukční vývojovou práci, kde je paleta nastavení využitelná. Komunikace s CAD systémy a dalším softwarem dobře funguje. Při ručním osazováním nekvalifikovaným zásahem se mohou data celkem snadno změnit. Software komunikuje s velkou škálou jiných formátů. Třeba značek strojů od: Assembleon, Universal, Fuji, Mydata, Siemens, Sony, Panasonic, Assembleon / Philips, Juki, Kontakt Systems (CS400, 3, C5 série, atd.), Camelot, Quad, MultiTroniks, Europlacer, AMISTAR a další.

PP vytváří technické dokumentace pro montážní pomůcky a dokumentuje proces montáže. Kontroly i vývody součástek a jejich propojení můžeme dále detailněji zkoumat. Výhodou tohoto programu je možnost připravit jedny data pro program i pro osazovací automat, pokud je ve správném datovém formátu program nastaven tak, aby fungoval podle norem IPC. PP lze zobrazit podobně jako u VP obraz DPS. [4]



Obrázek 3.3: Výstup z programu PP

4. Porovnání parametrů (tabulka) a zhodnocení

Po testování programů byly vyhodnoceny parametry, které jsme stanovili na začátku testu. Každý parametr měl svou váhu od 1 (nejnižší) do 3 (nejvyšší). Účelem bylo vybrat nevhodnější program přiměřený pro středně velkou výrobu se zaměřením na prototypovou nebo málo sériovou výrobu. V tabulce jsou uvedeny parametry, které se porovnávaly a funkce, jež nabídly jednotlivé programy. Dále shrneme možnosti programů, provedeme porovnání těchto parametrů a případně si další parametry dovysvětlíme.

Tabulka 4.1: Srovnání parametrů testovaných programů

Parametry	Váhy parametrů (1-3)	Testované programy		
		GTO	VP	PP
Cena	3	500 USD/1 verze	Zdarma	100 USD/1 verze
Data pro přípravu	2	Gerber data, Pick-and-Place (P&P), BOM	Gerber data, Pick-n-Place, BOM, JPG nebo online obraz DPS	Gerber data, Pick-n-Place, BOM
Externí program pro přípravu gerber dat	1	ano	ano	ano
Softwarové požadavky	2	Java aplikace	Win Xp a vyšší, Linux	Win Xp a vyšší, Linux
Česká lokalizace	1	ne	SW připraveno pro překlad a přidání lokalizace	ne
Uživatelská podpora	2	ne	ano	ano
Navádění na digitálním výkresu	3	ano	ano	ano
Možnost dělit součástky jednotlivě/skupiny	3	ano	ano	ano
Ofset pro synchronizaci	2	ne	ano	ano
Zrcadlení os a dat v programu	2	ne	ano	ano

Barevné odlišení jednotlivých komponentů	1	ano	ano	ne
Přechod mezi součástkami automaticky nebo ručně	3	ručně	automaticky/ ručně	automaticky/ ručně
Označení rotace a polarity součástky	2	ne	ano	ne
Tvorba a tisk papírové dokumentace	1	ne	jednoduchá	složitější
Možnost dodat součástku v programu	1	ne	ano	ne
Možnost uložení do projektu	3	ano	ano	ano
Možnost přepisu (úpravy) dat obsluhou	1	ne	ano (nutno nadefinovat práva ve WIN)	ne
Stabilita software	2	ano	ne	ano
Návaznost na další hardware	1	ne	ano (částečně)	ano

4.1. Základní vlastnosti programů

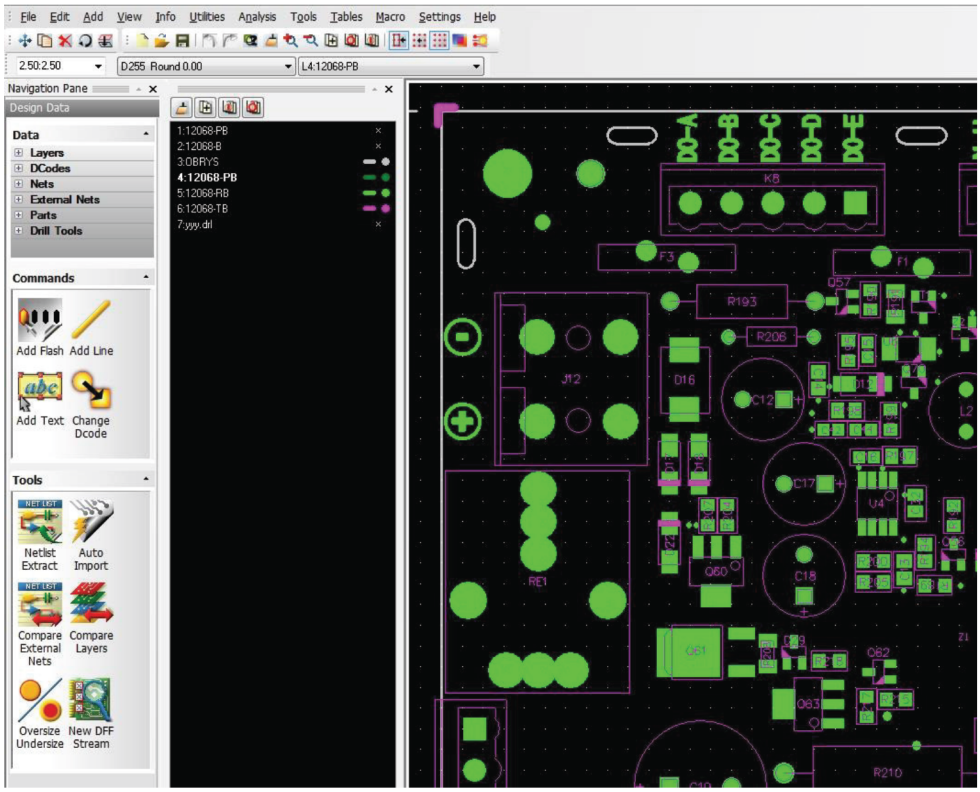
Cena

První část tabulky porovnává pořizovací cenu jednotlivých softwarů. Cenově nejhůře dopadl program GTO, který nemá ani uživatelskou podporu. Nejlépe na tom je naopak VP, který můžeme pořídit kompletně zdarma.

Vstupní data

Dále se řeší požadavky vstupních dat pro tvorbu programu v jednotlivých softwarech. Pro přípravu vstupních dat mají jednotlivé programy podobné požadavky na vstupní data, a proto je příprava velmi podobná. Vstupními daty jsou P&P data, BOM (rozpiska součástek) a gerber data. P&P data uvádí souřadnice a rotace součástek. Součástí gerber dat jsou osazovací data, data masky, vzor spojů a další. Proto je k přípravě gerber dat potřeba software. Pro

úpravu dat a nastavení se používá software CAM350. Ukázku ze softwaru můžeme vidět na obrázku 4.1. Pro příklad si řekneme formát gerber dat, který se vytváří pro program VisualPlace: "RS-274X", 2:4 (inch) nebo 3:3 (metric). V dalších programech se výstup dat nastavuje obdobně.



Obrázek 4.1: Ukázka ze SW CAM350

Pro přípravu stačí pouze gerber data s osazením součástek s referencemi součástek a obrys DPS. Pro VP je vhodné použít ještě gerber data masky DPS. Pak jsou na digitálním výkresu vidět i masky (plošky). V PP můžeme ještě použít gerber data vzoru spojů. Výrobce programu PP dodává širší balíček, v kterém můžeme provádět i přípravu gerber dat.

Softwarové požadavky

V softwarových požadavcích má výhodu program GTO, jenž funguje jako java aplikace. Nemusí se tedy ani instalovat a stačí jej jen rozbalit. VP a PP mají standartní instalaci. Oba softwary běží od WIN XP až po nejvyšší verzi WIN 10. Mezi podporované operační systémy patří i Linux.

Uživatelská podpora

Uživatelská podpora na jednotlivých softwarech se liší. U GTO již podpora neexistuje, protože se jedná o starý software a firma nevyvíjí ani další programy. Jednalo se patrně o jednoduchou testovací verzi, které se na trhu nepodařilo uplatnit. PP je program se standartní podporou a možností vázat ho na další software i HW. Nejvariabilnější podporu má program VP, jenž neustále vyvíjí a investuje do vývoje svého softwaru. Dynamicky reaguje na požadavky uživatelů a je ochoten upravit svůj program podle daných pokynů, případně dát návod k dalšímu programování.

Jazyková lokalizace

Jazyková lokalizace u programu GTO je v angličtině. Program PP má lokalizaci několika jazyků (angličtina, němčina a další). Širší výběr jazyků má i VP (angličtina, němčina a další). VP je schopen i přeložit program do češtiny a udělat tak českou lokalizaci. Toto je určitě výhodou při použití ve výrobě, kde pracuje personál, který je méně jazykově vybaven.

4.2. Porovnání funkcí jednotlivých programů

Digitální výkres

Hlavní funkcí těchto programů je proces vytvoření digitálního výkresu, který může nahradit papírovou technickou dokumentaci. Tu ovšem nelze nahradit kompletně. V papírových dokumentech jsou uvedeny postupy a definovány procesy jednotlivých postupů. Tyto programy usnadňují práci s osazovacím výkresem na rozdíl od klasické papírové dokumentace. Navíc vizuálně zobrazí na displeji počítače přesnou polohu zvolené součástky.

Dělení součástek do skupin nebo jednotlivě

Dělení součástek dle možností daného programu se různí. Mezi hlavní členění patří rozdělení součástek do skupin nebo jednotlivě. V programu GTO si můžeme označovat jednotlivé součástky samostatně s postupným označením každé další součástky. Další variantou je označení jednotlivých skupin stejných součástek nebo dokonce více skupin součástek. Lze tak patřičně označit všechny skupiny již osazených součástek. V programu VP lze nastavit přechod mezi součástkami jednotlivě, s přechodem ze součástky na součástku. Další volba nastavení je skupinová, kde jsou jednotlivé součástky seřazeny podle hodnoty. Program PP má podobné funkce programu VP. Základní funkce dělení součástek jsou u všech programů vhodně využitelné a podobné.

Ofset pro synchronizaci

Ofset slouží pro jednoduší posun P&P dat v ose X a Y. Ofset pro synchronizaci dat se nalézá přímo v programu. Většina výrobců DPS má vstupní data pro přípravu (P&P a gerber dat) nastavenou nulu vlevo dole. Pokud nemá, tak v programech VP a PP můžeme data posunout v ofsetu daného programu. V programu GTO ofset není, tak se musí buď upravit P&P, nebo posunout gerber data v programu pro to určeném. Tato úprava je poměrně složitá a synchronizace není jednoduchá při neustálém nahrávání a generování dat mezi jednotlivými potřebnými softwary. V ojedinělých případech se musí gerber data upravovat i v programech PP a VP.

Zrcadlení os a dat

Zrcadlení os a dat je další funkce, která urychlí přípravu dat pro programy. Program GTO tuto funkci nemá a opět se stejně jako u synchronizace musí upravovat gerber data nebo P&P data. Znovu se jedná o velmi složitou a zdlouhavou úprava dat při synchronizaci. PP a VP tyto funkce mají a při načítání dat pro přípravu programu se jednoduše zaškrtnou data, jež se mají zrcadlit. Dostačující je možnost zrcadlit pouze jednu stranu dat.

Barevné označení součástek

Při posunutí kurzoru nad součástku v daném programu dojde k jejímu barevnému označení s a vizuálnímu zobrazení na displeji. GTO umí označit součástky velkou škálou barev a také je schopen pro každou součástku vybrat značku (trojúhelník, čtverec, hvězda a další). V programu VP máme možnost vybrat barvu značky a sytost označení. Pro každou stranu DPS si můžeme zvolit jinou barvu. Pro konkrétní označení je na výběr několik velikostí a můžeme se rozhodnout, zda chceme kolečko okolo součástky nebo mít označení centrované na střed součástky. V programu PP jsou dokonce označeny už jednotlivé skupiny součástek, což je na displeji velmi přehledné.

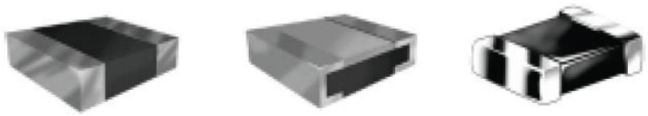
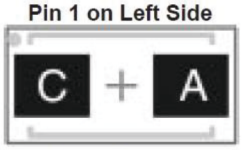
Přechod mezi součástkami

Přechod mezi součástkami může být ruční nebo automatický. Ruční přechod mezi součástkami znamená, že si obsluha programu pokaždé musí najet myší nebo klávesnicí na jednotlivou komponentu. Toto je při použití programu pro ruční osazování nevhodné. Ruční ovládání považujeme za přiměřené při opravách nebo hledání přesné reference součástky na výkrese. Automatické ovládání přechodu znamená, že přechod mezi součástkami se děje automaticky z jedné polohy do druhé a lze jej nastavit a řídit za pomoci dalšího zařízení (pedály, ...). U programu GTO je pouze ruční ovládání přechodu mezi součástkami. U VP a PP lze přidat další zařízení a vyhnout se neustálým přesunům mezi ovládáním programu a prací s DPS.

Označení rotace součástky

Označení rotace součástky je důležité pro její správné osazení i pro další využití programu při kontrole osazení součástek. Způsob osazování a rotací součástek je uváděn v normě IPC7351. Každý typ součástek má naznačenou tzv. nulovou rotaci. Proti směru hodinových ručiček se poté počítá úhel rotace 0 až 360 stupňů. Na pouzdrech součástek je označena polarita nebo je označen pin 1, jak je uvedeno v katalogových listech součástek výrobců. Pouzdra součástek jsou popsána v předcházejících kapitolách u typů součástek. Na obrázku 4.1 je vidět pár základních pouzder čipových součástek a označování pinů (vývodů). Tyto součástky jsou uvedeny v rotaci 0. Pokud se nejedná o součástky s polaritou, tak není nutně nezbytné rozlišovat pin 1 a pin 2. U součástek s polaritou, jako je třeba tantalový kondenzátor uvedený na obrázku 4.1, se správná rotace osazení dodržet naopak musí. Dále rozlišujeme polaritu součástek jako například u elektrolytických kondenzátorů, diod, integrovaných obvodů, tranzistorů a dalších. [5]

Správnou rotaci a polaritu můžeme kontrolovat i na papírovém či digitálním výkresu, kde jsou tyto údaje u všech polaritních součástek označeny. U programu VP ale máme přímo v označovacím bodu nebo kroužku vyznačenu šipkou nebo tečkou polaritu součástek podle P&P dat, což se dá využít pro kontrolu těchto dat a i správnost osazení.

Package Outline	Component Examples	Zero Rotation
Chip Components	 Chip Capacitor Chip Resistor Chip Inductor	Land Pattern Note: Pin 1 is always the "Positive Pin"
Molded Capacitors		Land Pattern Note: Pin 1 is always the "Positive Pin"
Molded Diodes		 Land Pattern Note: Pin 1 is always the Cathode

Obrázek 4.2: Označování pinů podle IPC7351 z [5]

Tvorba papírové technické dokumentace

Některé z testovaných programů umožňují upravit a vytvořit technickou dokumentaci. Program GTO toto na rozdíl od programu PP neumožňuje. U programu PP navíc můžeme využít širšího balíčku pro tvorbu dat (gerber,…). Při testování programu PP nebyly využity všechny nástroje: ProntoAOI (AOI a X-ray), ProntoTEST (Flying Probe test) a další. V programu VP si jednoduše uděláme i kompletní výkresovou dokumentaci obdobnou typické papírové verzi. Tato možnost je součástí plné verze zdarma.

Možnost přidání součástky

Při přípravě a úpravě vstupních dat se někdy stane, že součástka, která je na osazovacím výkresu, už není v ostatních datech (P&P a BOM). Proto je funkce programu, jež umožní přidat součástku do hotových dat, velmi přínosná. Tuto funkci ovšem obsahuje pouze program VP.

Možnost uložení do projektu

Pro další použití programu a zamezení chyb při zakládání nových projektů je důležitá možnost uložit projekt jako celek. To umožňují všechny programy a pro obsluhu je pak jednoduché načíst jen konkrétní soubor, jenž se následně otevře v daném programu.

Možnost přepisu dat

Možnost přepisu dat připravených v programech nebo jakákoliv úprava od obsluhy programu či od normálního uživatele programu nesmí být povolena. V programu GTO tato možnost není. V programech VP a PP se musí nastavit práva pro čtení a zápis v operačním systému. Program VP má v tomto případě tu vlastnost, že po každém spuštění ukládá poslední aktuální stav. Proto je velmi důležité, aby nemohl každý editovat data v tomto programu a pak při vypnutí uložit poslední stav.

Stabilita softwaru

Stabilita softwaru by měla patřit k základním vlastnostem každého programu. Během užívání může dojít k nějaké nestabilitě vlivem hardwarových nároků nebo operačním systémem. GTO, který pracuje na principu Java aplikace, představuje vysoce stabilní a jednoduchý program. PP je složitější program a ve standartní míře stabilní. U programu VP při jeho spouštění dochází k častému padání. Velmi kvalitně funguje komunikace s podporou tohoto programu a během testování a psaní připomínek probíhají časté aktualizace funkcí a oprav tohoto programu.

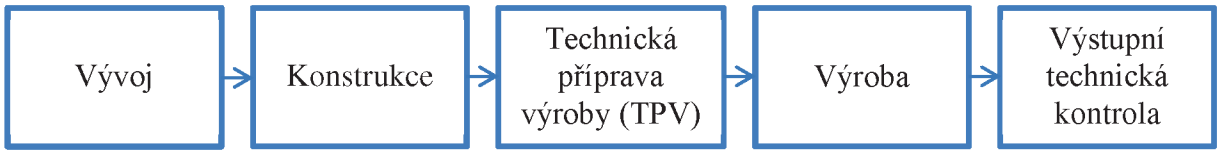
Možnost aplikace dalšího hardwaru

Pro lepší funkci těchto programů a pro širší možnosti použití je u některých z testovaných programů nutné přidat další hardwarové zařízení, které zrychlí a usnadní další manipulaci s těmito programy.

U GTO nelze přidat další zařízení. Pro program PP můžeme místo tlačítka myši připojit nožní pedály, jež usnadní přechod mezi součástkami. U programu VP je možnost připojení dalších zařízení nejširší. Jsme schopni přidat kameru s vyšším rozlišením, která snímá DPS online, čímž můžeme kontrolovat přítomnost součástek. Při použití pro ruční osazení se mohou použít pedály stejně jako u PP. Další variantou je zkombinovat použití pedálů pro přechod mezi součástkami s připravenými boxy se součástkami na otočném přepravníku.

5. Popis stavů před implementací

Před zavedením programu VP do výroby proběhlo testování 3 programů vizualizace. Proběhlo porovnání jejich parametrů. Při výběru byl brán zřetel už na používané technologie a možnost využití tohoto softwaru. Zde se popisuje činnost jednotlivých oddělení podle obrázku 5.1, kde se tento software může využívat. Součástí činnosti na jednotlivých odděleních se popisuje i stav v těchto částech výroby před implementací programu VP.



Obrázek 5.1: Cesta výrobku

5.1. Vývoj

Vyvíjí se zde jednotlivé díly, funkční celky nebo kompletní výrobky. Hlavním úkolem je vytvoření návrhu a předání dat do konstrukce, kde se provádí návrh samotné DPS. Samotnou realizaci můžeme rozdělit podle tří způsobů:

- Návrh si zákazník dodá sám a dělají se pouze menší úpravy dle dané specifikace. Pak se sestrojí prototyp. Před uvedením prototyp na trh musí splnit zákonné požadavky, normy a další. Musí se zkoušet proti nezávadnosti pro spotřebitele proti rušení s ohledem na elektromagnetickou kompatibilitu (EMC), statické testy a další.
- Další možnost je kompletní návrh DPS, vnitřní architektura, volba komponentů, návrh mechanických dílů i celkový vnější design dle požadavků zákazníka. Příprava a test prototypu s kompletním odladěním patří k přípravě výroby ve vývoji. Vytvoří se software od základního firmware až po složitější aplikace. Toto vše se děje ve spolupráci se zákazníkem s průběžným schvalováním jednotlivých kroků. Je nezbytné při komunikaci stanovit požadavky a případně upravit s přihlédnutím na cenu a možnosti realizace.
- Poslední varianta je kombinace dvou předchozích řešení. Zákazník si může nechat dodat třeba jen mechanické části nebo si vyvinout jen část výrobku do dalšího kompletu. Tato realizace je složitější na komunikaci a posléze testování.

Samotný návrh se realizuje v návrhovém systému a musí dodržovat návrhový pravidla. Při návrzích je nutností kvalitně vedená knihovna v návrhovém systému. Jednotlivé knihovny se součástkami se musí vytvořit podle datasheetu. Pokud nejsou dodržena návrhová pravidla, kdy se musí správně nakreslit součástka se správnou rotací, dobře nastavit origin bod a další. Pak lehce nastanou případy, kdy se musí během výroby řešit problémy se správnou rotací součástek. Rotace součástek úzce souvisí se správnou polaritou osazovaných součástek.

Při hledání chyb a kontrol prototypů se pracuje s papírovou dokumentací. Hledání jednotlivých součástek k ověření konkrétních parametrů na nich je poměrně dost časově

náročné. Z tohoto důvodu se hledají prostředky programové nebo jiné, který pomohou tento proces usnadnit.

Výstupy z vývoje jsou návrh s technickou dokumentací a návod k výrobě prototypu. Návrh poskytne všechny potřebná data pro realizaci výroby. Při vývoji se bere zřetel na technologie firmy, které má k dispozici.

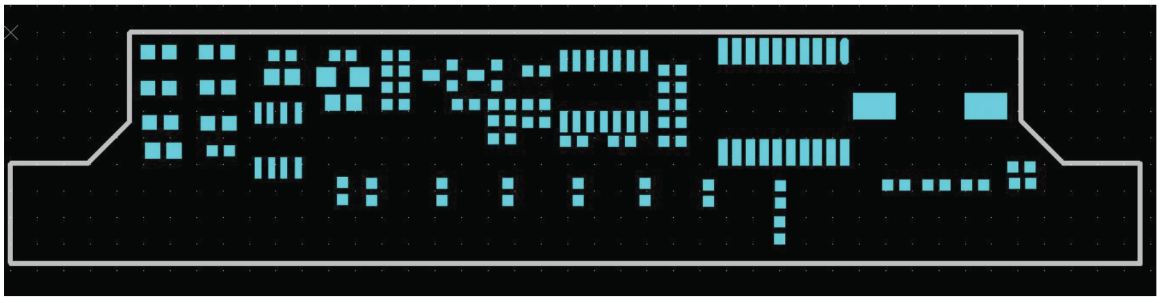
5.2. Konstrukce

Konstrukce se zabývá konstrukcí samotné DPS a vytvoření kompletní technické dokumentace pro výrobu. Použijí se data (netlist, gerber,…) a realizuje se samotná DPS s návrhem a rozmístěním součástek. Do technické dokumentace (výkresů,…) se zapisují všechny potřebné postupy pro výrobu. Se zákazníkem se řeší všechny problémy, které vznikly při tvorbě dokumentace a upřesňují se potřebné věci pro výrobu výrobku. Generují se data pro osazovací automaty, pokud se nejedná pouze o návrh zákazníka. Při návrzích od zákazníka se upravuje technická dokumentace a specifikují se požadavky pro výrobu DPS. Konstrukce vytvoří soupisku materiálu (BOM list). Rozdělí součástky v BOM listu dle typu montáže na SMT, THT, mechanická montáž a další varianty.

Někdy se stává, že konstrukce nemá všechny potřebné data pro vytvoření kompletní dokumentace. Častým případem je, že zákazník nedodá kompletní gerber data. Konstrukce a technická příprava výroby (TPV) si s těmito situacemi musí poradit, pokud musí zakázku realizovat a nelze to domluvit se zákazníkem lépe.

Příklady situací, které mohou nastat:

- V gerber datech chybí reference u součástek (viz. obrázek 5.2).
- V gerber datech nejsou obrysy součástek a nelze udělat osazovací výkres nutný pro výrobu (viz. obrázek 5.2).



Obrázek 5.2: Příklady chyb v dodávaných gerber datech

Na obrázku 5.2 je pouze obrys DPS a maska. Nachází se tam tedy dvě chyby, které se dají řešit:

- Dokreslením obrysů komponentů s důkladnou studií návrhu DPS a vyznačením polarit nebo "pinů 1". Dohledává se i za pomocí P&P dat. Hodně časově náročná varianta s velkým množstvím více prací. Možnost realizace pomocí SW vizualizace bude nastíněna níže.

- Dohledání a pak dopsání referencí do gerber dat pomocí P&P dat. Opět to znamená více práce a velkou časovou náročnost. Řešení může být opět SW vizualizace.

Pokud takovéto problémy nastanou a nelze to odstranit komunikací se zákazníkem, tak prací konstrukce je nastalé situace řešit a dodat technickou dokumentaci v takovém stavu, aby výroba mohla výrobek vyrobit. Může nastat situace, kde zakázka se nedá realizovat, ale většina situací se může řešit za cenu více prací a tím i vyšší ceny zakázky.

5.3. Technická příprava výroby (TPV)

Hlavním úkolem TPV je připravit kompletně výrobu. Musí se provést důkladná kontrola technické dokumentace (výkresy, BOM, …). Provádí se kompletní kontrola dat (P&P, Gerber data, …) z technického pohledu. Vytvoření technologického postupu dle možnosti výroby, požadavků zákazníka, norem, předpisů a dalších specifik. Připravují se data pro osazovací automaty, AOI a další kontrolní mechanismy. Určují se parametry pro všechny technologie (osazovací automat SMT, Reflow pec, AOI, vysoušecí skříň, lakovaní, pájecí vlna, x-ray a další). Validují se všechny procesy a postupy.

Pro řízení výroby s využíváním nejrůznějších technologie je proto nutné najít mechanismy, které budou efektivní a přitom velmi jednoduchá. Samotný proces výroby je často řízen různými SW (SAP, K2,…). Zde jsou definovány jednotlivé operace výroby. Pokud chceme kvalitní a rychlou přípravu jednotlivých operací TPV, tak se musíme hledat SW možnosti nebo jiné, protože se řeší nejrůznějším problémy. Často řešení problémů je časově náročné a samotná realizace není jednoduchá. Proto se hledá systémové řešení, které není finančně a časově náročné.

Příklad častého a opakujícího se problému je formát a kvalita P&P dat pro osazovací automat. P&P data se musí převést do jednotného formátu čitelného pro automatické strojní osazování. Data jsou například jen na plošky součástek, nemají rotace nebo nejsou vůbec poskytnuta. Pokud máme snahu realizovat zakázku, tak není příliš mnoho možností řešení tohoto problému.

Situace se dá řešit:

- Požádáním zákazníka o nová data.
- Pokud nejsou data vůbec. Musí se vytvářet data (X,Y – souřadnice) až na osazovacím automatu. Časově hodně náročná varianta s velkým počtem více prací.
- Pokud jsou data alespoň na plošky součástek (viz. obrázek 5.3). Jedná se většinou o data ze starších návrhových systémů. Centry součástek se musí dopočítat. U integrovaných obvodů značně složité a mohu nastat chyby. Musí následovat detailní kontrola na osazovacím automatu dle DPS.

Module							
Module Refer.	Module Value	File Name	Orient.	Pin	X	Y	Net Name
D1	SM6T33A	DO214AA	(0)	A	0.650	2.106	xdi0_1
				C	0.825	2.106	x24v
				15	0.650	2.078	
				16	0.650	2.135	
				17	0.825	2.078	
				18	0.825	2.135	
C8	CK-270P	805	(0)	1	1.068	1.950	di0_1
				2	1.150	1.950	vcc
C1	CK-270P	805	(0)	1	1.068	1.713	di1_1
				2	1.150	1.713	vcc
C2	CK-270P	805	(0)	1	1.068	1.475	di2_1
				2	1.150	1.475	vcc

Obrázek 5.3: Příklad P&P na plošky

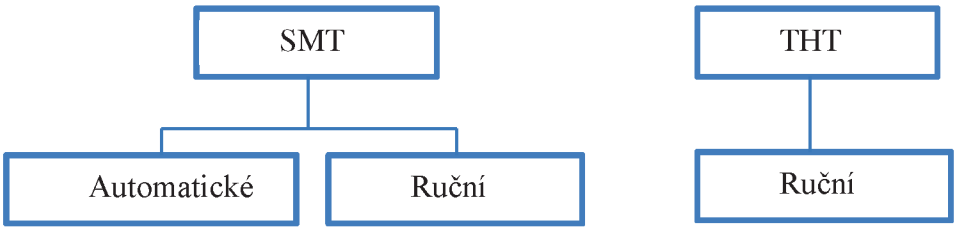
Takovéto příklady problémů se dají vyřešit SW VisualPlace. Příklady řešení s výhody i nevýhody budou vysvětleny v dalších částech práce.

5.4. Výroba

Hlavním úkolem výroby je vyrobit kompletní celky nebo jen části. Může se kompletovat celý výrobek. Celým výrobkem se rozumí: výroba DPS, osazení DPS, výroba kabelů a mechanických celků. Kompletace všech částí s oživením výrobku. Poslední fází je balení dle zacházení s jemnou elektrotechnikou. Zabalení do antistatických obalů. Zabalení do krabic se zabezpečením proti otřesům při transportu a manipulaci s krabicí. Ohled se musí dbát i na prostředí, ve kterém bude probíhat transport. Teda dbát ohled na prach, písek, teplotu, vlhkost a další.

Další varianta je osazování pouze DPS a dodávání pouze těchto části zákazníkům. Pravidla pro expedici platí jako v předchozím příkladu.

Tato práce se bude zabývat hlavně popsáním stavů výroby, kde se může implementovat SW vizualizace. Na obrázku 5.4 je základní dělení osazování DPS ve výrobě. Nebude se brát tedy zřetel na části procesu jako je lakování, mytí a další, kde by aplikace SW vizualizace DPS neměla smysl.



Obrázek 5.4: Dělení osazování DPS ve výrobě

Podrobnější způsoby osazování jsou uvedeny v kapitole 1.2., zde si uvedeme pouze odlišnosti nebo podrobnosti k naší specifikaci.

Základní dělení osazování DPS ve výrobě máme k vidění na obrázku 5.4 a je rozděleno na osazování SMT součástkami a THT součástkami. Dalším dělením ve výrobě osazování součástek SMT máme automatické a ruční. Pracoviště ručního osazování se využívá pro výrobu desek s menším počtem součástek nebo prototypových vzorkových DPS. Někdy se též využívá pro osazení jednotlivých součástek, které by se na automatické osazování nevyplatili z časových a ekonomických důvodů. Automatické osazování SMT se využívá pro větší počet DPS a nebo pro větší množství součástek stejného typu.

SMT (povrchová montáž)

Osazování součástkami pro povrchovou montáž se děje buď do pasty, nebo do lepidla. Osazovat se může automaticky nebo ručně.

Systém automatické montáže

Jde o klasický systém, který byl popsán v předcházejících kapitolách. DPS jde standardně na linku SMT a provedou se všechny potřebné úkony.

Před osazením se v osazovacím automatu upravují souřadnice X, Y a kontrolují se rotace součástek. Rotace se opravují přímo v automatu. Tento postup stojí čas. Pak následuje odladění programu osazovacího automatu před samotným osazováním. Fyzicky se každá souřadnice opravuje najetím kamery s osazovací hlavou na příslušné souřadnice na DPS. Zkontroluje se i rotace podle způsobu balení součástky. Třeba čipové součástky jsou většinou baleny kotoučově (pás), ale není to 100% a i balení u některých výrobců z Číny se liší oproti standardům.

Name	Component	Side	Centre X	Centre Y	Rotation
R1	10k_0603	Top	43.25	98.00	0
R2	330k_0603	Top	30.00	96.50	180
R3	330R_0603	Top	30.00	95.00	0
R4	330R_0603	Top	43.25	96.50	0
R5	330R_0603	Top	11.00	93.00	0
R6	2k2_0603	Top	11.00	89.50	180
R7	330R_0603	Top	14.00	89.50	180
R8	330R_0603	Top	24.50	85.00	180
R9	330R_0603	Top	24.50	83.00	180
R10	10k_0603	Top	24.50	74.00	180
R11	2k2_0603	Top	24.50	72.50	180
R12	330R_0603	Top	27.50	74.00	0

Obrázek 5.5: Příklad P&P dat

Po osazení první DPS z jedné strany se provádí kontrola přítomnosti součástek a rotace součástek. Měla by být provedena 100% kontrola a provádí se s porovnáváním s výkresovou dokumentací. Takováto kontrola je časově náročná, ale nezbytná pro odhalení chybně osazených součástek. Postupuje se tak, že se kontroluje jednotlivě každá součástka podle BOM listu. U některých součástek se může provést kontrola hodnoty (rezistory, kondenzátory). Při tomto typu kontroly je vysoké riziko lidské chyby způsobené únavou, nepečlivostí, atd. Pokud má DPS více součástek v pouzdrech 0201 a podobných, tak se takováto kontrola stává pro lidské oko téměř nemožná. Určitě je možnost provést kontrolu

třeba na AOI. Ale příprava a odladění programu pro tuto technologie stojí čas a není možno jí provést ihned. Z tohoto důvodu se provede kontrola lidským okem a u miniaturních součástek se použije pro zvětšení lupa. Implementace SW VisualPlace řeší způsob, jak zefektivnit tuto kontrolu ať už z hlediska času, kvality spolehlivosti kontroly a dalších parametrů. Stejný postup se volí i na druhou stranu DPS při oboustranném osazení.

Systém ruční montáže

Ruční osazování součástkami pro povrchovou montáž. Princip je popsán v předcházejícím textu. Využívá se při osazování menšího počtu DPS nebo DPS s velkým počtem součástek různých typů.

Osazuje se do pasty nebo do lepidla. Osazuje se podle výkresové dokumentace. Podle náročnosti DPS se volí příprava na osazování. Do zhruba 10 součástek se osazuje hned podle materiálové rozpisky. Pokud na DPS je větší počet součástek než 10, tak se volí metodou vykreslování výkresové dokumentace a materiálové rozpisky. Do výkresu a rozpisky se značí stejné značky různou barvou pro lepší dohledávání správného místa pro umístění součástky. Tento systém patří mezi systémy pomalé a systémy v kterých se snadno dělají chyby. Můžou se snadněji na součástky nebo DPS dostat vlivem velkého počtu manipulací se součástkou a přechodů nečistoty, což je možnost závad.

THT montáž

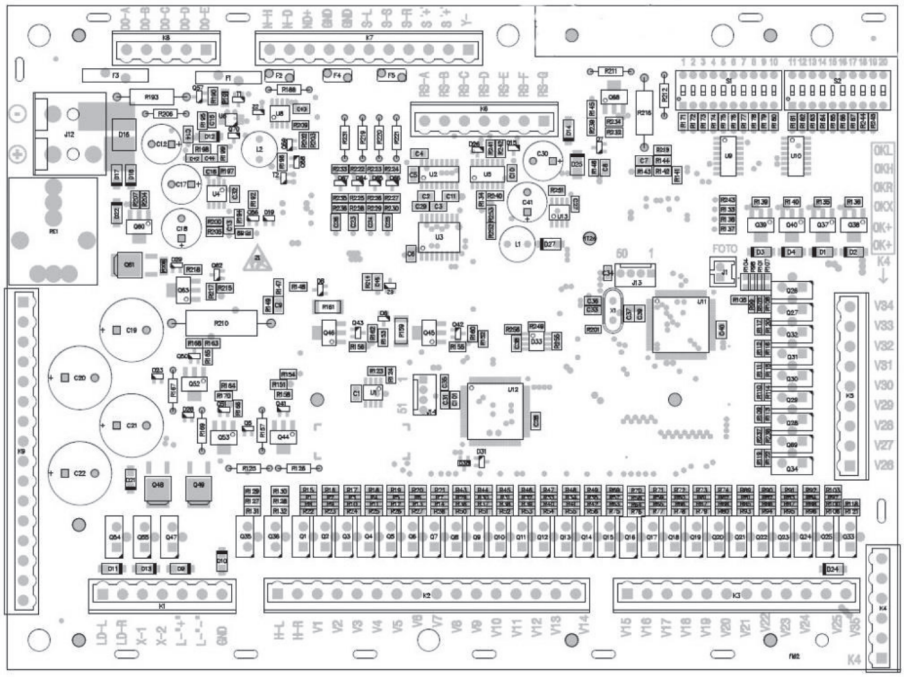
Jedná se o vývodovou montáž. Někdy se taky označuje jako klasická montáž. Stejně jako u součástek SMT se pro osazování používá automatický, poloautomatický nebo ruční způsob. Zde se díky velikosti součástek používá hlavně ruční způsob v případech malokapacitní výroby.

Klasická ruční montáž

Ruční osazování součástkami pro klasickou montáž. Nutná je příprava, hlavně tvarování vývodů u některých součástek a po protažení DPS zahnutí vývodů podle normy. Je nutné součástky dobře upevnit aby nedocházelo při průchodu vlnou, nebo při selektivním pájení, k jejich pohybu (odplavení, částečnému zapájeni,…).

Osazovací výkres připravujeme obdobně jako při osazování SMT. Počet součástek, kdy se vyplatí barevně vykreslovat osazovací výkres je zde vyšší než u součástek SMT. Hlavním důvodem je velikost součástek THT. Součástky THT osazujeme ve větší vzdálenosti od sebe. Toto je způsobeno samotnou velikostí součástek s vývody.

U klasické montáže existuje i varianta, kdy dojde k osazení a natvarování součástky a hned se zapájí její vývody. Tato varianta se využívá u ručního zapájení součástek.



Obrázek 5.6: Příklad výkresu pro osazování SMT a THT

Opravárenské pracoviště

Pracoviště, kde probíhají opravy DPS. Kontrolují se opticky problémově součástky v pouzdrech (LCCC, PLCC,...). Tedy hlavně součástky u integrovaných obvodů, kde z důvodů miniaturizace se nedá 100 věřit AOI. Pak všechny součástky, které byly vyhodnoceny na AOI jako chybné. U součástek vyhodnocené jako chybné na AOI se může jednat o chyby skutečné nebo falešné. Proto je nezbytné vyhodnotit, zda se jedná o chyby falešné nebo skutečné. U skutečných chyb se provede oprava. Informace o souřadnici součástky se využívají data z AOI. Pro kontrolu polarity součástky se používá osazovací výkres. Pro kontrolování hodnot nebo parametrů součástek se využívá BOM list. Vyhledávání není zcela jednoduché, a proto by se nabízelo využít program pro vizualizaci. Hlavním důvodem nevyužití tohoto softwaru je prostor.

Součástí opravárenského pracoviště je:

- HW a SW z AOI
- nářadí (pájka, odsávačka,…)
- optické zařízení (speciální lupa, mikroskop,…)
- technický dokumentace (osazovací výkres, BOM list,…)

Další monitor s programem vizualizace s ovládáním by se na toto pracoviště nevešel.

5.5. Výstupní technická kontrola

Toto oddělení jé úzce spjato s řízením kvality a jakosti výroby. Pro všechno postupy jsou stanoveny přesné předpisy kontroly a způsoby dodržování kvality. Kvalita se řídí normami

ISO 9001 - Systémy managementu kvality, ISO 14050 - Environmentální management, externími předpisy, interními předpisy a dalšími.

Stanovený způsob provádění výstupní kontroly zaručuje, že hotový produkt byl realizován ve shodě se specifikovanými požadavky na kvalitu a další včetně konstatování, že všechny předchozí stanovené kontroly byly provedeny a existují záznamy o provedení těchto činností. Tedy kontrola celého výrobku po dokončení procesu výroby. Část technické kontroly definuje zákazník a je zanesena do technické dokumentace vývojem a konstrukcí.

Typy kontrol VTK:

- kontrola optická
- kontrola elektrická
- kontrola čistoty
- kontrola lakované vrstvy
- řešení závad
- dokumentace výrobku – DPS (fotodokumentace, …)

Kontrola optická

Zde se provádí náhodná kontrola DPS z jedné zakázky. Velikost kontroly se určuje dle složitosti DPS a velikosti zakázky. Provádí se 100% kontrola DPS lidským okem a v případě potřeby pod některým optickým zařízením pro detailnější pohled (lupa, mikroskop,…). Zde probíhá vizuální kontrola čistoty DPS po lakování a mytí. Kontrola zapájení součástek. Důkladná kontrola všech polaritních součástek.

Provádí se i 100% kontrola na všech DPS, které AOI vyhodnotilo chybnými a museli se opravovat na opravárenském pracovišti. Kontrola se provádí pomocí dohledávání v papírové dokumentaci. Hledání součástek v papírové dokumentaci (výkres, BOM list) a na samotné DPS jsou dost časově zdlouhavé. Opět řešením pro urychlení je SW vizualizace DPS.

Obrázek 5.7: Příklad optického mikroskopu z [22]

Kontrola elektrická

Provádí se elektrické testy dle dodaných podkladů zákazníka. Další varianta oživení DPS dle předpisů, který stanový vývoj. Nahrává se i SW do programovatelných obvodů. Změřené veličiny se zaznamenávají. Testuje se také bezpečnost práce na zařízení a celková bezpečnost zařízení. Pro dohledání měřicích bodů se používá vyznačení v papírové technické dokumentaci.

Řešení závad

Při zjištění závady je proveden záznam s evidenčním číslem výrobku s popisem závady do „Hodnocení závady". Produkt je označen červeným bodem. Dle závažnosti závady je opraven nebo prohlášen za zmetek.

Hodnocení závad můžeme rozlišit:

- Interní
- Externí

Interní závady

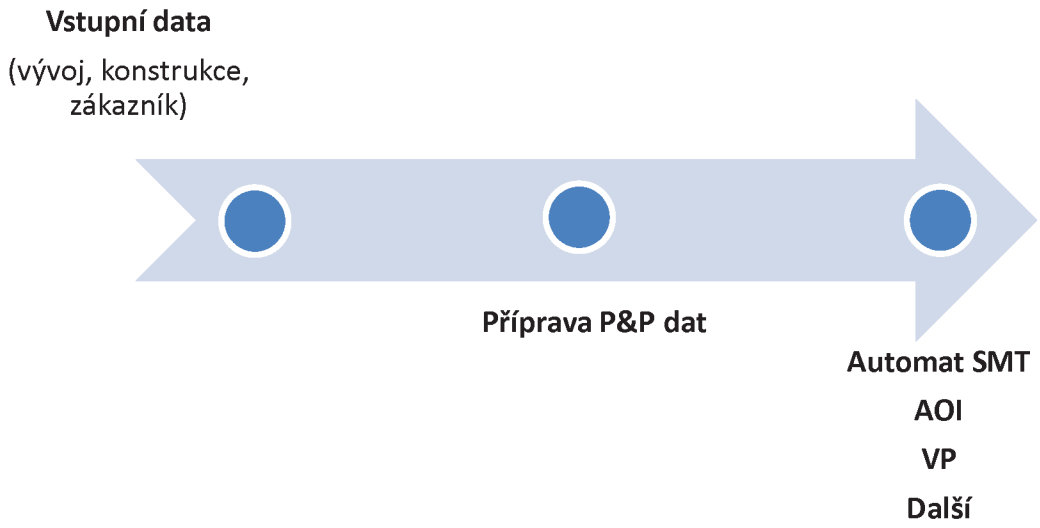
Závady, které byly odhaleny procesem nejpozději ve VTK. Musí se řešit pomocí interního protokolu, který slouží jako nástroj kvality. Jedná se o protokol o neshodě, který je zkráceny nástroje G8D. V tomto protokolu se uvádí informace o zakázce, popis závady, jméno řešitele, návrh okamžitých opatření, zjištění příčiny s popisem a návrh trvalých opatření. Výstupem řešení závady musí být uvedení nápravného opatření do procesu výroby jeho zpětná validace po ukončení výroby. Při hledání závady na některé součástce nebo místa na DPS se musí použít vhodného SW, protože při zdlouhavému hledání se zbytečně ztrácí čas a zvyšují se náklady. Program vizualizace i v tomto případu se může stát výrazným urychlením hledání součástky nebo místa na DPS.

Externí závady

Jedná se vlastně o reklamace od zákazníka, který reklamuje výrobek (sestavu, DPS,…). Obvykle se jedná o: čistění, lakování, pájení a další. Při reklamaci součástky je nutno dohledávat na přesném místě DPS a toto hledání je zdlouhavé. Samotná realizace bude nastíněna v další části práce.

6. Zavedení SW do výroby

Před samotným zavedením SW do chodu firmy se nejprve zkoumal stav postupů na jednotlivých pracovištích v částech výroby. Muselo se provést rozhodnutí, kde se může provést testování SW v provozu. Přitom se bral velký důraz, aby se nijak neohrozil plynulý průběh výroby. Prvotní zavedení SW implementace bylo využití pro přípravu a kontrolu dat před samotným začátkem výrobního procesu. Z toho plyne, že se nejprve začala implementace SW v TPV. Cílem první části bylo sjednotit proces kontroly vstupních dat s využitím programu vizualizace. Dalším cílem bylo připravit program vizualizace i pro implementaci do dalších částí výroby.



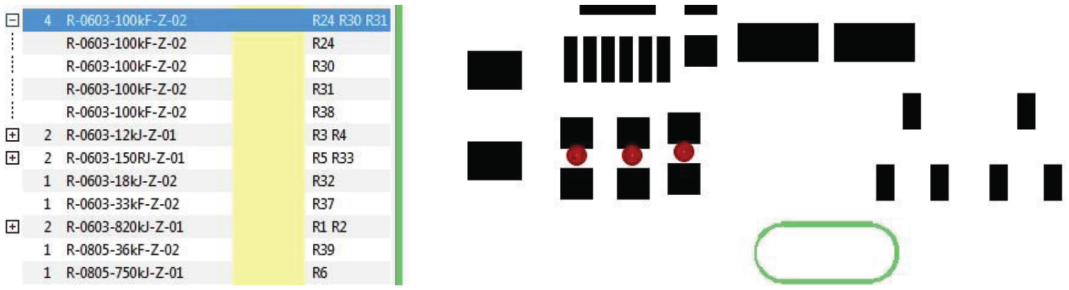
Obrázek 6.1: Implementace první části

6.1. První fáze implementace

V první fázi proběhla implementace do TPV. V TPV se provádí zpracování dat pro výrobu. Zde se udělá porovnání gerber dat a P&P dat. Výstupem těchto operací je příprava gerber dat do formátu uvedeného v návodu od výrobce VP.

Do programu VP se můžou načítat data:

- P&P dat
- BOM
- Gerber data osazovacího výkresu (silkscreen)
- Gerber data masky (soldermask)
- Gerber data obrysu (PCB contour)
- Gerber data vrtačky (Drill file)



4	R-0603-100kF-Z-02	R24 R30 R31
	R-0603-100kF-Z-02	R24
	R-0603-100kF-Z-02	R30
	R-0603-100kF-Z-02	R31
	R-0603-100kF-Z-02	R38
2	R-0603-12kJ-Z-01	R3 R4
2	R-0603-150RJ-Z-01	R5 R33
1	R-0603-18kJ-Z-02	R32
1	R-0603-33kF-Z-02	R37
2	R-0603-820kJ-Z-01	R1 R2
1	R-0805-36kF-Z-02	R39
1	R-0805-750kJ-Z-01	R6

Obrázek 6.2: Porovnání soldermask a P&P dat

Program VP funguje i při načtení jen části dat. Pro porovnání gerber dat nám tedy stačí načíst soldermask a P&P data. Program ukáže střed součástek, a pak můžeme jednoduše posoudit, jestli středy součástek jsou uprostřed mezi ploškami masky. Při vytváření programů VP se testovaly základní funkce programu. Při tomto testování se potvrdilo, že navádění funguje a může se pokračovat v implementaci programu VP.

Po ověření funkčnosti těchto jednoduchých funkcí se začaly testovat další možnosti programu. Další fáze implementace pokračovala do výroby. Prioritně se program VP implementoval na pracoviště ručního osazování SMT a pak při složitějších variantách DPS i pro THT. Cílem bylo urychlení samotného osazování DPS.

6.2. Implementace VP do procesu ručního osazování ve výrobě

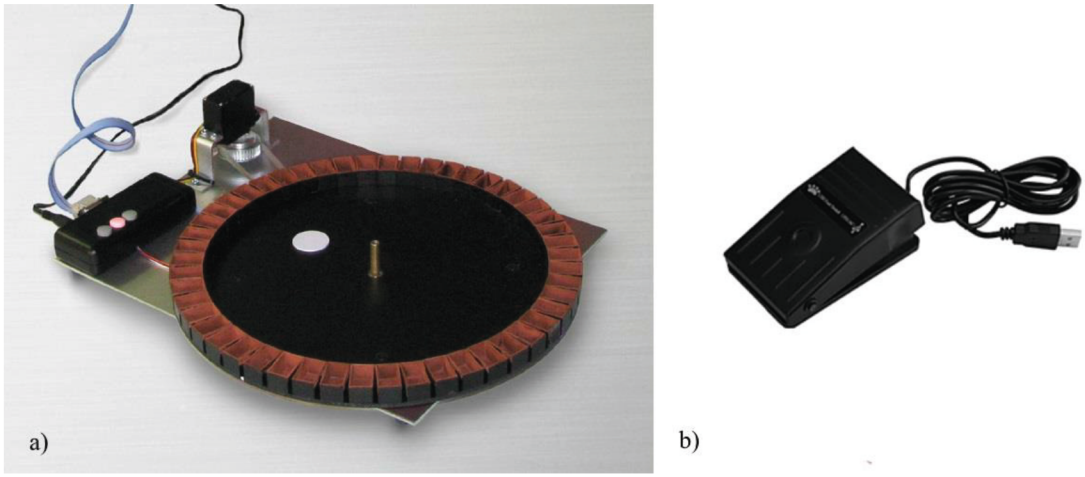
Implementace pro ruční osazení měla za úkol udělat kompletní výkresovou dokumentaci v digitální podobě. Bohužel se nedají úplně snadno implementovat do programu VP poznámky k výrobě, které běžná technická dokumentace skrývá. Proto se program VP využívá pro proces samotného osazování. Psané poznámky zůstaly v běžné technické dokumentaci.

Vybavení pro VP při ručním osazování

K realizaci a zobrazení vizualizace DPS v programu VP pro ruční osazování je potřeba tento hardware a software:

- monitor
- klávesnice
- PC
- myš
- karusel (obr. 6.3a) [2]
- pedály (obr. 6.3b)
- data (gerber, P&P, Bom,…)

Standartní vybavení počítačů není nutno popisovat. Tento SW funguje na všech PC, které na současném trhu můžeme najít. Zmínil bych jen dva komponenty, které jsou přídavné a můžou výrazně urychlit práci.



Obrázek 6.3: Příslušenství VP (karusel a pedál)

Karusel "kolotoč" (obr. 6.3a) je cyklicky se otáčející součást. Při impulzu se karusel otočí. Zdrojem impulzu pro karusel může být klávesnice, kdy přechod šipkami mezi jednotlivými součástkami způsobuje, že se karusel otáčí. Další možností je pedál, který způsobuje přechod mezi součástkami a současně otáčí karusel. Na karusel se můžou umístit krabičky s připravenými součástkami. Takto lze částečně automatizovat proces samotného osazování. Na karusel se vejde pouze omezený počet krabiček se součástkami. Pro plynulou výrobu by bylo potřeba neustále na karusel krabičky se součástkami dodávat. Proto se rozhodlo, že se karusel pro ruční osazování nebude využívat.

V uživatelském manuálu programu VP [2] je přechod mezi součástkami pomocí klávesnice PC vysvětlen. Při ručním osazování je nutné používat ruce pro manipulaci se součástkami a DPS. Proto použití pedálů pro přechod mezi součástkami bylo vyhodnoceno jako efektivnější.

Pedály zajišťují přechod mezi součástkami. V programu VP lze nastavit přechod mezi stejnými jednotlivými součástkami (součástka po součástce) nebo mezi skupinami stejných součástek (např.: skupina rezistorů 0603 1k 1% na skupinu 0603 1k 10%). První možností je použít jeden pedál, který umožňuje pohyb pouze jedním směrem. Další variantou jsou dva pedály, které umožňují pohyb nahoru i dolu v BOM listu. Pro ruční osazování je užitečné používat dva pedály. Pokud je to nutné, můžeme se v BOM listu vrátit směrem nahoru. Tato varianta nese výrazné výhody oproti použití klávesnice, které byly popsány v předchozím odstavci.

Výstupy z programu VP pro ruční osazování

Mezi hlavní využití programu VP při ručním osazovaní je tvorba digitálního osazovacího výkresu, který je vidět na obrázku 3.2. Podle zvolené barvy visuálně označí bod na středu součástky na DPS podle P&P dat. Máme označenou i rotaci (polaritu) součástky. Rotace se označuje šipkou v označovacím bodu u součástky. Při návrhu se musí postupovat podle

norem IPS a dalších. Pokud se vše dodrží, označení polarity součástky z programu VP je správně. Těmito problémy v návrzích se budeme zabývat dále.

Vedlejší výstupy, které můžeme použít pro ruční osazení:

- Lze jednoduše z připraveného programu si zobrazit a vytisknout P&P data. Ukázku můžeme vidět na obrázku 6.4. Řazení je provedeno podle součástek. Součástí dat musí být XY souřadnice, jméno součástky, rotace a strana osazení (top/bottom). Neosazené součástky jsou označeny červeným textem "Do not mount". Tedy tato součástka se nemontuje/neosazuje.

8	**13×**	**CK-0805-100nJ-1H-03**	**0805**			
	Designator	*X*	*Y*	*Rotation*	*Side*	
	C1	3.4552	2.8510	270	Top	
	C2	4.1474	4.8024	0	Top	
	C3	4.2695	4.7040	0	Top	
	C4	4.0805	5.2236	180	Top	
	C5	4.0215	5.0150	270	Top	
	C6	3.9978	4.2355	270	Top	
	C8	5.9203	5.0875	270	Top	
	C9	2.6841	3.7253	270	Top	
	C10	4.9978	5.0347	90	Top	*Do not mount*
	C11	4.3915	4.8024	0	Top	
	C29	4.0963	4.7040	0	Top	
	C32	2.2510	4.8276	90	Top	
	C43	2.9124	5.6662	0	Top	
9	**2×**	**CK-0805-18p*-1H-01**	**0805**			
	Designator	*X*	*Y*	*Rotation*	*Side*	
	C33	5.7971	3.6764	0	Top	
	C36	5.7971	3.7669	0	Top	

Obrázek 6.4: Ukázka P&P dat z VP

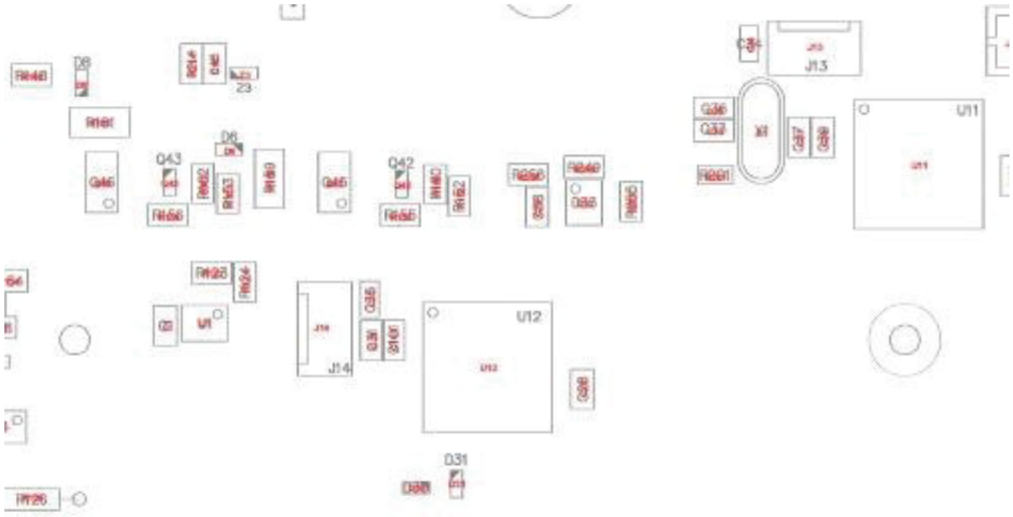
- BOM list všech součástek - jedná se o soupis materiálu, který se dělí podle potřeby. Na obrázku 6.5 máme provedeno dělení podle speciálního kódovaného jména součástky pro osazovací automaty a AOI. V BOM listu krom materiálu je označeno i množství. Neosazené součástky jsou označeny stejným textem jako u P&P dat.

Id	Qty	Value	Package	Product Nr.	Designator
1	4	CERAD-2200µF-015			C19 C20 C21 C22
2	5	CERAD-220µF-009			C12 C17 C18 C30 C41
3	1	CK-0603-100pC-1H-01	0603		C44
4	1	CK-0603-1nK-1H-02	0603		C15
5	2	CK-0603-1µ*-1E-03	0603		C16 C42
6	1	CK-0603-220pJ-1H-01	0603		C27
7	2	CK-0603-33nJ-1H-02	0603		C34 C35
8	12	CK-0805-100nJ-1H-03	0805		C1 C2 C3 C4 C5 C6 C8 C9 C11 C29 C32 C43 (Do not mount C10)
9	2	CK-0805-18p*-1H-01	0805		C33 C36
10	3	CK-0805-1UK-1C-01	0805		C28 C31 C101
11	1	CK-0805-1UK-1H-05	0805		C14
12	6	CK-0805-22nK-1H-02	0805		C13 C23 C24 C25 C26 C45
13	5	CK-0805-2µ2K-1E-03	0805		C7 C37 C38 C39 C40

Obrázek 6.5: Ukázka BOM listu z VP

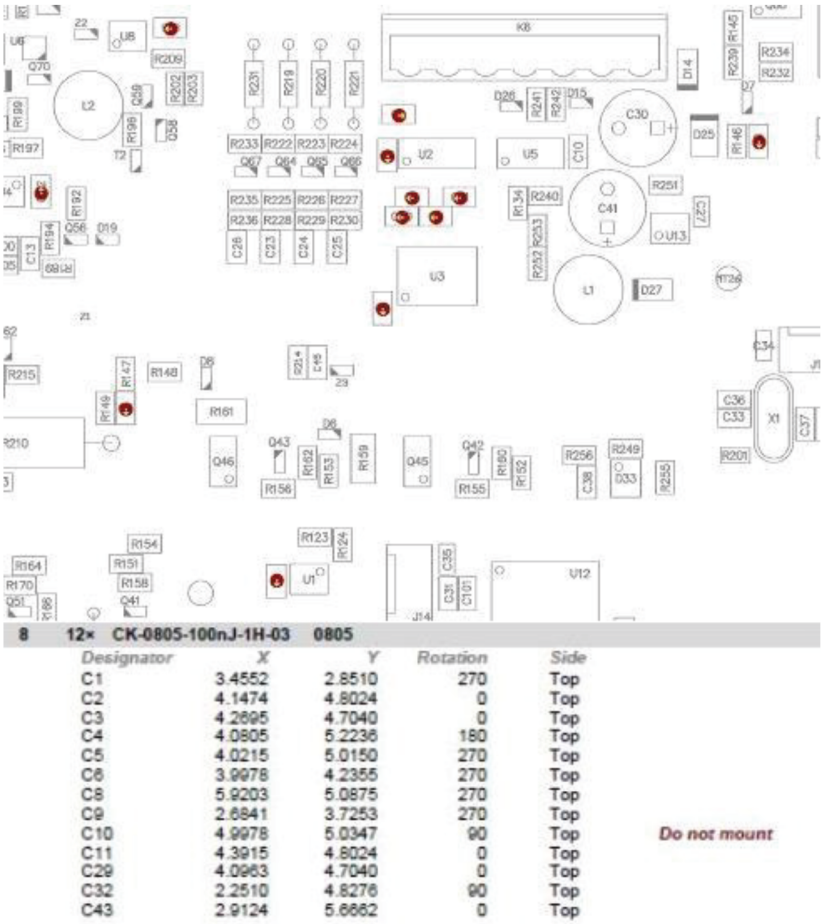
- Osazovací výkres, který máme na obrázku 6.6, patří mezi další výstupy z programu VP. Ve středu součástek jsou zobrazeny pomocí P&P dat reference součástky. Reference součástek se zobrazují červeně, a v konkrétním případě z obrázku 6.6, překrývají původní reference z gerber dat. Někteří zákazníci

dodávají nedostatečné osazovací výkresy nebo gerber data bez referencí a takto se jednoduše mohou do osazovacího výkresu dodat potřebná data.



Obrázek 6.6: Ukázka výřezu osazovacího výkresu

- Částečné osazovací výkresy viz. obrázek 6.7, které se mohou používat pro ruční osazování. Z programu VP se vygeneruje kompletní osazovací výkres, kde máme vyznačeny pouze součástky jednoho konkrétního typu. Výhodou je, že touto přípravou můžeme rozdělit práci mezi více ručních pracovišť, kde by se na každém pracovišti osazovala jedna součástka. Nevýhodou této metody je dokumentace o hodně stranách. Pro každý typ součástky existují dva listy - jeden list s osazovacím výkresem a druhý list s P&P daty jednotlivých referencí.



8 12× CK-0805-100nJ-1H-03 0805

Designator	X	Y	Rotation	Side	
C1	3.4552	2.8510	270	Top	
C2	4.1474	4.8024	0	Top	
C3	4.2695	4.7040	0	Top	
C4	4.0805	5.2236	180	Top	
C5	4.0215	5.0150	270	Top	
C6	3.9978	4.2355	270	Top	
C8	5.9203	5.0875	270	Top	
C9	2.6841	3.7253	270	Top	
C10	4.9978	5.0347	90	Top	Do not mount
C11	4.3915	4.8024	0	Top	
C29	4.0963	4.7040	0	Top	
C32	2.2510	4.8276	90	Top	
C43	2.9124	5.6662	0	Top	

Obrázek 6.7: Ukázka částečného osazovacího výkresu

U všech těchto výstupů lze kombinovat další nastavení, které program umožňuje:

- Výběr parametru zobrazované u součástky (reference, jméno, …)
- Změny velikostí, průsvitností a typu písmu referencí.
- Změny mřížky.
- Výběr z možností zvětšení od 1x až po zvětšení 8x.
- Výběr z velikosti pro tisk.

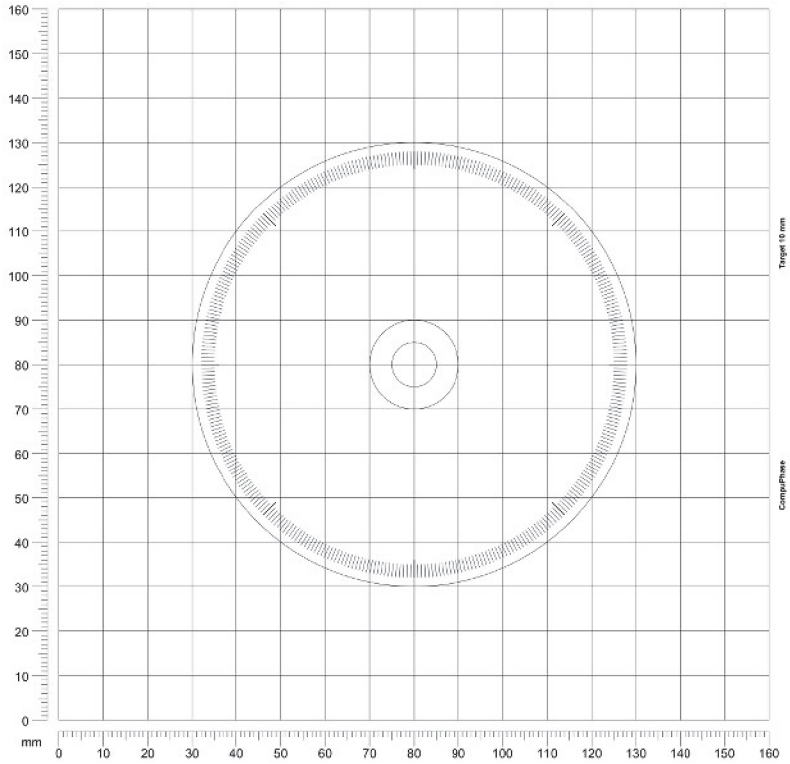
Tyto všechny možnosti zvyšují použití programu pro ruční osazování. Z programu VP můžeme vytvořit kompletní papírovou dokumentaci. Program snadno můžeme využít při práci v konstrukci a vývoji. Lze tak nahradit práci a čas kvalifikovaných pracovníků, kteří musí dodat pouze potřebná data.

6.3. Implementace VP do procesu automatického osazování ve výrobě

Do procesu automatického osazování DPS ve výrobě se program VP implementoval z důvodu kontroly prototypových DPS. Využívá se také na kontrolu vždy první DPS z první série osazovaných na osazovacím automatu. Tato kontrola se samozřejmě provádí z obou stran DPS při oboustranném osazení. Podobné využití programu je i při kontrole ve VTK.

Potřebné vybavení při kontrole DPS

Používá se obdobné vybavení jako při ručním osazování. Není potřeba využívat karusel, který slouží pouze pro ruční osazování. Mezi hardware vstupuje kamera. Doporučuje se kamera s poměrně velkým rozlišením. Velké rozlišení kamery je potřebné z důvodu velké miniaturizace součástek SMT. Před použitím kamery se musí udělat kalibrace na terčíku (obrázek 6.8), který je součástí manuálu k programu VP. Při kontrole další DPS se musí znovu udělat kalibrace podle rozměru kontrolované DPS z důvodů lepší přesnosti.



Obrázek 6.8: Kalibrační terčík z [14]

Potřebná nastavení programu VP při použití kamery:

- Podle rozměrů DPS se nastaví vzdálenost kamery od DPS.
- Kalibrace podle kalibračního terče z (obrázek 6.8) [14].
- Nastavení zvětšení kamery.
- Nastavení velikosti mřížky.
- Musí se nastavit i lichoběžníkové zkreslení na okrajích DPS.
- Nastavení bodu a průsvitu na DPS.

Obrázek 6.9: Pracoviště s kamerou z [14]

Kontrola s využitím kamery

Při kontrole s použitím kamery se provádí navádění přímo na DPS, kterou online snímáme kamerou, viz obrázek 6.9. Tato kontrola je ideální pro kontrolu DPS po osazení automatem. Lze zde fyzicky zkontrolovat kompletní osazení DPS součástku po součástce. Za pomocí značky rotace můžeme zkontrolovat i polaritu. Značka se uvádí z důvodu zjednodušení kontroly prováděné kvalifikovaným pracovníkem. Přechod mezi součástkami se provádí pomocí klávesnice nebo pedálů. Pokud tuto kontrolu provádí jeden pracovník, je vhodné využít pedály.

Kontrola pomocí běžného rozhraní VP

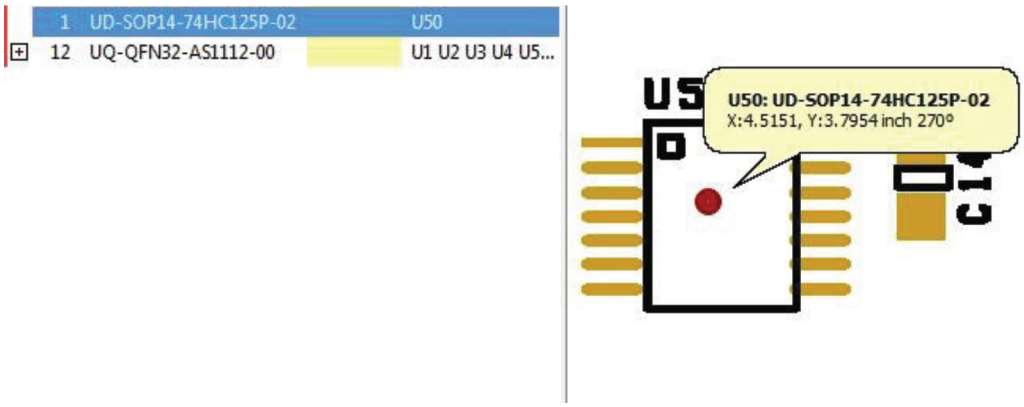
Běžné rozhraní VP viz. obrázek 3.2. Lze provádět podobný způsob kontroly, jako v případě použití papírové dokumentace. Výhodou tohoto řešení je navedení na přesné místo na DPS. Nemusí se součástka zdlouhavě hledat na DPS.

VP se dá využít opačné funkce, kdy se dá kliknout na součástku na ploše monitoru a ten ukáže součástku v BOM listu. Takže jednoduše se zjistí informace o součástce (hodnota, pouzdro,…). Tato varianta se hodně využívá ve výstupní kontrole, kde se kontroluje předepsané napětí nebo jiná hodnota na přesném místě DPS a je nutno zjistit rychle hodnotu, která této referenci odpovídá. Tímto způsobem můžeme zrychlit výrazně proces kontroly ve VTK.

Program se ve VTK používá i při řešení neshod a reklamací, kde se rychle zjistí BOM list. Poměrně rychle a snadno můžeme najít místo na DPS s daným problémem.

Kontrola a příprava dat pro osazovací automat

Pro komplexnější přípravu dat pro osazovací automat je nutno brát zřetel, že P&P data nemusí být úplně 100% správná. Největší problém bývá v rotacích u integrovaných obvodů. Už ve vývoji při vytváření návrhu se stane, že vývojový pracovníci uloží u integrovaných obvodů nebo dalších součástek špatně "origin bod". Origin bod je manipulační bod součástky, který nepřímo určuje polaritu součástek. Pokud se uloží origin bod u součástky špatně, tak se tato rotace dostává do návrhu DPS a pak se to objeví i P&P datech (obrázek 6.10).



Obrázek 6.10: Ukázka chyby rotace podle IPC7351

Pokud chceme všechny data zkontrolovat dopředu, tak si je musíme zobrazit pomocí programu VP. Pokud chceme zkontrolovat rotaci u všech součástek a připravit je pro osazování na osazovacím automatu. Nemusí příprava rotací u součástek podle normy nutně znamenat, že s těmito daty se už nebude muset manipulovat v osazovacím automatu.

Máme dvě možnosti přípravy rotací:

1. První možností je připravit všechny data podle IPC7351. Pokud takto data připravíme, tak víme, že vše souhlasí s normou. Potom podle způsobu balení součástek všechny potřebná data otočíme.
2. Druhou možností je připravit data podle způsobu balení součástek. Nebezpečí tohoto řešení je změna balení, v kterém se součástky nakupují. Další nebezpečí může být dodatečná úprava dat od zákazníka a možné zanesení chyby.

Všechny tyto kontroly se určitě musí řešit v přípravě výroby, kde vznikají i technologické postupy a vše se může specifikovat. Proto VP je vhodný nástroj pro kontrolu rotací. Kontrola za použití programu VP je vhodnější než sledovat data pouze v textovém souboru. V textovém souboru sledujeme pouze číselné hodnoty. Práce v takovémto rozhraní může znamenat potencionální zdroj chyb.

6.4. Využití speciálních implementací programu VP

Mezi speciální možnosti aplikace programu VP patří využití v TPV a konstrukci. Vstupní podklady pro přípravu výroby občas nebývají od zákazníků zcela kompletní a za jistých podmínek se dají za cenu více prací dotvořit. Musí se podotknout, že se nejedná o standartní řešení. Data se tvoří s pomocí programu VP.

Speciální varianty, které se mohou pomocí programu VP řešit:

- chybějící gerber data (osazovací) a osazovací výkres
- chybějící reference v gerber datech (osazovacích)
- chybějící P&P data

Chybějící gerber data (osazovací)

Jedná se o dost častý problém. Z těchto dat dojde ke kontrole plošek a souřadnic součástek. Pokud se potřebuje vytvořit osazovací výkres, tak si pomocí programu VP za pomocí P&P dat můžeme dodělat reference. Pokud chceme i obrysy součástek, tak je nutné to dodělat v nějakém externím programu, třeba pro úpravu gerber dat. Toto je krajní řešení, ale pokud potřebujeme vytvořit výrobní dokumentaci, tak lze vytvořit i takto.

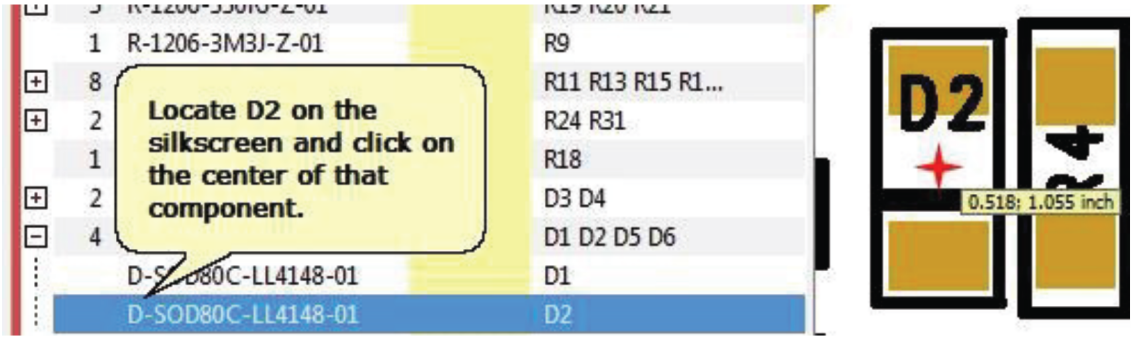
Chybějící reference v gerber datech (osazovacích)

Řešení už máme popsáno v předchozím odstavci, zde chybí pouze reference u součástek. Za pomocí P&P dat a programu VP můžeme dodělat reference. Lze pak hned vytisknou do PDF a v něm dodělat potřebné razítka, která by měla být součástí technické dokumentace. Není potřeba v programu pro úpravu gerber dat dodělávat obrysy součástek jako v předchozím případu.

Chybějící P&P data

V některých případech se stane, že zákazník dodá kompletní gerber data a BOM list. V souborech zapomněl vygenerovat P&P dat. Další možností chybějících P&P dat je stav, kdy se roky osazuje ručně podle výkresu a najednou se vlivem objemu zakázky změní z ručního osazování na strojní osazování automatem.

V obou případech potřebujeme k osazování P&P data. Mezi funkce programu VP patří přidání značky součástek (obrázek 6.11). Pokud máme osazovací gerber a masku gerberu, tak jednoduše můžeme určit střed součástek. U všech součástek však chybí rotace.



Obrázek 6.11: Ukázka souřadnice součástky D2

Máme dvě varianty dodatečného dopsání rotace:

1. Dodělat je ručně součástku po součástce. Velmi zdlouhavá varianta, ale příprava se provede před úpravou na osazovacím automatu.
2. Dodělat opět součástku po součástce, ale na osazovacím automatu. Opět velmi zdlouhavá varianta, ale při kontrole a ladění dat pro automat se stejně musí důkladně kontrolovat souřadnice XY a tak není problém dopsat rotaci podle pohledu kamery při najetí na DPS v osazovacím automatu.

6.5. Kvalita před a po implementaci

Obecná rovina kvality firmy určuje způsob chování k zákazníkovi, péčí o životní prostředí a zavádění standardů kvality do výroby výrobků.

I námi definovaná výroba se řídí standardy kvality. DPS se vyrábějí v souladu s požadavky normy IPC, která byla vysvětlena v části 1.4.. Dále jsou certifikovány podle UL. Integrovaný systém řízení je certifikován podle normy ISO 9001 a ISO 14001.

UL

Elektricky ovládané přístroje nebo zařízení podléhají schválení. Shoda s národními bezpečnostními předpisy se prokazuje uvedením značky vyjadřující shodu, přičemž tato značka musí být udělena kvalifikovanou a certifikovanou zkušební laboratoří.

Nejčastěji uznávanou zkušební laboratoří je UL (Underwriters Laboratories). UL provádí zkoušky v souladu s normami UL, které v sobě jako základní složku zahrnují národní normy (IPC).

Normy UL pro certifikaci výrobků:

- *Elektrická a mechanická rizika v případě elektrických výrobků*
- *Materiály těles a izolační materiály pro případ zkoušek ochrany proti požáru*
- *Prohlídka výrobních zařízení ze strany UL*

Dostupné z [17].

ISO 9001

Norma stanoví jednoduchou zásadu, kdy vedení firmy stanoví své cíle a plány v oblasti kvality své produkce a tyto jsou postupně pomocí nastavených procesů realizovány, přičemž účinnost těchto procesů je měřena a monitorována, aby společnost mohla přijmout účinná opatření na změnu. Norma se zabývá principy řízení dokumentace, lidských zdrojů, infrastruktury, zavádí procesy komunikace se zákazníky, hodnocení dodavatelů, měření výkonnosti procesů a také interní audity za účelem získání zpětné vazby.

Přínos normy pro organizaci

- *Udržení stálé vysoké úrovně výrobního procesu a tím i stabilní a vysoké kvality poskytovaných služeb a výrobků zákazníkům*

- *Možnost optimalizovat náklady – snížení provozních nákladů, snížení nákladů na nekvalitní výrobky, úspora surovin, energie a dalších zdrojů*
- *Pomocí efektivně nastavených procesů navyšovat tržby, zisk, tržní podíl a tím zvyšovat spokojenost vlastníků*
- *Díky poskytování vysoce kvalitní produkce možnost získání nejnáročnější zákazníky a možnost získání nových zákazníků s ohledem na zvyšování jejich spokojenosti*
- *Možnost účastnit se výběrových řízení o velké zakázky především ve státní správě*
- *Zkvalitnění systému řízení, zdokonalení organizační struktury organizace*
- *Zlepšení pořádku a zvýšení výkonnosti celé organizace*
- *Zvýšení důvěry veřejnosti a státních orgánů*
- *Vytvoření systému pružně reagujícího na změny požadavků trhu, jednotlivých zákazníků, legislativních požadavků i změn uvnitř organizace (např. při zavádění nových technologií, organizačních změn apod.)*

Dostupné z [15].

ISO 14001

Norma stanoví jednoduchou zásadu, kdy vedení firmy stanoví své cíle a plány v oblasti emisí ze své produkce (byť jen splnění zákonných limitů) a tyto jsou postupně pomocí nastavených procesů realizovány, přičemž účinnost těchto procesů je měřena a monitorována, aby společnost mohla přijmout účinná opatření na změnu. Norma se zabývá principy řízení dokumentace, lidských zdrojů, infrastruktury, zavádí procesy komunikace s úřady a veřejností, měření výkonnosti procesů a také interní audity za účelem získání zpětné vazby.

Přínos normy pro organizaci

- *Elegantní nástroj na řízení dopadu aktivit firmy na životní prostředí*
- *Vytvoření pověsti prestižního podniku v oblasti ochrany životního prostředí*
- *Snížení budoucích nákladů vyplývajících z plánování výrobní infrastruktury zejména s integrací se systémem řízení kvality*
- *Včasné rozpoznání problémů a zamezení vzniku případných havárií, efektivní řízení rizik*
- *Poskytnutí vyšších záruk plnění právních a jiných požadavků*
- *Úspora energií a materiálových zdrojů*

Dostupné z [16].

Kvalita není tak jednoduchá, aby stačilo na výrobku zkontrolovat pouze jediný parametr. Ale na druhou stranu nelze na žádném výrobku kontrolovat všechno.

V přechozích částech se zabývalo některými způsoby testování a kontrol. Od několikanásobné vizuální kontroly DPS v různých částech procesu. Strojní testování na AOI ve výrobě nebo elektrický či jiný výstupní test ve VTK. Určitě nelze pravidelně kontrolovat

všechny možné parametry výrobku. Na to nejsou peníze ani čas. Z možných měřitelných parametrů se vyberou ty důležité.

Výběr se provede ve dvou fázích:

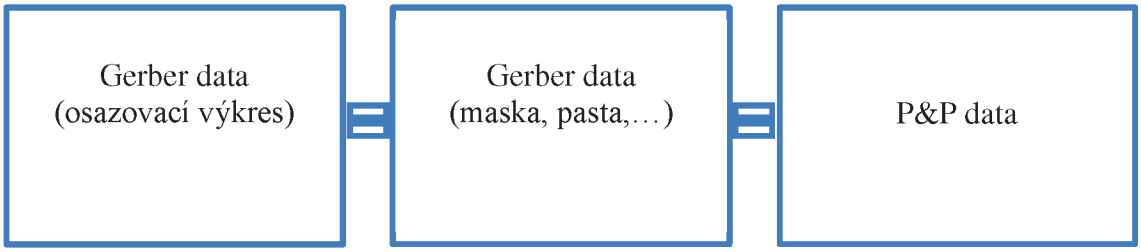
1. fáze kontroluje parametry důležité ze zákona. Výrobek musí splňovat zákon č. 22/1997 Sb. - o technických požadavcích na výrobky a související předpisy. Tento zákon se zabývá technickými předpisy a technickou dokumentací, certifikací, autorizací a mnoho dalšími.[22]

2. fáze kontroluje parametry důležité pro zákazníka. Nejčastěji řeší dodržení zadání, funkčnost výrobku, kvalitu spojů na DPS, čistotu DPS, provedené elektrické a optické kontroly a další.

Pro odhalení chyb a opravu procesu se používají různé nástroje kvality. Každý proces má nastavenou validaci a řešení neshod výrobku proti schválené technické dokumentaci.

Dopad na kvalitu na vstupu procesu (příprava výroby)

Využitím programu VP dochází k větší kontrole vstupních dat.



Obrázek 6.12: Porovnání vstupních dat

Na obrázku 6.11 máme naznačeno, která vstupní data se porovnávají.

Dochází ke kontrole:

- Kontrola všech vstupních dat ve visuálním prostředí.
- Kontrola označení polarity součástek na osazovacím výkrese u součástek (kondenzátory, diody, integrované obvody, konektory, …).
- Kontrola rotací v P&P datech.
- Kontrola pouzder součástek z osazovacího výkresu a plošek pro DPS.
- Kontrola a umístění zaměřovacích bodů.

Všechny tyto kontroly zvětšují požadavky na lidský faktor. Pracovník může všechny vstupní data porovnat dohromady a nemusí je analyzovat jednotlivě. P&P data se musí pečlivě kontrolovat. Hlavním důvodem této pečlivé kontroly je využití pro osazovací automaty, AOI a další stroje. Použitím programu VP máme možnost P&P data podrobit první kontrole ve visuální podobě. Takže chyby nebo nesrovnalosti v těchto datech se můžou odhalit dříve, než se dostanou do výroby. Z pohledu kvality, ekonomického a dalších není

určitě žádoucí odhalovat chyby až na strojích (AOI, osazovací automat,…). Každé zastavení výroby stojí velké peníze, protože čas využití osazovací automatu je nejcennější.

Dopad na kvalitu ve výrobě

Program VP se implementoval ve výrobě na třech pracovištích viz. obrázek 5.4. Pracoviště ručního osazování SMT a THT pracují obdobně a proto posouzení na jejich kvalitu bude hodnoceno dohromady. Odděleně se bude posuzovat vliv u automatického osazování SMT.

Ruční osazování SMT a THT

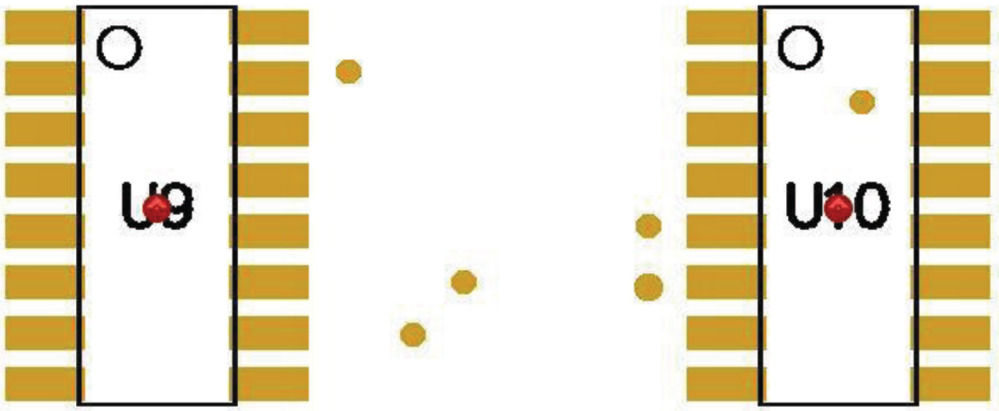
Tady se výrazné zlepšení kvality samotné výroby neočekávalo. Pozitivní vlivem je při použití pedálů (obrázek 6.3b) pro přechod mezi součástkami možnost používat obě ruce pro osazování. Další výhodou je skutečnost, že se obsluha může více soustředit na práci, protože již nedochází k přechodům mezi papírovým výkresem, BOM listem, zásobníkem se součástkami a samotnou DPS.

Automatické osazování SMT

Při kontrole součástek SMT se program VP může velmi efektivně využít. A to hlavně za pomocí kamery, kterou můžeme vidět na obrázku 6.9. Dochází zde k online zobrazení DPS, což umožňuje kontrolu BOM listu s pozicemi na DPS. Kontrolu provádí proškolený pracovník. Pře využíváním programu VP tato kontrola se prováděla přechodem mezi BOM listem, papírovým osazovacím výkresem a samotnou DPS. Při použití VP se výrazně zmenšují nároky na pozornost lidského faktoru. Zamezuje se možnosti chyby, která může snadno nastat nepozorností lidského faktoru při přechodech, které jsou popsány výše. Při základním nastavením programu je krok nastaven ze součástky na součástku. Toto nastavení je z důvodu provedení 100% kontroly. Při předchozím stavu se mohlo stát, že z časových důvodů pracovníci tuto kontrolu prováděli jen u problémových součástek. Jednalo se hlavně o integrované obvody a polaritní součástky.

Dopad kvality ve VTK

Toto oddělení je hlavním nástrojem kvality v popisované struktuře. Použitím programu VP se zjednodušila práce a použití mělo podobné důsledky, které byly popsány v předchozích odstavcích. Zde musí být provedena kontrola opravených součástek z AOI a kontrola polaritních součástek. Na obrázku 6.13 máme zobrazeny součástky v pouzdru SO16. Máme naznačeny světle červenou šipkou polarity a tím se udává i rotace součástky. Šipka v tomto případě směruje k pinu 1.



Obrázek 6.13: Ukázka rotace (polarity) součástek

6.6. Ekonomický pohled na implementaci

Ekonomický pohled na implementaci se provádí z více hledisek. První hlediskem je časová náročnost. V některých oblastech se zrychlila práce. Jakékoliv zrychlení práce zvyšuje kapacitu výroby v tomto případě se zachováním nebo zvýšením kvality. V některých oblastech došlo k zpomalení práce a muselo dojít k navýšení pracovní síly. Museli se vyčíslit vstupní náklady implementace a potom celkové náklady (pracovníci, hardware, software, …).

Tato práce řešila dopad implementace na kvalitu a zlepšení procesu v částech, kde byla implementace provedena. Přesný dopad na zmetkovitost a náklady s ní spojené nebyl řešen, protože tento faktor ovlivňují další faktory nebo procesy. Jako jeden bych jmenoval nastavení parametrů kontroly u AOI a mnoho dalších.

Časová náročnost implementace

Zde se porovná časová náročnost osazování DPS před a po implementaci SW VP. V tabulce 6.1 jsou uvedeny průměrné časy. Jedná se pouze o osazování součástek SMT. Byly vybrány z každé kategorie DPS, která byly vyráběna nejprve bez programu VP (dříve) a pak s použitím programu VP. Pro DPS s počtem součástek 500 a 1000 byl pro ruční osazování proveden odhad, protože se tyto DPS ručně osazují jen z části. Vše ovlivňuje také složitost DPS a použité součástky pro osazování. Velkou roli hraje také rozvržení součástek na DPS a velikost použitých součástek. Programu VP nevadí různá velikost součástek a přesto spolehlivě pracuje. S miniaturizací součástek pro ruční osazování a pro kontroly těchto DPS se prodlužuje čas osazování a kontrol DPS.

Tabulka 6.1: Časový vliv implementace na jednotlivé úseky

	Časová náročnost [min]					
	TPV		Ruční SMT		Automat. SMT	
	před	po	před	po	před	po
počet součástek [ks]						
10	0	<22	7,5	2	3	0,5
50	0	<26	35	9	15	2,5
100	0	<30	60	17	30	5
500	0	<70	300	84	150	25
1000	0	<120	1500	167	750	50

TPV

20 minut je průměrná časová náročnost přípravy dat pro VP. Tato příprava zahrnuje hlavně úpravu Gerber dat. BOM list a P&P data musela být připravována před implementací, a proto se nebude na ně brát zřetel. Kontrola na součástku v programu VP trvá asi 6s. Popis kontrol byl už popsán. Pokud se nenaleznou chyby a nejsou zapotřebí opravy v přípravě dat, tak platí časy uvedené v tabulce 6.1.

Ruční osazení SMT

Implementace programu VP v ručním osazování SMT znamenala výrazné časové úspory. V tabulce 6.1 máme uveden průměrný čistý čas osazování. Příprava programu VP se vyplatí od většího počtu součástek. Hledání součástky na papírovém výkrese trvá 5 – 20s. Pro výpočet se zvolila hodnota 14s. Manipulace a osazení součástky odpovídá cca 10s. Vykreslení výkresu a BOM listu záleží na náročnosti. Ale tento čas u jednoduché DPS s 50 součástkami se pohybuje mezi 15 – 20 min.

Při použití programu VP + příslušenství pro manipulaci a osazení součástky můžeme počítat cca 8s. Zobrazení součástky na monitoru trvá 2s. Příprava není nutná, jelikož program už je připraven z přípravy výroby.

Obě varianty počítají s čistým časem. Tento čas je ve skutečnosti daleko delší, protože se projevuje únava pracovníka. Je potřeba dělat pauzy, kvůli námaze určitých části lidského těla (oči, ruce, záda, krční páteř, …). Z pohledu času se při menším počtu součástek vyplatí používat program VP při osazování. Při větším počtu součástek už stojí zvážit vhodnost jiné technologie (např.: osazovací automat, poloautomat, …).

Automatické osazeni SMT

Časová analýza u automatického osazení součástkami STM jedná o kontrole prototypové DPS. Při klasické 100% kontrole se používá výkresová dokumentace a BOM list. Hledání součástky na papírovém výkrese odpovídá 5 – 20s. Pro výpočet se zvolila hodnota 14s, stejně jako u ručního osazování součástkami SMT. Z tabulky 6.1 je jasné, že při osazování DPS, kde se osazuje 100 a více součástek není možné 100% kontrolovat. Dochází pouze k zběžné kontrole hlavně polaritních součástek.

Během použití programu VP + příslušenství se opět jedná o časovou úsporu. Zobrazení jedné součástky s pomocí kamery na monitoru je cca 2s. Tento interval většinou postačí na kontrolu polarity a popisku součástky a ke kontrole přítomnosti.

Obdobné aplikace a výpočty z programu můžeme využít i pro zhodnocení implementace ve výstupní kontrole. Při výstupní kontrole máme DPS osazeny i součástkami THT, tak program VP výrazně urychluje orientaci na DPS.

Program se dá využít i pro ruční osazení součástkami THT. Zde se zhodnotilo, že se příprava programu vyplatí pouze při náročnějších DPS s větším počtem součástek.

Nároky na pracovní zdroje

Před samotnou implementací musel být program VP testován. Bylo nezbytné, aby se někdo detailně seznámil s funkcemi programu VP. Standartní zaškolení na tento program od výrobce nebylo možné. K dispozici byla pouze uživatelská příručka a aktivně spolupracující pomoc od výrobce programu.

Musela být nainstalována stejná verze SW na všechny PC, kde se využívá. Kvůli ukládání poslední verze použití SW bylo nezbytné na dílenských pracovištích omezit práva pouze pro čtení. Práva pro změnu a zápis jsou pouze na jednom zdrojovém pracovišti.

Bylo nutné seznámit personál se základními funkcemi programu, demonstrovat použití programu a připravit pracoviště. Program se využívá pro tři typy pracovišť: ruční osazování SMT, automatické osazování a další pracoviště, kde nejsou třeba přídavná zařízení (kamera, pedály,...). Program VP se využívá na pracovišti výstupní kontroly a na vstupu při přípravě výroby podle schéma na obrázku 5.1.

Z časových údajů uvedených v tabulce 6.1 je patrné, že muselo dojít k posílení pracovníkem v přípravě výroby, kde díky časové náročnosti vznikl požadavek na tuto kvalifikovanou práci.

Mohlo dojít k uvolnění některých pracovníků z dílny na ručním a automatickém osazování. Na těchto pracovištích došlo k výrazné časové úspoře. Tento problém se vyřešil k využití pracovníků k přípravě následující výroby.

Pravděpodobně k časové úspoře došlo i na výstupní kontrole. Zde se to může těžko zhodnotit, protože odešel jeden pracovník a proběhla změna struktury některých činností ve výstupní kontrole.

Cena implementace

Zde si rozebereme náklady implementace programu VP. Program VP je volně šiřitelný software. Pořizovací náklady za program jsou tedy 0. Náklady na programové vybavení pro přípravu gerber dat nemusíme počítat. Využívají se standartní programy pro přípravu gerber dat v konstrukci, které se využívají pro přípravu DPS a různých přípravků pro výrobu.

Základním vybavením jsou PC, které jsou na všech pracovištích. Proto nebylo nutné dělat investice do výpočetního vybavení.

Speciální náklady na hardwarové zařízení:

HW	1 Ks
Kamera s HD	cca 15 000,-
Pedály	cca 200,-
LCD displej s vyšším rozlišením	cca 5 000,-

Ušetření části činnosti pracovníků na dílně se zvýšila možnost realizovat větší počet zakázek a provádět efektivnější přípravu výroby. Úsporu finanční nebo časovou ovlivňuje mnoho dalších faktorů, a proto by bylo nejlepší posuzovat celkové finanční hledisko implementace v delším časovém intervalu než během pár měsíců.

7. Závěr

První část této práce se zabývá shrnutím problematiky osazováním DPS. Jsou zde uvedeny typy montáží na DPS. Dále se na tomto místě zabýváme běžnými postupy osazování a technologiemi, které se pro jednotlivé metody využívají.

Důležitou součástí tohoto textu je i způsob kontroly a popsání jednotlivých kontrolních mechanizmů při a po osazování DPS. Vybrané mechanismy jsou vysvětleny, aby mohl být zhodnocen přínos programu pro vizualizaci DPS.

Pro následný test byly vybrány tři programy s podobnými funkcemi. Poté došlo k provedení analýzy funkcí jednotlivých programů a popsání vlastností těchto programů. Informace o programech jsou čerpány od výrobců a doplněny o osobní zkušenosti.

Před porovnáním jednotlivých programů jsme si definovali parametry výroby stejně jako její požadavky a možnosti. To představuje důležitý parametr pro výběr vhodného programu. Tento program má mít široké využití pro celý řetěz výroby.

Významnou částí je popsání a porovnání jednotlivých funkcí programů. Shrnuli jsme si funkce a porovnáváme jejich uplatnění v jednotlivých testovaných programech. Žádný z testovaných programů nebyl ve všech sledovaných parametrech vyhodnocen bezchybně. Test významně ovlivnila i délka testování vybraných programů.

Program GTO se testoval měsíc a používal se výhradně pro ruční osazování na jednom pracovišti. Během používání byl zjištěn problém s přechodem mezi součástkami na displeji a ovládáním programu. Celkově můžeme konstatovat, že program je jednoduchý a svými funkce vhodný pouze pro ruční osazování DPS. Použitím programu GTO dochází k zrychlení při osazování složitějších DPS oproti využití pouze papírové technické dokumentace.

Program PP se testoval několik dní. Velmi negativně bylo hodnoceno složitější nastavování a široká možnost funkcí tohoto programu. Funkce softwaru PP je spjata s dalšími softwarem od výrobce tohoto programu. Pořizovací cenu programu můžeme hodnotit jako nevýhodu pro implementaci.

Program VP jsme testovali měsíc s výsledkem velmi pozitivního hodnocení jeho významných možností využití. Není potřeba u něj kupovat žádnou licenci. I přesto však u VP fungují pravidelné aktualizace programu s možností komunikace s vývojáři tohoto softwaru. Lze si i nechat naprogramovat program dle požadavků dané výroby. Po zhodnocení byl tento program vybrán pro zavedení do výroby. Program může najít uplatnění téměř ve všech odděleních výroby firmy, která se zabývá osazováním a výrobou DPS.

Pro výsledky a zhodnocení implementace se musel popsat stav výroby a jednotlivých procesů, kterých se implementace dotýká. Principy použitých technologii a procesů jsou popsány v první teoretické části práce.

V realizaci samotné implementace se řešily hardwarové a softwarové požadavky pro jednotlivé části výroby. Byl nastíněn ideální stav požadavků. V další části jsou řešeny různé specifikace a problémy, se kterými se při přípravě výroby můžeme setkat. Při implementaci programu se zjistilo, že se výrazným způsobem zrychlí proces výroby při ručním osazování. Tato implementace má jasně pozitivní vliv i na kvalitu a rychlost při kontrole u

automatického osazování. Malé urychlení tento program měl i ve výstupní kontrole při dohledávání konkrétní součástky ve výkresu i na DPS. Velký vliv má program pro přípravu dat na začátku procesu. Změnil se úplně způsob fungování procesu a částečně se tento proces prodloužil. Výsledkem bylo větší použití programu VP v přípravě výroby.

Důsledkem používání programu získala příprava dat kontrolní mechanismy a nástroje, kdy se data připravují před osazovacím automatem. Tímto se vyhýbá přípravě dat na osazovacích automatech. V současné době každá firma musí být velmi flexibilní a hlavně při zakázkové výrobě, kde je snaha maximálně uspokojit zákazníka. Mnohdy zákazník není ani autor DPS, ale pouze sprostředkovatel. Pak komunikace s tímto zákazníkem není jednoduchá a dost časově náročná. Proto si firma musí poradit různými prostředky (programy) pro vyřešení nastalých problémů.

Hlavním cílem diplomové práce byla implementace programu. Na základě již výše zmíněného je patrné, že implementace byla úspěšná. Práce může sloužit jako návod na implementaci programu VP do výše definované výroby pro menší a střední firmy.

Literatura

[1] Psota Boleslav, Ing., Szendiuch Ivan, doc. Ing. CSc. Simulace tepelných vlastností pouzder QFN A BGA, Slaboproudý obzor Roč. 70, číslo 1, 2014

[2] VisualPlace [online], [cit. 12. Prosinec 2015]. Dostupné na www: http://www.compuphase.com/visualplace/visualplace_en.htm

[3] ProntoPlace [online], Dostupné na www: http://www.unisoft-cim.com/place_download.htm

[4] GTO [online], Dostupné na www: http://www.fl-eng.com/products/software/gto/

[5] IPC-7354B Dostupné na www: http://www.ipc.org/ContentPage.aspx?pageid=Land-Pattern-Calculator

[6] Bača Petr, Doc. Ing. Ph.D., Starý Jiří, Ing. Ph.D., Kahle Petr, Ing.. Plošné spoje a povrchová montáž, Elektronické skriptum. Brno: FEKT VUT v Brně, 2004.

[7] Výstup z X-Ray [online]. Dostupné na http://www.desmoines-classifieds.com/Polk-County-/Kids-Stuff-/Bedroom-/New-real-time-microfocus-x-ray-machine-pcb-qfp-bga-tube.SHTML

[8] Miroslav Vlk.. *Metody optického testování osazení desek plošných spojů*, Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích - Přírodovědecká fakulta, 2012.

[9] Flying Probe test (FTP) [online], Dostupné na www: http://www.goepel.com/en/jtag-boundary-scan/integration/flying-probe-test.html

[10] Strojní pájení vlnou [online], Dostupné na www:http://www.umel.feec.vutbr.cz/~vasko/multimedialni-ucebnice/pajeni-v-elektrotech…

[11] Juříček Petr, *Pájecí stanice SMD součástky*, Bakalářská práce. Fakulta aplikované informatiky, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007.

[12] Flying Probe test (FTP) – Takaya Tester [online], Dostupné na www: http://www.accelonix.nl/takaya-flying-probe-test

[13] Flying Probe test (FTP) – Takaya Tester [online], Dostupné na http://www.aster-technologies.com/pub/en-TPQR%20for%20TAKAYA-Brochure.pdf

[14] VisualPlace, *User Guide & Reference - Visualize component placement for assembly and maintenance of production files.* Verze 2.0, květen 2015

[15] ISO 9001 [online], Dostupné na www: http://www.iso.cz/iso-9001

[16] ISO 14001 [online], Dostupné na www: http://www.iso.cz/iso-14001

[17] UL [online], Dostupné na www: https://www.festo.com/cms/cs_cz/9809.htm

[18] Nosil Lukáš, *Regulace pece pro pájení SMD,* Bakalářská práce, Univerzita Pardubice, Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2013

[19] Ježek Vladimír, Bc., *Vliv integrálu teploty a času pájení na kvalitu pájeného spoje,* Diplomová práce, Brno: FEKT VUT v Brně, 2015

[20] IPC-7351, Association Connecting Electronics Industries, 2005

[21] EIA-481-D, Electronic Industries Allianc, 2008

[22] Optic, optický mikroskop s usb [online], Dostupné na www: http://www.optic.cz/mikroskop-usb-kamera/

[23] Zákon č. 22/1997 Sb. - o technických požadavcích na výrobky a související předpisy [online], Dostupné na www: https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=44944&nr=22~2F1997&rpp=15#local-content

Seznam zkratek

BOM – rozpiska materiálu
VP – VisualPlace
USD – americký dolar
DPS – deska plošných spojů
PP – ProntoPlace
THT - Through Hole Tegchnology
SMT - Surface Mount Technology
AOI – automatická optická inspekce
P&P – Pick and place
FTP - Flying Probe test
SW - Software
HW - Hardware