

PSI2613

PROJETO DE CIRCUITOS HÍBRIDOS E MÓDULOS ELETRÔNICOS

PROF. A.C. SEABRA

DEPTO. ENG. SISTEMAS ELETRÔNICOS

PSI/EPUSP

PSI2613 — PROJETO DE CIRCUITOS E MÓDULOS ELETRÔNICOS

AULA 04:

1. A Tecnologia de Montagem em Superfície (SMT)
2. Componentes SMD
3. Soldagem em SMD
4. Montagem de Placas SMD
5. Produtividade em Montagens SMT
6. Fabricação de Placas de Circuito Impresso

PSI2613 — PROJETO DE CIRCUITOS E MÓDULOS ELETRÔNICOS

AULA 04:

1. A Tecnologia de Montagem em Superfície (SMT)
2. Componentes SMD
3. Soldagem em SMD
4. Montagem de Placas SMD
5. Produtividade em Montagens SMT
6. Fabricação de Placas de Circuito Impresso

PSI2613 A04-3

SMT (SURFACE MOUNTED TECHNOLOGY)

VANTAGENS

- Aumento da Automação na Montagem de Circuitos Eletrônicos
- Diminuição de ruídos, menores tempos de retardo e maior resposta em frequência
- Menor interferência eletromagnética
- Redução de área do C. Impresso em 50% comparado com um PCB típico
- Redução do N° de camadas em 40%
- redução de custo em 50%
- Melhoria nas características mecânicas
- Maior velocidade de colocação dos SMD
- Aumento de "Yield"



Linha de Produção de circuitos usando SMT

PSI2613 A04-4

PSI2613 — PROJETO DE CIRCUITOS E MÓDULOS ELETRÔNICOS

AULA 04:

1. A Tecnologia de Montagem em Superfície (SMT)
2. Componentes SMD
3. Soldagem em SMD
4. Montagem de Placas SMD
5. Produtividade em Montagens SMT
6. Fabricação de Placas de Circuito Impresso

PSI2613 A04-5

EVOLUÇÃO DOS COMPONENTES SMD

Componentes Passivos

- Diminuição de L: 3,1 mm para 0,2 mm
- Diminuição de W: 1.6 mm para 0,1 mm

20 years ago

Component with leads
6x2 mm R 6x2

10 years ago

Chip component
2.0x1.25 mm R 005

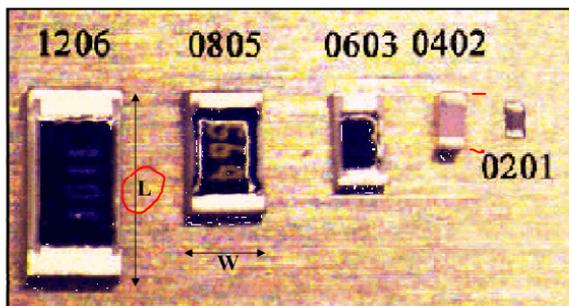
Today

Chip component
1.0x0.5 mm R 0402

TABLE 1

Typical SMD Sizes (mm)

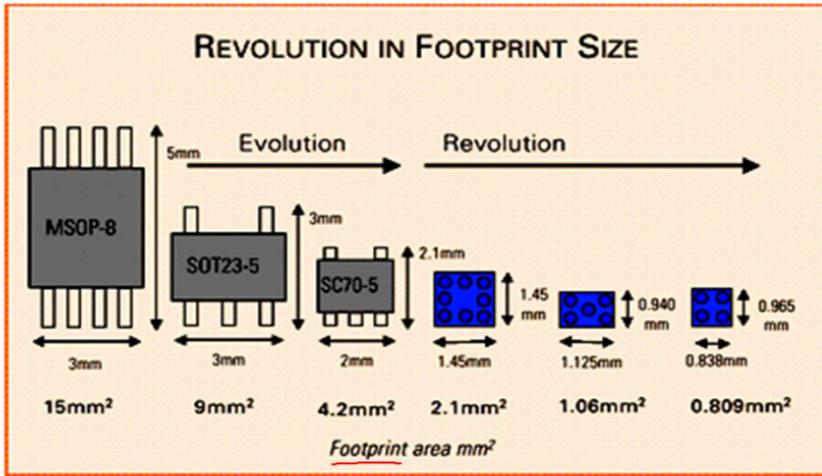
Type	Length	Width
1206	3.0	1.50
0805	2.0	1.25
0603	1.5	0.75
0402	1.0	0.5



PSI2613 A04-6

EVOLUÇÃO DOS SMD'S ATIVOS

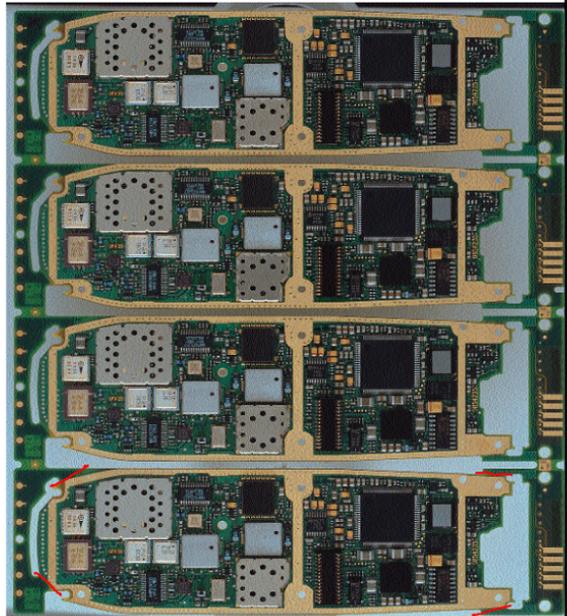
- Componentes ativos:
 - Diminuição de 15 mm^2 para $0,809 \text{ mm}^2$



PSI2613 A04-7

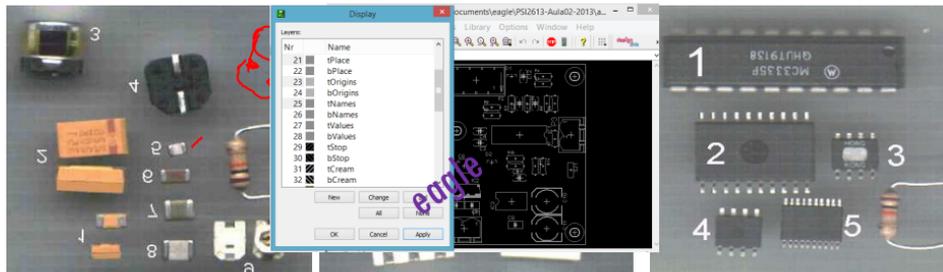
COMPONENTES SMD

- Componentes Básicos
- Encapsulamentos típicos
- Geometria ou pegada "Foot Print" dos SMD
- Encapsulamentos SMD



PSI2613 A04-8

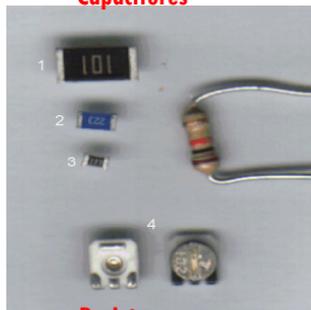
COMPONENTES SMD



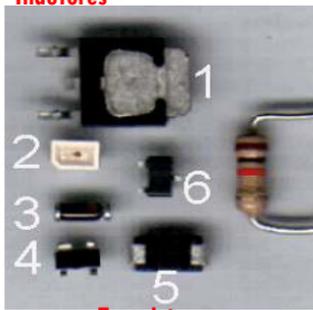
Capacitores

Indutores

Circuitos Integrados



Resistores



Transistores



Indutores

PSI2613 A04-9

PEGADA DE COMPONENTES SMD DE DOIS TERMINAIS

FOOTPRINT DEFINITION

RESISTORES SMD



CAPACITORES SMD

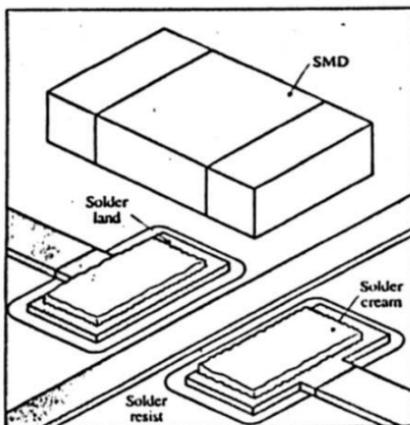
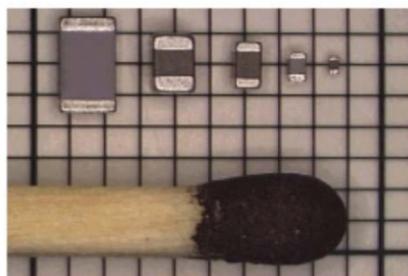


Fig. 4 Component lead, solder land, solder resist and solder cream 'footprint'.

PSI2613 A04-10

PEGADA DE COMPONENTES SMD DE DOIS TERMINAIS

FOOTPRINT DEFINITION

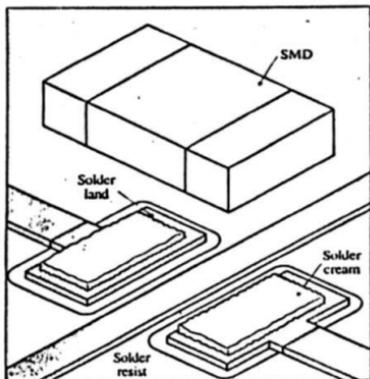
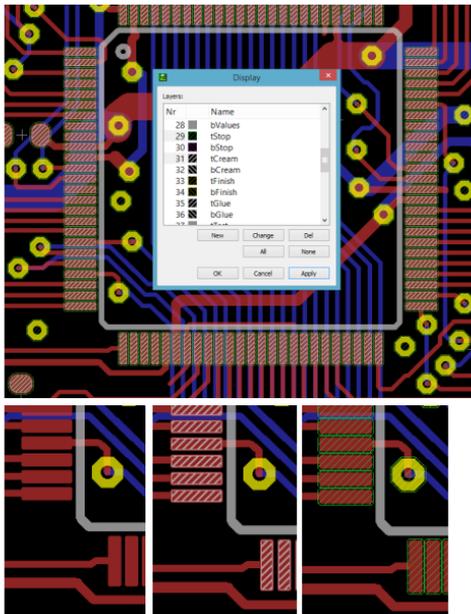


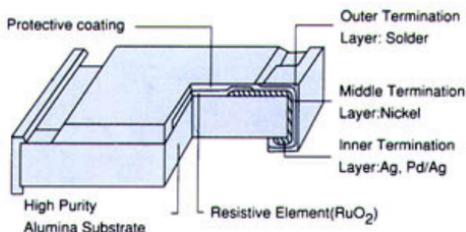
Fig. 4
Component lead, solder land, solder resist and solder cream 'footprint'.



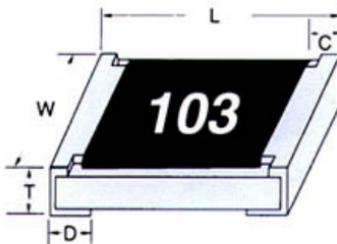
PSI2613 A04-11

GEOMETRIA DE RESISTORES SMD

Configuração



Dimensões

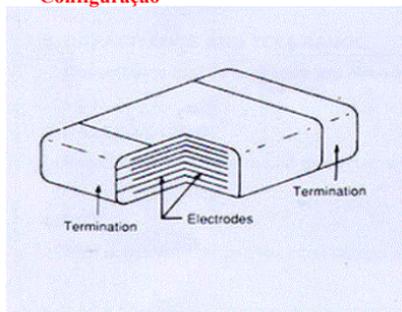


unit : mm

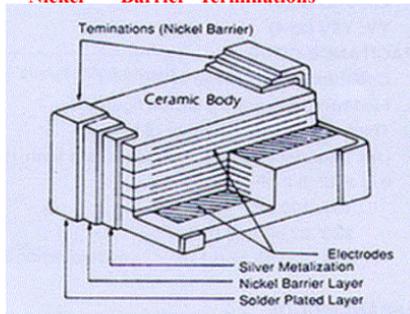
Size	Dimension				
	L	W	C	D	T
0402	1.00 ± 0.05	0.50 ± 0.05	0.20 ± 0.10	0.25 ± 0.05	0.35 ± 0.05
0603	1.60 ± 0.15	0.80 ± 0.15	0.30 ± 0.15	0.20 ± 0.15	0.45 ± 0.10
0805	2.00 ± 0.15	1.25 ± 0.15	0.40 ± 0.20	0.30 ± 0.15	0.50 ± 0.10
1206	3.10 ± 0.15	1.60 ± 0.15	0.50 ± 0.20	0.40 ± 0.15	0.60 ± 0.10

PSI2613 A04-12

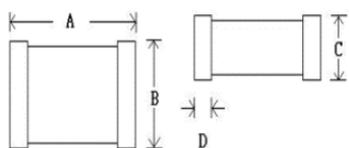
Configuração



Nickel Barrier Terminations



Unidade: mm

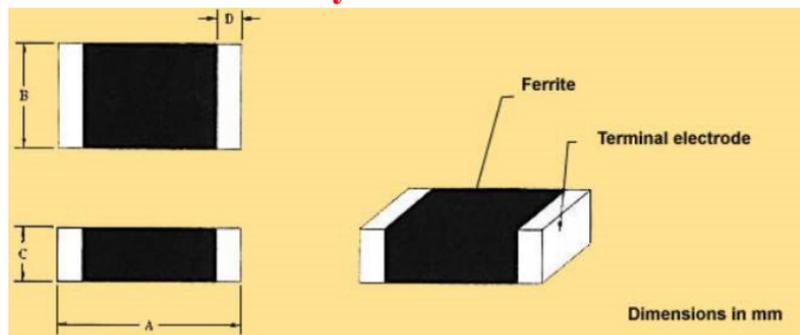


Size	A	B	C	D
0402	1.00 ± 0.05	0.50 ± 0.05	0.50 ± 0.05	0.10 ± 0.05
0603	1.60 ± 0.10	0.80 ± 0.10	0.80 ± 0.10	0.30 ± 0.10
0805	2.00 ± 0.20	1.25 ± 0.20	1.25 ± 0.15	0.50 ± 0.25
1206	3.20 ± 0.30	1.60 ± 0.20	1.25 ± 0.15	0.50 ± 0.25

PSI2613 A04-13

INDUTOR DE FERRITE MULTICAMADA

Multilayer Ferrite Inductor



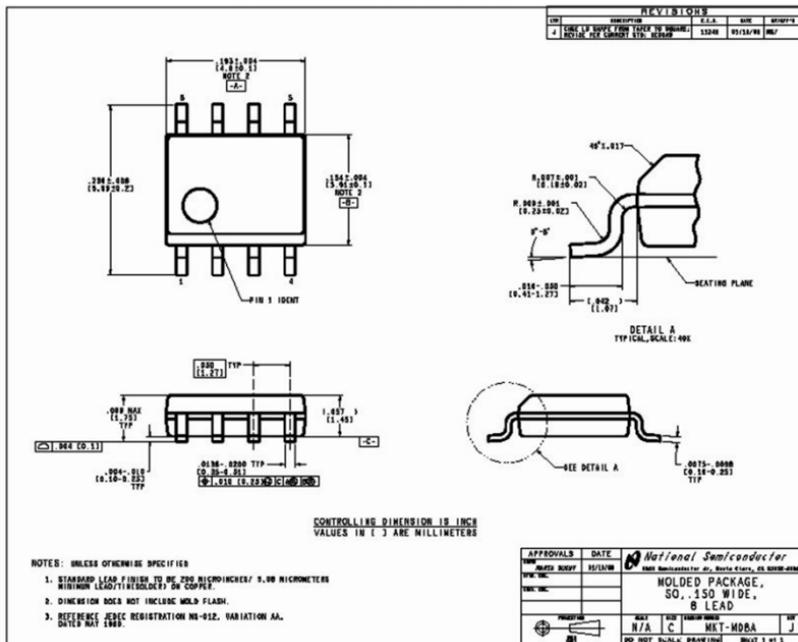
Dimensions in mm

Size

A	B	C	D
1.6 ± 0.15 mm	0.8 ± 0.15 mm	0.8 ± 0.15 mm	0.3 ± 0.2 mm
0.063 ± 0.006 inch	0.031 ± 0.006 inch	0.031 ± 0.006 inch	0.012 ± 0.008 inch

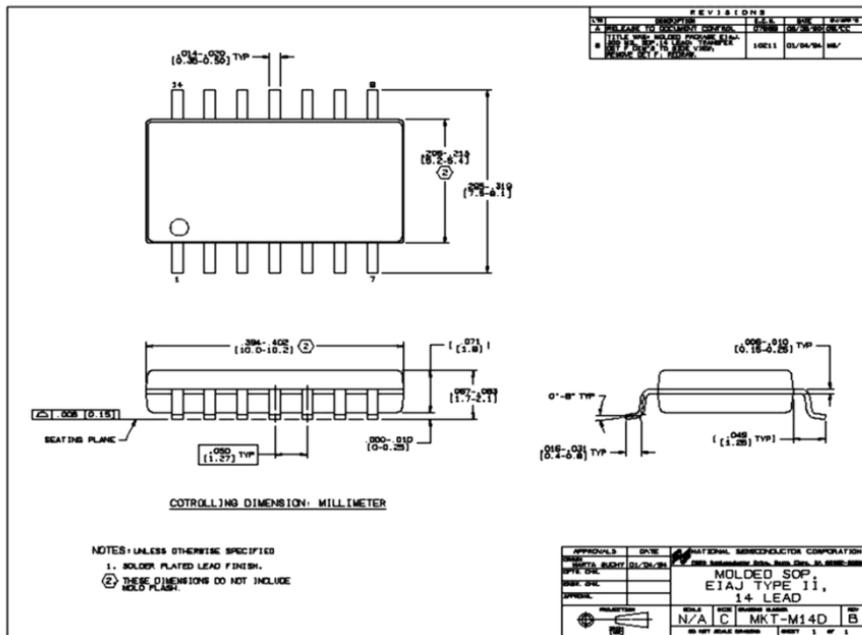
PSI2613 A04-14

GEOMETRIA DO SOP-8



PSI2613 A04-15

GEOMETRIA DO SOP-14



PSI2613 A04-16

Soldagem pode ser definida como a junção de dois metais por aquecimento dos materiais de solda acima de seu ponto de fusão, mas abaixo dos pontos de fusão dos materiais que serão ligados. A junção é formada de duas maneiras:

- Pela formação de compostos intermetálicos, que é um processo químico irreversível;
- Por difusão ou absorção, que é um processo físico.

A consistência do processo depende de como se controla a aplicação e calor e a variação deste ao longo da placa e de placa para placa.

Esta operação controlada chama-se de perfil de soldagem. O método de aquecimento não é tão crítico quanto a habilidade de controlar o perfil de uma forma repetitiva.

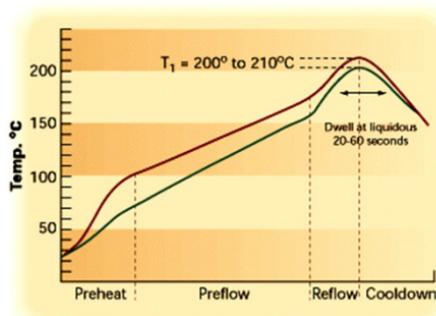


Figure 3. The ramp reflow profile.

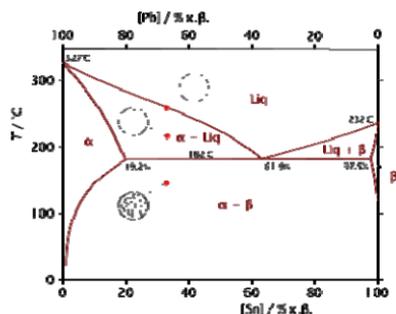
PSI2613 A04-19

O PROCESSO DE SOLDAGEM

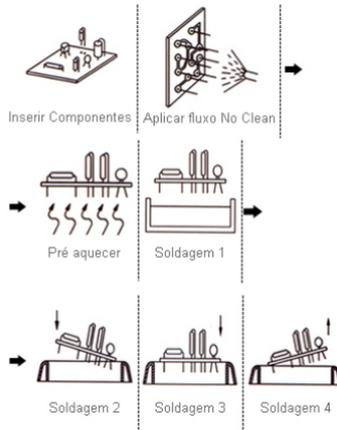


SOLDA 60Sn/40Pb FIO DE 1mm
Temperatura de fusão: 188 °C

• Solda Eutética



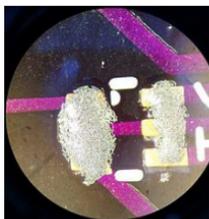
PROCESSO DE SOLDAGEM



PSI2613 A04-2

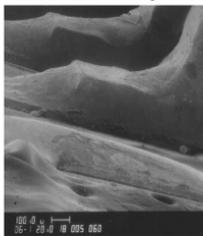


Pasta de Solda
(solder paste ou solder cream)



- O processo envolve o aquecimento dos terminais, ilhas e pasta acima do ponto de fusão:
 - da liga utilizada na solda dos terminais
 - da pasta utilizada
- de forma a se refundir em um filete homogêneo

Solder Joints on a SO-14 Package on PCB



Solder Joints on a SO-14 Package on PCB



- Como mencionado anteriormente a consistência do processo depende de como se controla a aplicação e calor e da variação deste ao longo da placa e de placa para placa. O método de aquecimento não é tão crítico quanto a habilidade de controlar o perfil de soldagem de uma forma repetitiva

PSI2613 A04-21

PASTA DE SOLDA PARA SMT

- A pasta de solda é uma mistura partículas metálicas esféricas de ligas de solda encapsuladas com fundente usadas no processo de solda por refusão
- Na formulação das pastas de solda especificam-se características como:
 - Tempo de aderência "Tackiness",
 - Vida do "Stencil",
 - Reologia (Características de fluxo da pasta).
- Em produção a pasta de solda envelhece e suas características mudam, portanto uma manipulação adequada permite:
 - Preservar as características originais durante um tempo maior,
 - Evitar desperdício de pasta,
 - Aumentar o "Yield" do processo,
 - Diminuir a taxa de defeitos do processo.



PSI2613 A04-22

CAMADAS INTERMETÁLICAS NA SOLDA

- Quando p. Ex. uma liga 63Sn/37Pb é soldada com cobre, duas camadas intermetálicas (IL) "Intermetallic Layers" são formadas. No lado do cobre Cu_3Sn e no lado da solda uma camada irregular de Cu_6Sn_5 .
- A espessura total destas camadas é de 0.5-0.7 μm . Estes compostos formam grãos cristalinos e sua estrutura é determinada pela tempo e temperatura da interação térmica.
 - Pequenos tempos de reação formam grãos finos que promovem boa soldabilidade e resistência mecânica da junta.
 - Tempos longos de reação formam grãos grossos que geram camadas (IL) espessas e promovem má soldabilidade e resistência mecânica da junta, deixando a solda dura e quebradiça.

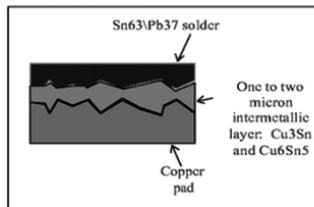


Figure 1-1. The intermetallic layer at the boundary of the solder and copper surfaces.

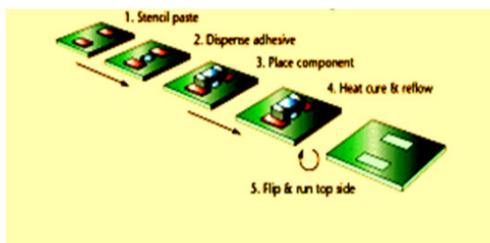
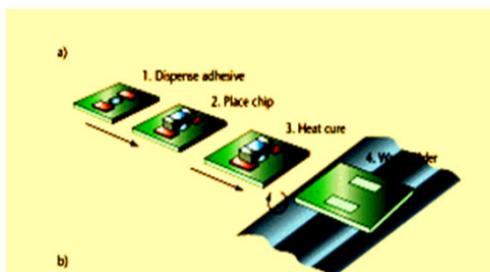
Table 3 Common intermetallic compounds of tin or lead and common solder impurity elements

Impurity element	Typical intermetallic compounds with tin or lead
Aluminum (Al)	None
Antimony (Sb)	SbSn
Bismuth (Bi)	BiPb, BiSn
Cadmium (Cd)	None
Copper (Cu)	Cu_3Sn , Cu_6Sn_5
Gold (Au)	$AuSn_4$, $AuSn_2$, $AuSn$, Au_2Pb
Iron (Fe)	FeSn, FeSn ₂
Lead (Pb)	None
Nickel (Ni)	Ni_3Sn_2 , Ni_3Sn_4 , Ni_3Sn , $NiSn_3$
Silver (Ag)	Ag_3Sn
Tin (Sn)	None
Zinc (Zn)	None

PSI2613 A04-23

PROCESSO DE REFUSÃO

- O processo de refusão de solda possui três fases principais:
 - Pré-aquecimento,
 - Refusão,
 - Resfriamento.
- Ou, mais detalhadamente temos cinco eventos:
 1. Evaporação do solvente da solda,
 2. Ativação do fundente da solda,
 3. Pré - aquecimento de substrato e componentes,
 4. As partículas de soldas derretem e a junta de solda se forma
 5. Resfriamento de substrato e componentes.



PSI2613 A04-24

• Fase de Pré-aquecimento

▪ Esta é uma fase preparatória, todas as ações que levam a uma solda adequada são tomadas nesta fase. Nesta fase ocorre a evaporação do solvente, a ativação do fundente e o substrato e componentes são aquecidos gradualmente.

• Fase de Refusão

▪ Nesta fase o substrato, componentes e partículas de solda atingem a temperatura de soldagem e como resultado a junta de solda é formada.

• Fase de Resfriamento

▪ Nesta fase controla-se o tempo de residência e resfria-se gradativamente o substrato até chegar em temperatura ambiente.

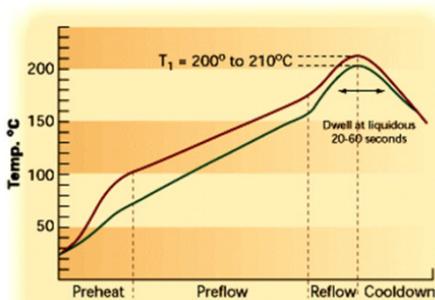


Figure 3. The ramp reflow profile.

PSI2613 A04-25

• Para a soldagem de placas confeccionadas na tecnologia SMT, existem diversos métodos de soldagem disponíveis, a saber:

- Refusão por Infravermelho (IR - Reflow Soldering Ovens)
- Soldagem por convecção forçada (Forced Convection Soldering Ovens)
- Soldagem por Fase Vapor (Vapour Phase Soldering)
- Soldagem por Onda (Wave Soldering)

PSI2613 A04-26

REFUSÃO POR INFRA-VERMELHO (IR)

- A técnica de refusão usando IR utiliza radiação Infra vermelha para aquecer as placas de PCB. As diversas superfícies dos componentes absorvem (IR) com diferentes intensidades (Seletividade de Cor), assim os componentes são aquecidos a temperaturas diferentes. Diferenças de T de até 50K são normais e não podem ser evitadas.
- Como consequência destas diferenças, perfis de temperatura específicos devem ser gerados para cada placa de PCB. Devido a esta desvantagem os fornos tipo (IR) são adequados para placas com baixa complexidade.
- Como vantagens podemos citar: alta produtividade, possibilidade de selecionar o perfil de temperatura e geração de zonas de aquecimento ajustadas à placa de PCB.

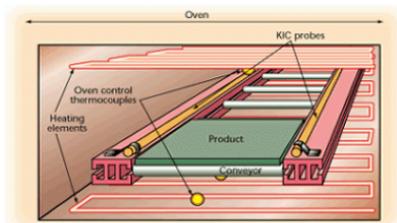
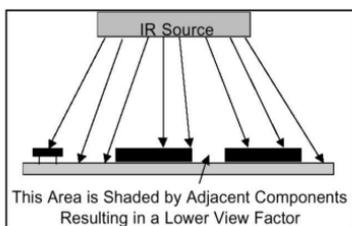


Figure 7. Placement of thermal manager probes in oven. Readings may be taken as often as every five seconds.

PSI2613 A04-27

SOLDA POR CONVECÇÃO FORÇADA

- Os fornos de convecção forçada são uma evolução dos fornos de (IR) e são o padrão industrial para refusão em SMT.
- Ar ou um gás quente é circulado por ventiladores potentes em zonas térmicas separadas e guiados por um sistema de bicos sobre a placa.
- O gás garante que todos os elementos são aquecidos uniformemente, inclusive nas zonas de sombra p. ex.(embaixo de BGA's).
- Selecionando a temperatura nas diversas zonas a velocidade de aquecimento pode ser ajustada perfeitamente, de acordo com os requisitos da pasta de solda e da placa de PCB.

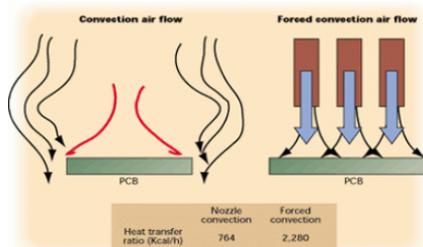
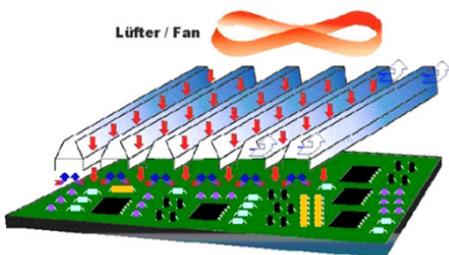


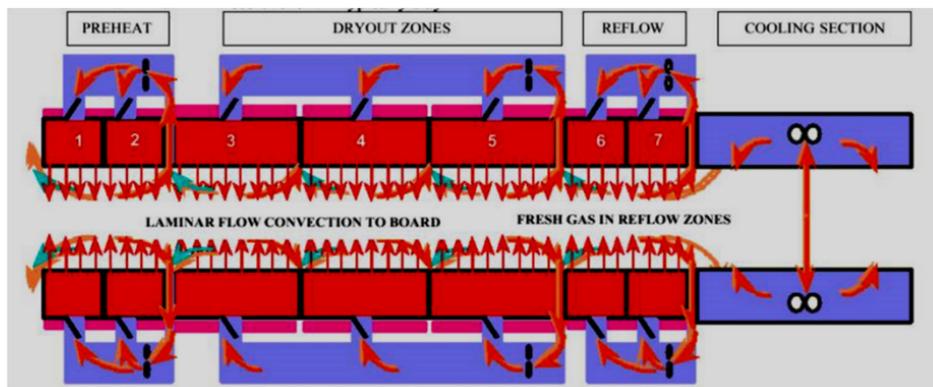
Figure 4. How nozzle convection action compares to that of forced convection. The latter is seen as a more efficient method of heat transfer.



PSI2613 A04-28

CARACTERÍSTICAS DA SOLDAGEM POR CONVECÇÃO

- Maior energia transferida ao produto
- Efeito de sombra mínimo
- Temperaturas dos elementos de aquecimento menores.
- SetPoint = temperatura da placa
- Tempo de residência de componentes pequenos sem sobre aquecimento
- Menor ΔT entre componentes menores e maiores



PSI2613 A04-29

REFUSÃO EM FASE DE VAPOR (VAPOUR PHASE SOLDERING)

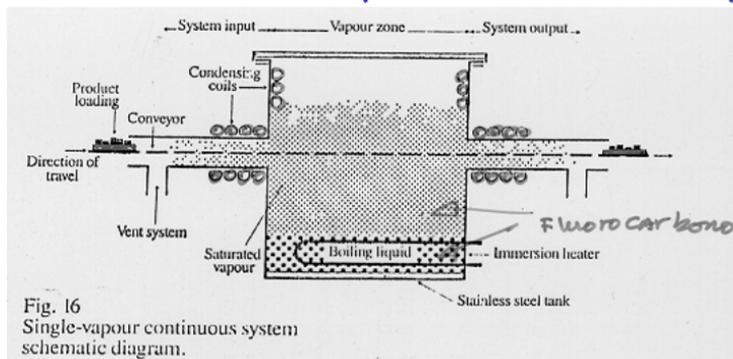


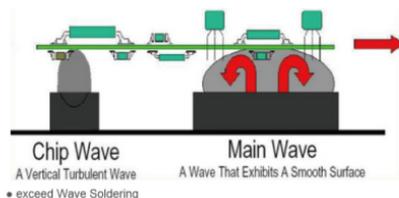
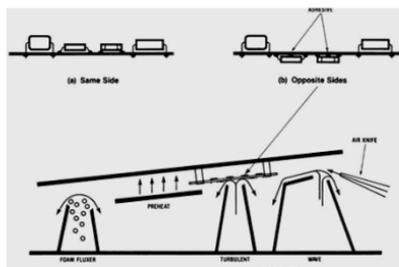
Fig. 16
Single-vapour continuous system
schematic diagram.

- Quando se realiza refusão de solda por fase vapor as placas de PCB são inseridas em um ambiente com vapor saturado onde o ponto de vaporização do material na fase de vapor encontra-se entre 215 °C e 220 °C.
- A placa é imersa no vapor para atingir a temperatura de refusão. Para auxiliar nesse processo, o material em fase de vapor se condensa na superfície da placa, transferindo calor direta e rapidamente, resultando num aquecimento da placa até atingir o ponto de refusão.

- A vantagem deste processo é que a máxima temperatura da placa é limitada pelo ponto de vaporização do líquido, evitando-se sobreaquecimento de componentes. Adicionalmente exclui-se o ar da região da solda.
- As desvantagens são os resíduos de condensação sobre a placa, custos elevados do processo e líquidos usados não ecológicos.

PSI2613 A04-30

- A placa entra em uma máquina de solda por onda com um ângulo de contato e uma certa velocidade, passando inicialmente por uma região de aplicação de fundente por onda, espuma ou spray.
- Os fundentes devem atingir uma temperatura de ativação que deve ser mantida para garantir uma boa limpeza das superfícies e consequentemente uma boa solda
- Em seguida a placa entra em uma região de pré-aquecimento por convecção forçada de ar antes de entrar no banho de solda
- Depois a placa é soldada por uma onda simples ou dupla
- Com o objetivo de evitar curtos circuitos de solda algumas máquinas de solda por onda utilizam a faca de ar quente a qual é aplicada logo após a passagem pela onda.
- O processo de Wave Soldering é mais adequado quando se utilizam componentes PTH ou PTH + SMD.
- Por essa razão a Refusão por Convecção Forçada é mais utilizada



• exceed Wave Soldering

PSI2613 A04-31

TÉCNICAS DE LIMPEZA EM SMT

A limpeza de um Placa PCB em SMT é realizada em três etapas:

- **Penetração**
 - O solvente usado deve penetrar em espaços capilares, devido a sua baixa tensão superficial e viscosidade com a ajuda de agitação, spray ou ultra-som
- **Dissolução**
 - O solvente tendo entrado nos espaços capilares começa o processo de dissolução de resíduos, que é auxiliado por um aumento de temperatura com a ajuda de agitação, spray ou ultra-som
- **Remoção**
 - Nesta fase o solvente é retirado junto com os resíduos dissolvidos.

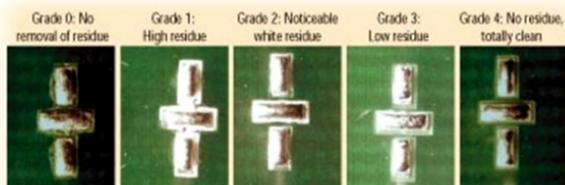


Figure 2. Grading scale of residues in the study: 0 (no cleaning) to 4 (completely cleaned).

PSI2613 A04-32

• Nos Componentes usados	•Geometria de Chip Carrier •Distância entre substrato e componente
• No PCB e “Layout”	•“Layout” usado •Máscaras de solda inadequadas •Furos passante no PCB
• Tipo de Fundente usado	•Tipo de ativação no Fundente •Porcentagem de sólidos no Fundente
• Tempo após Refusão de solda	•Tempo após Refusão promove solidificação do Fundente •Após solidificação somente métodos mecânicos de limpeza
• Processo de Refusão	•Tempo de pré-aquecimento •Temperatura de Refusão pode deteriorar o Fundente

PSI2613 A04-33

• Compostos Orgânicos	Fundentes, máscara de solda, fitas, marcas de dedos, etc.
• Compostos Inorgânicos Insolúveis	Fotorresistes, processamento do PCB, resíduo de fundentes
• Compostos Organo Metálicos	Resíduo de fundentes, resíduos brancos
• Compostos Inorgânicos Solúveis	Resíduos de fundentes, resíduos brancos, ácidos, água
• Particulados	Debrís, poeira.

PSI2613 A04-34

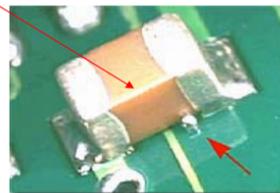
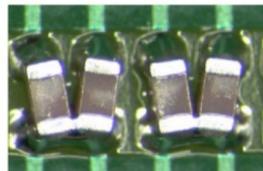
• Falhas na Solda	(Veja nos próximos slides)
• Falhas dos dispositivos SMD	Contaminação, umidade, corrosão, soldabilidade de terminais, terminais danificados, ruptura mecânica, dielétrico furado, etc
• Falhas nos PCB's	Curto circuitos, condutores quebrados ou abertos, falhas nas ilhas de soldagem, problemas nos dispositivos multicamadas, etc
• Falhas na Montagem	Soldas inadequadas, desalinhamento de componentes, falta de componentes, mal posicionamento de componentes, etc.
• Falhas Funcionais	Todas as falhas anteriores contribuem para a ocorrência de falhas funcionais.

PSI2613 A04-35

DEFEITOS DE SOLDAGEM EM SMT

- Os principais defeitos da soldagem em SMT são:

- Pontes de Solda
- “Tombstone”
- Bolas de Solda
- Resíduos de Solda
- Contaminação com adesivo
- Buracos vazios na solda
- Falta de solda



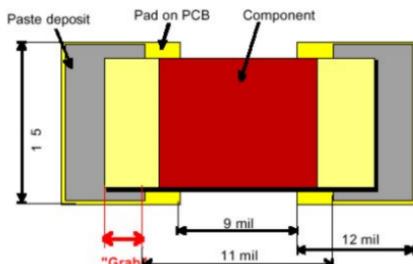
PSI2613 A04-36

Solder Bridges

Occurs From Touching Solder Paste Deposits After Printing & Placement

Influenced By:

- Pad Spacing
- Printing & Placement Accuracy
- Placement Pressure

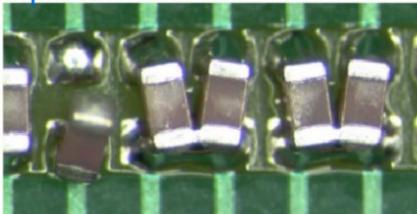


PSI2613 A04-37

antes da refusão



depois da refusão



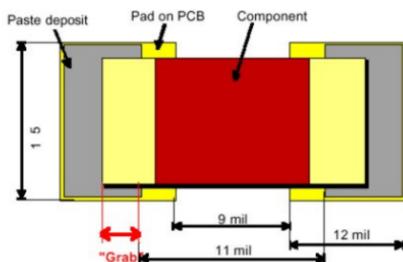
TOMBSTONE (LÁPIDE)

Tombstones

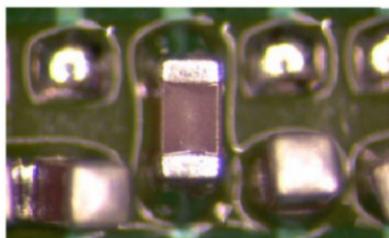
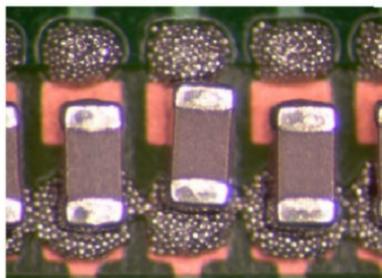
- No Overlap Between Paste Deposit & Component Causes Tombstoning

Influenced By:

- Pad & Stencil Design
- Placement & Printing Accuracy
- Reflow

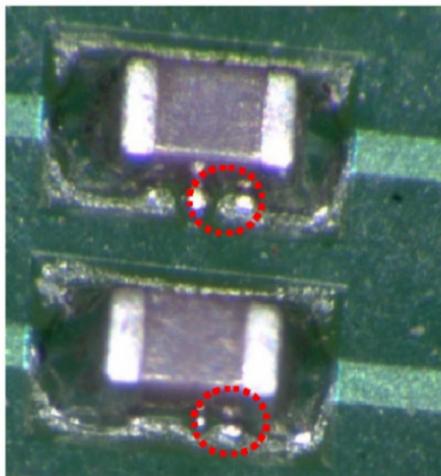
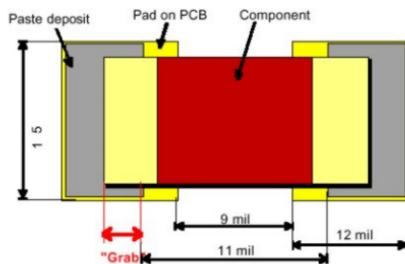


PSI2613 A04-38



Solder Balling

- Formed From Alloy Separation During Reflow Under Component
- Influenced By:
 - Pad & Stencil Design
 - Placement & Printing Accuracy



PSI2613 A04-39

PSI2613 — PROJETO DE CIRCUITOS E MÓDULOS ELETRÔNICOS

AULA 04:

1. A Tecnologia de Montagem em Superfície (SMT)
2. Componentes SMD
3. Soldagem em SMD
- 4. Montagem de Placas SMD**
5. Produtividade em Montagens SMT
6. Fabricação de Placas de Circuito Impresso

PSI2613 A04-40

TIPOS DE MONTAGEM DE PLACAS COM COMPONENTES SMD

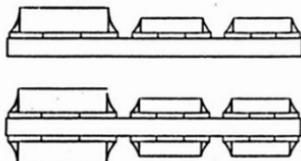


Fig. 1 (a)
Type I - total surface mount (all-SMD)
substrates.

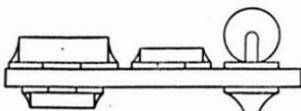


Fig. 1 (b)
Type IIA - mixed print (double-sided)
substrate.

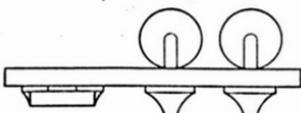
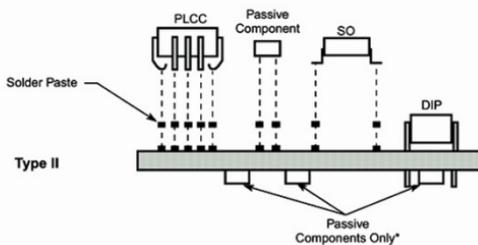
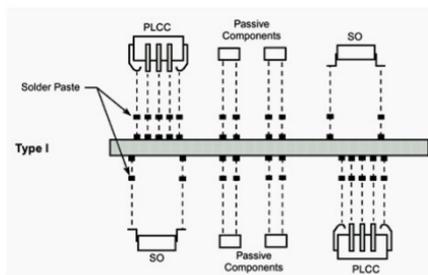


Fig. 1 (c)
Type IIB - mixed print (underside
attachment) substrate.



PSI2613 A04-41

MONTAGEM SMD TIPO I

• Método de montagem para circuitos tipo I

- A. Prepara-se o substrato
- B. Aplica-se a pasta de solda
- C. Colocam-se os componentes SMD
- D. Secagem da pasta de solda
- E. Refusão da pasta de solda
- F. Limpeza se necessário

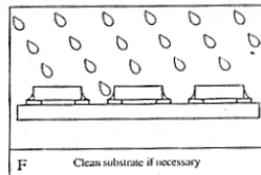
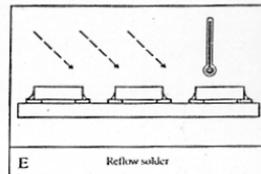
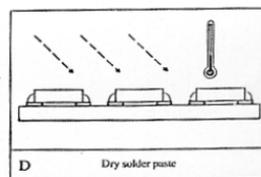
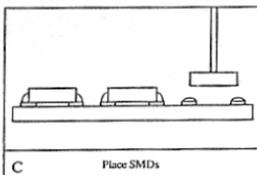
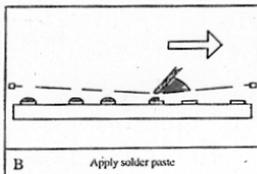
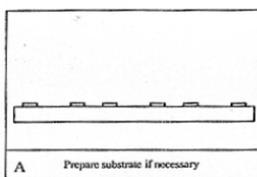


Fig. 4
Reflow soldering of single- and double-
sided total SMD (type I) substrates.

PSI2613 A04-42

MONTAGEM SMD TIPO II-A

• Montagem de circuitos tipo IIA

- A. Prepara substrato
- B. Deposita-se a pasta de solda
- C. Coloca-se o componente SMD
- D. Secagem de pasta de solda
- E. Refusão de solda
- F. Inserção de componentes de furo passante
- G. Acondicionamento de componentes de furo passante
- H. Inversão de substrato

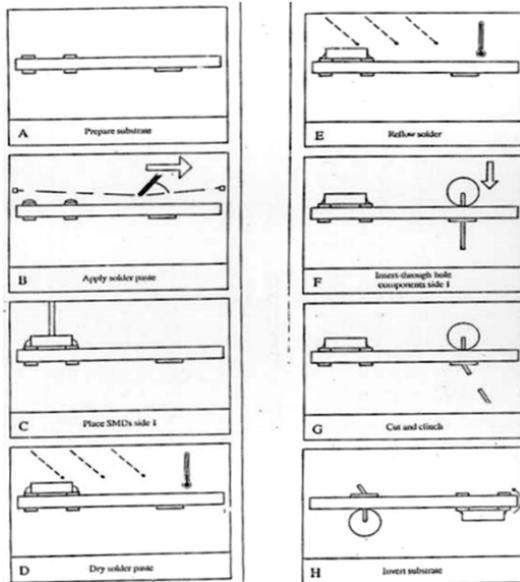
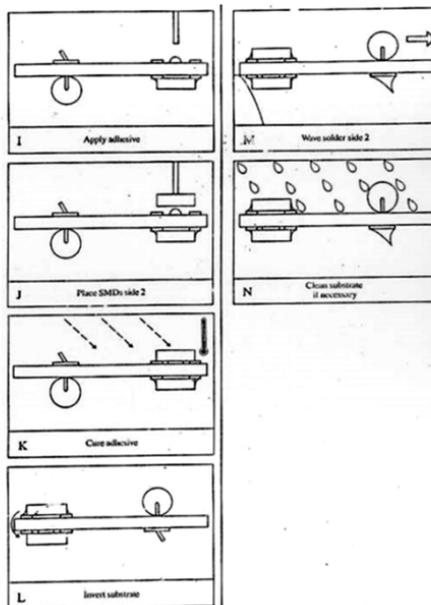


Fig. 5 Sequential reflow/wave soldering of mixed print (type IIA) substrates.

PSI2613 A04-43

MONTAGEM SMD TIPO II-A (CONT.)

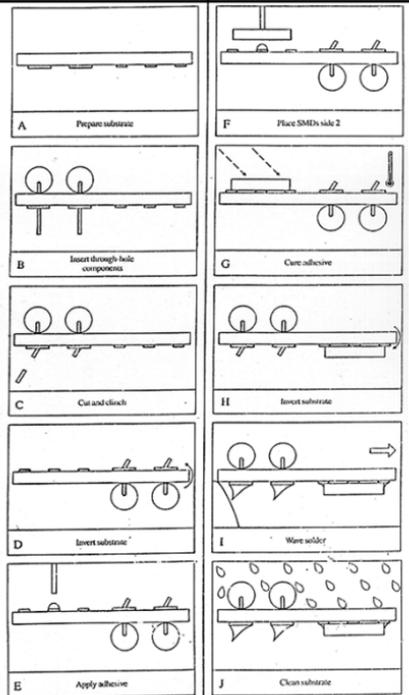
- I. Aplica-se adesivo ao substrato
- J. Coloca-se componente SMD no lado 2
- K. Cura-se adesivo
- L. Inverte-se substrato
- M. Realiza-se solda de onda
- N. Limpa-se o substrato se necessário



PSI2613 A04-44

MONTAGEM SMD TIPO II-B

- A. Prepara o substrato
- B. Inserção de componentes de furo passante
- C. Condicionamento do componente
- D. Inverte-se o substrato
- E. Aplica-se adesivo no substrato
- F. Coloca-se componente SMD
- G. Cura-se adesivo
- H. Inverte-se o substrato
- I. Realiza-se solda tipo onda
- J. Limpa-se o substrato



PSI2613 A04-45

Fig. 6 Wave soldering of underside attachment mixed mount (type II-B) substrates.



APLICAÇÃO DE ADESIVOS E CURA



- Os componentes SMD devem ser colados com adesivos (SMA) "Surface Mounted Adhesives" para evitar sua movimentação durante as operações de solda por onda e por refusão.

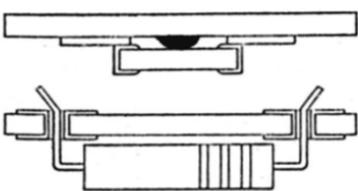
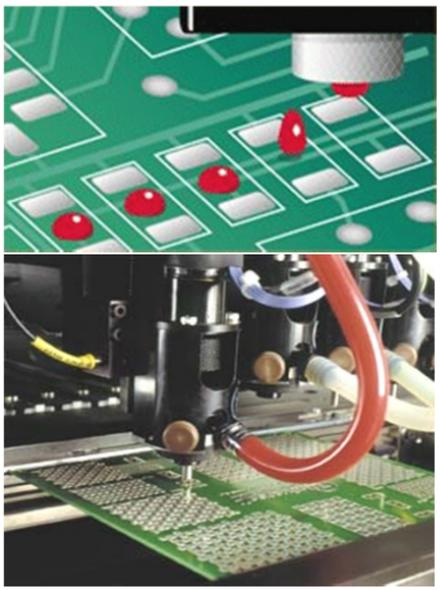


Fig. 1 SMDs - unlike through-hole components - have no convenient means of holding them in place prior to wave soldering.



PSI2613 A04-46

- Os adesivos são formulados para ter os seguintes atributos:

- Perfil e tamanho de ponto consistentes
- Alta resistência (molhado e curado)
- Boa flexibilidade e resistência a choques térmicos
- Boa aplicabilidade, os Epoxies permitem alta velocidade de aplicação
- Excelentes características elétricas após cura
- Como os epoxies são sensíveis ao calor eles devem permanecer refrigerados a [5°C] para manter suas especificações.
- Para permitir a utilização de equipamento automático de inspeção e melhorar o contraste as cores típicas usadas nos epoxies de adesivo são (vermelho e amarelo)
- Tipicamente a cura destes adesivos ocorre num forno de IR a temperatura de 110° a 160°C

Table 1. Advantages and disadvantages of various adhesive types

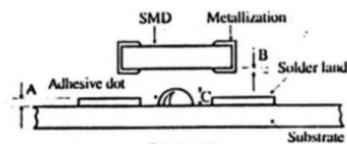
Adhesive	Advantages	Disadvantages
Epoxy (one- and two-part systems)	<ul style="list-style-type: none"> – Proven history in electronics – High temperature use – Excellent solvent resistance – Excellent moisture resistance – Good void filling characteristics – UV cure systems available 	<ul style="list-style-type: none"> – Limited shelf-life – Longer cure time (one-part) – Higher cure temperature (one-part) – Complex application system (two-part) – Single application method (two-part) – Refrigerated storage (one-part)
Cyanoacrylate	<ul style="list-style-type: none"> – Very fast bonding – One-part system – Long shelf-life – Room temperature storage 	<ul style="list-style-type: none"> – Single application method – Hazardous application – Bad void filling – Fair moisture resistance
Acrylic	<ul style="list-style-type: none"> – Moderate cure time – Good moisture resistance – Good solvent resistance 	<ul style="list-style-type: none"> – Complex application system
Anaerobic	<ul style="list-style-type: none"> – One-part system – Unlimited shelf-life – Simple, inexpensive cure – High temperature resistance – UV cure systems available – Room temperature storage – Good solvent resistance 	<ul style="list-style-type: none"> – Incompleteness of cure – Chemical activity – Low bond strength

PSI2613 A04-47

CRITÉRIOS PARA DEFINIÇÃO DE PONTO DE ADESIVO

- Existem critérios para definição de tamanho de ponto de adesivo como:

- Se existe ou não o “Dummy track”
- Se a solda é do tipo onda ou pasta
- Tipo de componente a ser colado



A = Substrate metallization height
B = SMD metallization height
C = Height of adhesive dot

Fig. 9

Adhesive dot height criteria.

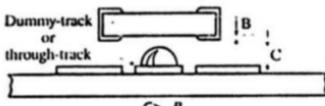
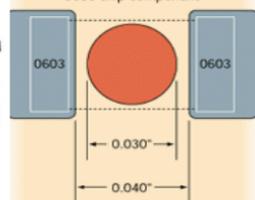


Fig. 10

Through-track or dummy track to modify dot height criteria.

Typical wavesolder pad layout for 0603 chip component



Typical solder paste pad layout for 0603 chip component

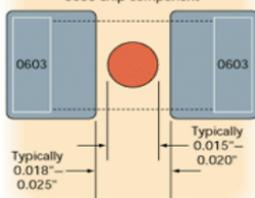


Figure 4. The wavesolder and solder paste pad designs have different adhesive dot size requirements.

PSI2613 A04-48

- Pino de Transferência
- Serigrafia
- Seringa de Pressão (Pressão-Tempo e Volumétrico)

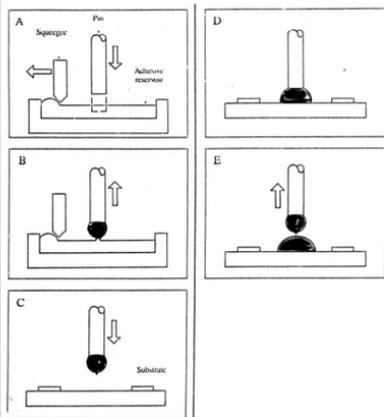


Fig. 2 Pin-transfer adhesive application.

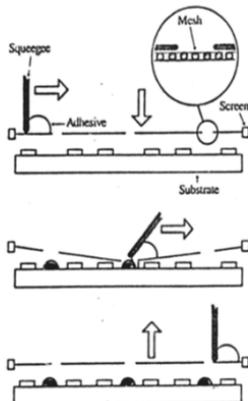
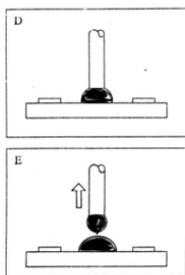


Fig. 3 Screen-printing adhesive application.

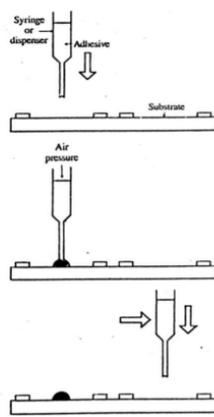
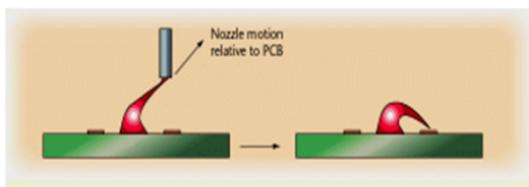
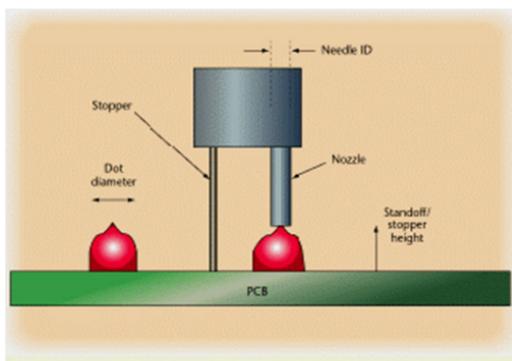


Fig. 4 Pressure-syringe adhesive application.

PSI2613 A04-49

• São diversos os problemas que surgem durante a aplicação dos adesivos:

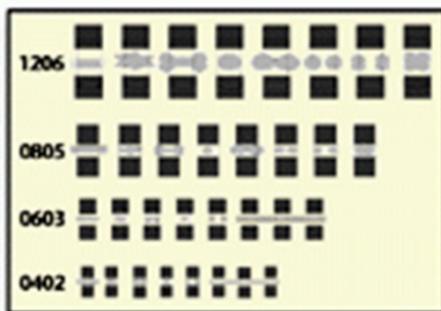
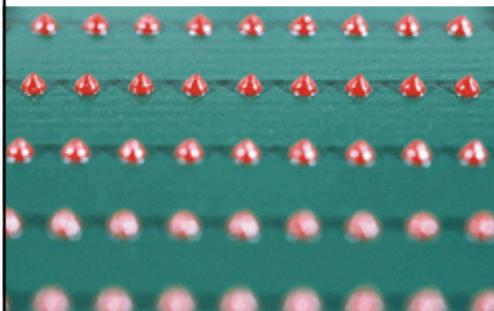
- Formação de cordão: Produzem contaminação nos terminais
 - São causados por: cargas eletrostáticas, ajuste Z incorreto, baixo suporte da placa
- Tamanho de ponto inconsistente: que diminui a resistência da colagem
 - São causados por: Bicos inadequados, tempo insuficiente para recuperação do adesivo, tempo e pressão para terminar o ciclo de aplicação
- Pontos faltantes que evitam a colocação dos componentes
 - São causados por: pressão de linha baixa
- Pontos satélite diminuem a resistência da colagem e podem contaminar os terminais



PSI2613 A04-50

- Usando aplicadores
“Dispensers” de Seringa

- Usando Serigrafia com
“Stencil” para aplicação



PSI2613 A04-51

PASTA DE SOLDA PARA SMT

- A pasta de solda é uma mistura partículas metálicas esféricas de ligas de solda encapsuladas com fundente usadas no processo de solda por refusão
- Na formulação das pastas de solda especificam-se características como:
 - Tempo de aderência “Tackiness”,
 - Vida do “Stencil”,
 - Reologia (Características de fluxo da pasta).
- Em produção a pasta de solda envelhece e suas características mudam, portanto uma manipulação adequada permite:
 - Preservar as características originais durante um tempo maior,
 - Evitar desperdício de pasta,
 - Aumentar o “Yield” do processo,
 - Diminuir a taxa de defeitos do processo.



PSI2613 A04-52

- Uma liga típica para pasta de solda consiste de Chumbo (Pb), Estanho (Sn) e as vezes Prata (Ag)
- A liga é formada por partículas de diâmetro de 20-75 micrometros
- Uma liga muito popular para solda por refusão e a composição eutética 63Sn/37Pb (veja diagrama de fase abaixo) com uma temperatura de transição de 183 °C
- Esta liga apresenta baixo custo, porem contém Chumbo.

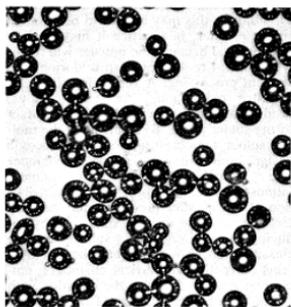


Fig. 3 Type 2 classified powder, 63Sn-37Pb. 80x

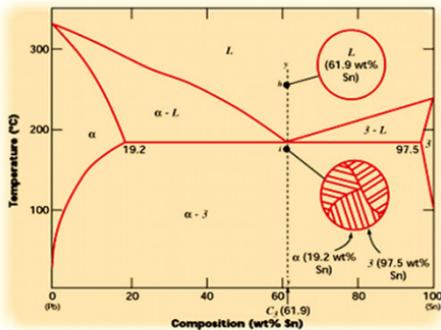


Figure 1. Eutectic composition of Sn/Pb.

PSI2613 A04-53

TIPOS DE PASTA DE SOLDA

- Diversos tipos de ligas metálicas encontram-se disponíveis para sua utilização em SMT com temperaturas de fusão de 180-300 °C

Table 2 Solder compositions per ASTM B 32

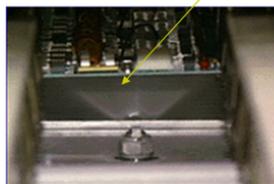
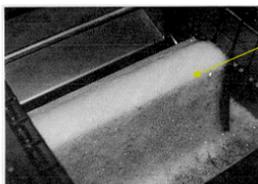
Alloy grade	Composition, % (a)(b)											Approximate melting range				
	Sn 1	Pb 2	Sb 3	Ag 4	Cu 5	Cd 6	Al 7	Bi 8	As 9	Fe 10	Zn 11	Solidus °C	°F	Liquidus °C	°F	
Sn96	rem	0.10	0.12, max	3.4-3.8	0.08	0.005	0.005	0.15	0.01, max	0.02	0.005	221	430	221	430	
Sn95	rem	0.10	0.12	4.4-4.8	0.08	0.005	0.005	0.15	0.01	0.02	0.005	221	430	245	473	
Sn94	rem	0.10	0.12	5.4-5.8	0.08	0.005	0.005	0.15	0.01	0.02	0.005	221	430	280	536	
Sn70	rem	69.5-71.5	rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.23	0.03	0.02	0.005	183	361	193	377
Sn63	rem	62.5-63.5	rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.23	0.03	0.02	0.005	183	361	183	361
Sn62	rem	61.5-62.5	rem	0.50	1.75-2.25	0.08	0.001	0.005	0.23	0.03	0.02	0.005	179	354	189	372
Sn60	rem	59.5-61.5	rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.03	0.02	0.005	183	361	190	374
Sn50	rem	49.5-51.5	rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.025	0.02	0.005	183	361	216	421
Sn45	rem	44.5-46.5	rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.025	0.02	0.005	183	361	227	441
Sn40A	rem	39.5-41.5	rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	183	361	238	460
Sn40B	rem	39.5-41.5	rem	1.8-2.4	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	185	365	231	448
Sn35A	rem	34.5-36.5	rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	183	361	247	447
Sn35B	rem	34.5-36.5	rem	1.6-2.0	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	185	365	243	470
Sn30A	rem	29.5-31.5	rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	183	361	255	491
Sn30B	rem	29.5-31.5	rem	1.4-1.8	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	185	365	250	482
Sn25A	rem	24.5-26.5	rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	183	361	266	511
Sn25B	rem	24.5-26.5	rem	1.1-1.5	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	185	365	263	504
Sn20A	rem	19.5-21.5	rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	183	361	277	531
Sn20B	rem	19.5-21.5	rem	0.8-1.2	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	184	363	270	517
Sn15	rem	14.5-16.5	rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	225	437	290	554
Sn10A	rem	9.0-11.0	rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	268	514	302	576
Sn10B	rem	9.0-11.0	rem	0.20	1.7-2.4	0.08	0.001	0.005	0.03	0.02	0.02	0.005	268	514	299	570
Sn5	rem	4.5-5.5	rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	308	586	312	594
Sn2	rem	1.5-2.5	rem	0.50	0.015	0.08	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	316	601	322	611
Sb5	rem	94.0, min	0.20	4.5-5.5	0.015	0.08	0.03	0.005	0.15	0.05	0.04	0.005	233	450	240	464
Ag1.5	rem	0.75-1.25	rem	0.40	1.3-1.7	0.30	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	309	588	309	588
Ag2.5	rem	0.25	rem	0.40	2.3-2.7	0.30	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	304	580	304	580
Ag5.5	rem	0.25	rem	0.40	5.0-6.0	0.30	0.001	0.005	0.25	0.02	0.02	0.005	304	580	380	716

(a) Limits are maximum percent unless shown as a range or stated otherwise. (b) For purposes of determining conformance to these limits, an observed value or calculated value obtained from analysis shall be rounded to the nearest unit in the last right-hand figure used in expressing the specified limits, in accordance with the rounding method of Recommended Practice E 29.

PSI2613 A04-54

FUNDENTES PARA PASTA DE SOLDA

- Numa só operação uma serie de materiais com diversos graus de soldabilidade devem ser soldados usando uma determinada liga de solda, isto faz com que a escolha do fundente (Flux) seja importante.
- As funções do fundente no processo de solda de SMT são:
 - Retardar a oxidação devida à temperatura de soldagem
 - Remover óxidos superficiais
 - Evitar re-oxidação
 - Ajudar à transferência de calor até a junta de solda
 - Permitir que resíduos corrosivos ou não sejam facilmente removidos do substrato
 - Melhorar a molhabilidade das soldas
- O fundente é aplicado antes do processo de soldagem por onda ou durante o processo refusão, sendo aplicados ao substrato através de Espuma, Onda ou "Spray".



PSI2613 A04-55

TIPOS DE PASTAS ATUAIS

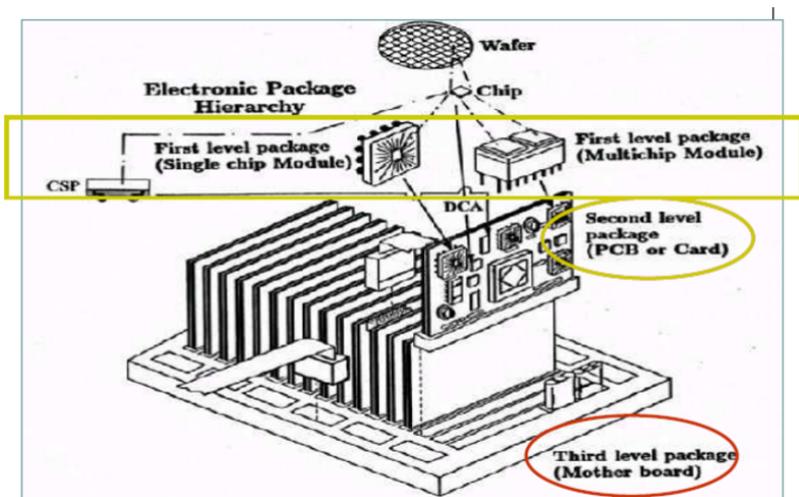
- O protocolo de Montreal restringe ou proíbe a utilização de materiais que destroem a camada de ozônio do tipo CFC's. Isto tem afetado profundamente a industria eletrônica e tem restringido ou eliminado as pastas de solda tradicionais com fundentes comuns e métodos de limpeza baseados em CFC.
- Assim solventes alternativos tem sido usados pelos fabricantes e os sistemas "no clean" e "water clean" estão se tornando os predominantes hoje na industria.

PSI2613 A04-56

PSI2613 A04-57

PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

Metalização das vias: Eletrodeposição



By John Lau

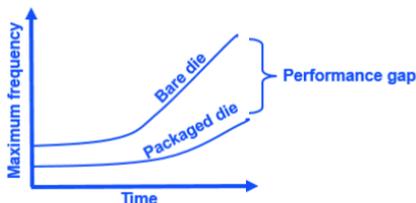
PSI2613 A04-58

PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

Metalização das vias: Eletrodeposição

Packaging Performance Gap

ICs can accommodate higher clock frequencies than a packaged device.



And the gap continues to increase.

PSI2613 A04-59

PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

Metalização das vias: Eletrodeposição

Three Main Wire Materials

Gold (Au) is the most commonly used material by a large margin.

Aluminum (Al) is used for excessive power or temperature cycling applications because of its high *coefficient of thermal expansion*.

Copper (Cu)

- ◆ Is cheaper than gold
- ◆ Has low resistivity
- ◆ Has high tensile strength
- ◆ Oxidizes readily at elevated temperatures

Properties	Gold	Aluminum	Copper
Thermal conductivity (W/m-K)	319	237	403
Melting point	1064	660	1083
Resistivity (Ohm-m C)	2.3×10^{-8}	2.7×10^{-8}	1.7×10^{-8}
Tensile strength (Pa)	2.1×10^9	4.5×10^7	2.2×10^8
Coefficient of thermal expansion (ppm/C)	14	46	16

PSI2613 A04-60

Metalização das vias: Eletrodeposição

Bonding Method Comparison

Attribute	Thermocompression (TC)	Ultrasonic (US)	TC/US
Reliability	High Au wire to Au pad; low Au wire to Al pad	High Al-to-Al bond	
Simple machine setup	Yes, two-parameter setup		No, four-parameter setup
Bond type	Ball and wedge	Wedge only	Ball
Die damage	Negligible	Yes, cratering	Less cratering
Processing temperature	High (> 300°C)	Low room temperature	Medium (100°–150°C)
Contamination susceptibility	High	Low	Medium

PSI2613 A04-61

LIGAS ALTERNATIVAS “LEAD FREE”

- Um novo campo para o desenvolvimento de pastas de solda é o de ligas “livres de chumbo” “Lead Free”, devido aos problemas ambientais que o chumbo causa quando descartadas as placas de PCB.
 - A maioria do trabalho nesta área está focalizado ao redor de sistemas ternários o de ordens superiores baseados em Sn/Ag/Cu/Sb. Os pontos de fusão são maiores que os do sistema Sn/Pb mas testes revelam que a metodologia atual é compatível com este sistema.
 - Dados extensivos de confiabilidade estão sendo gerados e alguns produtos já estão sendo lançados no mercado.
 - O Impacto destes sistemas de solda no equipamento para processo de SMT é função da pasta selecionada que produz mudanças em:
 - Tecnologia de fabricação da pasta
 - Temperatura de refusão
 - Atividade do fundente
 - Em geral o equipamento de SMT é compatível com os novos sistemas de pasta.

PSI2613 A04-62

- O sistema “No clean” está sendo muito usado já que diminui custos eliminando o processo de limpeza e evitando rejeitos após este processo.
- Inicialmente o sistema “no clean” apresentava problemas de molhabilidade e ativação. Hoje estes problemas de molhabilidade estão superados permitindo a manutenção da confiabilidade mesmo em diversas superfícies.
- O resto dos parâmetros (propriedades de impressão, tempo de adesão, consistência, etc) permanecem compatíveis com as apresentadas pelos sistemas tradicionais com (RMA).
- A cor do resíduo é tipicamente clara, eliminando problemas cosméticos das placas e assim não sendo necessária sua retirada da placa.
- Pastas de ultima geração com o sistema no-clean não requerem atmosferas especiais, como a de nitrogênio para a refusão.

PSI2613 A04-63

VOLUME DE PASTA DE SOLDA

- É muito importante depositar o volume certo de pasta de solda, para evitar soldas inconsistentes.
- O Volume de pasta de solda é definida basicamente:
 - Pelo processo de deposição (Serigrafia ou “Dispensing”)
 - Tamanho de partícula
 - Viscosidade da Pasta
 - Pelas aberturas do “Stencil”,
 - Pela espessura do “Stencil”,

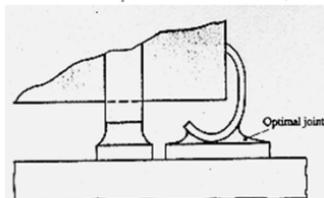


Fig. 19
Acceptable joint on a PLCC J-lead.

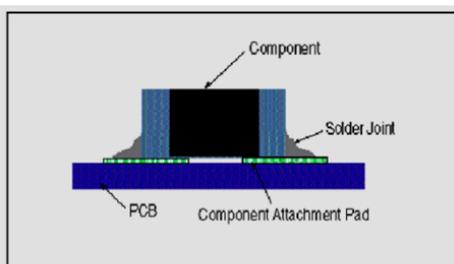


Figure 17 - Insufficient Solder Volume

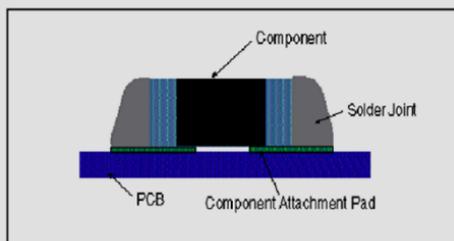
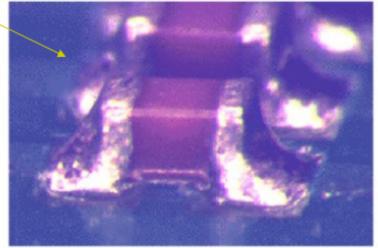
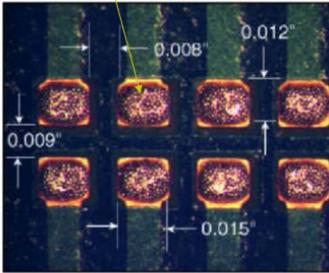
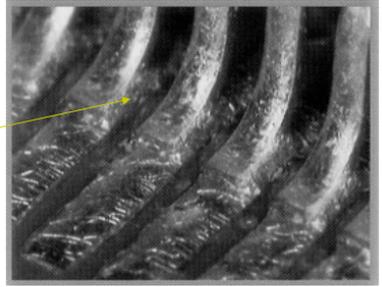


Figure 18 - Excessive Solder Volume

PSI2613 A04-64

CRITÉRIOS GERAIS PARA UMA BOA SOLDA

- Uma solda adequada deve realizar funções tanto (Elétricas) quanto estruturais (Mecânicas) sem falhas durante seu tempo de vida.
- Existem três critérios para julgar uma solda:
 - Boa molhabilidade das superfícies,
 - Superfícies de solda limpas, suaves e brilhantes,
 - Volume adequado de solda
 - Componentes SMD não desalinhados



PSI2613 A04-65

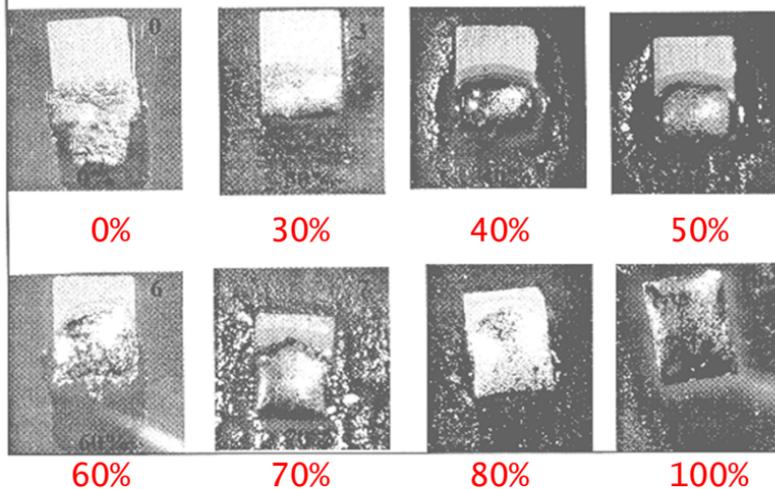
SOLDABILIDADE

- Soldabilidade de componentes e substratos refere-se à sua adequação para o processo de soldagem industrial. Esta é afetada pelos seguintes fatores:
 - Demanda Térmica
 - Deve ser tal que permita o aquecimento da área onde será realizada a solda sem prejudicar os componentes e substratos.
 - Molhabilidade
 - A metalização do componente ou condutor deve ser tal que a superfície está totalmente molhada com solda, no tempo disponível para a soldagem.
 - Resistência a dissolução da metalização
 - A metalização do componente ou do condutor deve suportar as temperaturas de solda sem se dissolver.

PSI2613 A04-66

TESTE DE MOLHABILIDADE

Examples of Wetting Index (WI)

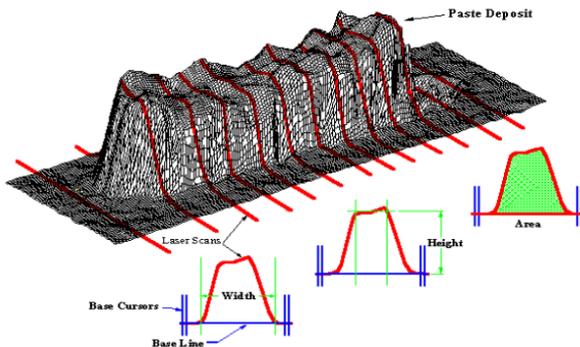


PSI2613 A04-67

TESTES DE IMPRESSÃO

- Para avaliar a impressão deve-se tomar em conta os seguintes fatores:

- Vida do "Stencil"
- Condições ambientais (temperatura e umidade)
- Velocidade do "Squeegee" Rod
- Frequência de movimentação do "Stencil"
- Compatibilidade com bombas de sistemas de "dispensing"

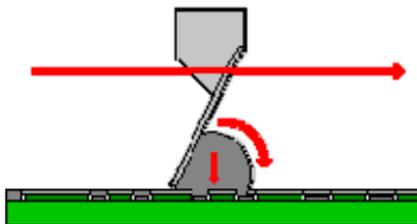


PSI2613 A04-68

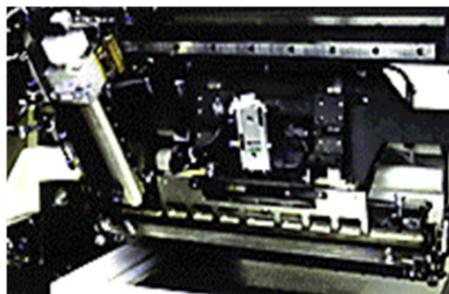
DEPOSIÇÃO DA PASTA DE SOLDA

- O processo de deposição de pasta de solda no PCB, para refusão, utiliza um “stencil printer”.
- Durante o processo de impressão , o rodo pressiona o “stencil” de forma que este toca a superfície do substrato.
- A pasta de solda é impressa através das aberturas do “stencil” devido a pressão hidrodinâmica gerada pelo rodo quando este percorre a área total de imagem.
- Para obter um ótimo “Yield” neste processo parâmetros do processo como velocidade e pressão do rodo devem ser alterados.

- Serigrafia usando STENCIL



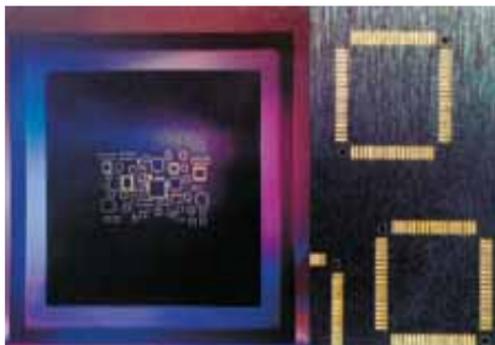
- Equipamento para Serigrafia de Solda



PSI2613 A04-69

STÊNCEL PARA SERIGRAFIA DE PASTA DE SOLDA

- O “Stencil” é projetado de forma que suas aberturas coincidam com os “Pads” de solda .
- A quantidade de pasta de solda requerida para atingir uma determinada dimensão de solda pode ser estimada durante projeto do “Stencil”.
- As aberturas nos “Stencils” são fabricadas usando processos aditivos ou subtrativos: Corte por LASER e Corrosão Química são processos subtrativos ,enquanto Eletro-formação é um processo aditivo.

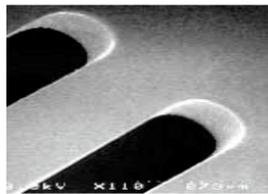


Etch Guard® Stencil with Robust Fabrication
PSI2613 A04-70

FABRICAÇÃO DAS ABERTURAS NO STÊNCIL

■ CORTE POR LASER:

- Um laser programável é usado para cortar as aberturas, criando geometrias trapezoidais com aberturas maiores no lado do rodo que no lado do substrato. Em alguns casos isto melhora a liberação da pasta de solda. Estes stencils são tipicamente de aço inox.



■ CORROSÃO QUÍMICA:

- É o método mais comum de fabricação de stencils. Um "Photo Resist" é laminado nos dois lados da folha metálica e mascaras com a imagem a ser transferida são alinhadas nos dois lados e realizada uma exposição com uma fonte de luz com o comprimento de onda adequado. A folha é revelada e colocada numa câmara de corrosão, obtendo-se assim as aberturas projetadas. Este método é adequado para dispositivos com terminais com passo de 0.65 mm ou maior. Os stencils são fabricados em geral com aço inox.



■ ELETRO FORMAÇÃO:

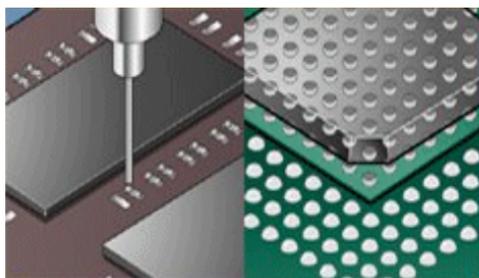
- Esta técnica requer também um "Photo Resist" que está posicionado num "Mandrel" ou base metálica. O resist tem uma espessura maior que a espessura do "stencil". O resist é revelado e pilares de resist aparecem onde estarão as aberturas do "stencil". Níquel é eletro depositado até obter a espessura de "stencil" desejada. Após o processo os pilares de resist são removidos e o "stencil" é retirado da base. Este método é utilizado para aplicações que requerem muita precisão.



PSI2613 A04-71

DEPOSIÇÃO DE PASTA DE SOLDA COM DISPENSER

- Aplicação de Pasta de Solda usando equipamentos de "Dispensing" apresentam as seguintes características:



- É um processo muito preciso que utiliza a base de dados do PCB para depositar quantidades precisas de pasta em lugares definidos na placa.
- Por ser um processo direto não requer "Stencil" para sua operação.
- Este é um processo flexível já que pode aplicar quantidade variáveis de pasta eliminando a mudança de stencils para cada passo.
- Os "Multi-Head Dispensers" (veja foto) podem depositar até 140.000 pontos de solda ou adesivo por hora.
- Estas vantagens tornam este método adequado para produtos com uma alta mistura de componentes de forma que é fácil modificar o programa de deposição.
- O método de aplicação de pasta de solda pode ser considerado como uma alternativa e viável à deposição por serigrafia.

PSI2613 A04-72

DEFEITOS DE SOLDAGEM EM SMT

Falta de solda	Pontes de Solda	Tombstone	Bolas de Solda	Resíduos de Solda	Contaminação com adesivo	Buracos vazios na solda
Problemas na deposição da pasta	Problemas na deposição do adesivo	Gás aprisionado na solda				
Gradiente de To muito alto	Espaço entre ilhas errado	Gradiente de To muito alto	Gradiente de To muito alto	Problemas com o fundente	Viscosidade errada do adesivo	Fundente aprisionado na solda
Problemas de molhabilidade	Problemas com o fundente	Problemas de molhabilidade	Problemas de molhabilidade	Problemas de molhabilidade	Movimentação dos componentes SMD após depósito	
				Temperatura incorreta		

PSI2613 A04-73

POSICIONAMENTO DE COMPONENTES EM SMT (PLACEMENT)

- O “Placement” trata da colocação de componentes SMD sobre adesivos ou pasta de solda em substratos de “PCB”



PSI2613 A04-74

- Os métodos de posicionamento seguem as seguintes estratégias:

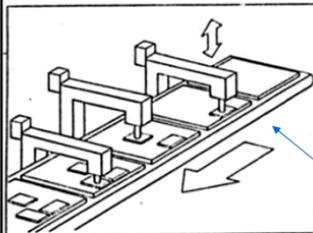


Fig. 3 (a)
In-line placement.

■ Posicionamento em linha

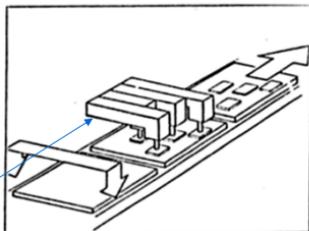


Fig. 3 (c)
Simultaneous placement.

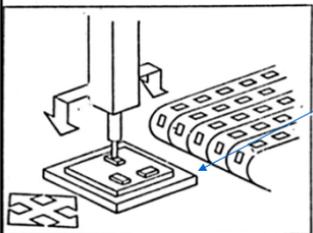


Fig. 3 (b)
Sequential placement.

■ Posicionamento simultâneo

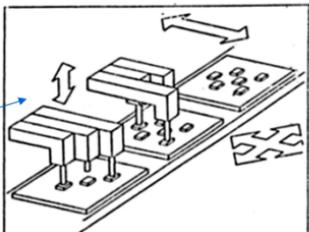


Fig. 3 (d)
Sequential-simultaneous placement.

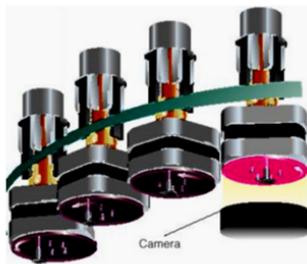
■ Posicionamento seqüencial

PSI2613 A04-75

ESPECIFICAÇÕES DE UM SISTEMA COMERCIAL DE P&P

SPECIFICATIONS

High Speed Placement System Product Line	4796A/B	4796B	4796L
Maximum board dimensions:	14"x18" (360mmx460mm)	14"x18" (360mmx457mm)	18"x20" (457mmx508mm)
Feeder input stations:	160 (80 x 80)	80 (40 x 40)	160 (80 x 80)
Minimum board dimensions:	2"x2" (50mmx50mm)		
Maximum placement rate:	0.10 second per placement (36,000 components per hour)		
Board transfer time:	2.9 seconds - 5.1 seconds (adjustable, 7 speed settings)		
Turret configuration:	5 nozzles / 16 stations		
Placement head technology:	Direct Drive		
Applicable components:	0201 (0603) chips to 20mm square components		
Component packaging:	tape or bulk cassette tape size: 8mm-32mm (paper, embossed, or adhesive) reel size: 7"-15" (178mm to 380mm)		
Placement performance:	100 PPHM (99.99%)		
Placement accuracy:	±0.004" (±0.10mm)		
Machine memory:	24 pattern programs or 5,000 steps + 800 component ID records		
Power supply:	200VAC x 20V 50/60 Hz, 3-phase, 30A consumption: 1 CFM @ 60 psi (25 liters per minute @ 4 kg/cm square)		
Net weight:	8,370 lbs (3,800 kg)	7,338 lbs (3,300 kg)	9,250 lbs (4,200 kg)
Machine dimensions:			
length:	236.2" (6,000mm)	145.7" (3,700mm)	237.7" (6,000mm)
depth:	79.33" (2,015mm)	79.33" (2,015mm)	83" (2,100mm)
height:	84.8" (2,155mm)	84.8" (2,155mm)	84.8" (2,155mm)
Features:			
auto XY adjustment at pick-up point:	standard		
auto Z axis adjustment:	standard		
ironing/light/backlighting:	standard		
bad board reject:	standard		
changeable transfer direction:	standard		



PSI2613 A04-76

- As máquinas de P&P movimentam os componentes SMD dos alimentadores até o local de posicionamento com Bicos a vácuo.
- Diversos Bicos são projetados para conseguir recolher os mais diversos tipos de formatos de componentes SMD
- Os Bicos também são projetados para que os sistemas de visão utilizados consigam identificar os componentes SMD a serem posicionados e colocados

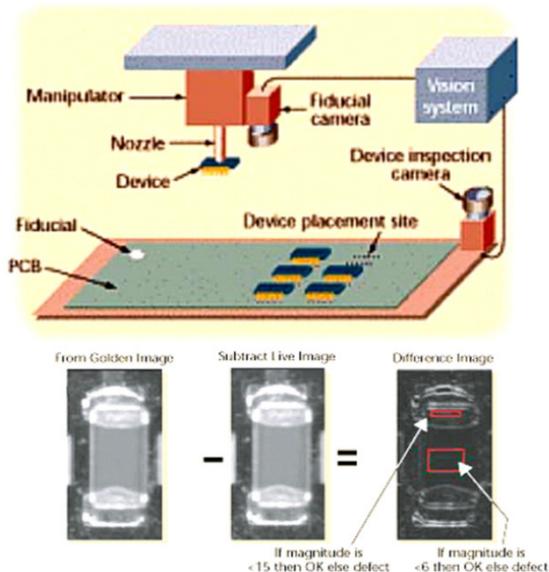


PSI2613 A04-77

SISTEMAS DE VISÃO PARA PLACEMENT

• Os sistemas de visão para o posicionamento de dispositivos (SMD) realiza as seguintes funções:

- Localização das marcas fiduciais no (PCB),
- Assegurar o alinhamento do dispositivo,
- Verificar o cheque de tolerâncias e inspeção global,
- Localização e exame dos terminais, para garantir que mesmo dispositivos com terminais um pouco deformados possam ser posicionados corretamente,
- Rejeição dos dispositivos que não tem ou apresentam terminais fora das tolerâncias estabelecidas.
- Comparação de componentes com imagens padrão, para rejeição dos dispositivos fora das tolerâncias estabelecidas.



The golden board detection technique relies on the assumption that there is little variation between the reference and live images.

PSI2613 A04-78

TEMPO DE CICLO EM PLACEMENT

• O tempo de um o ciclo de “Placement” possui 4 fases principais:

- “Pick time” tempo de recolhimento do componente SMD.
 - Tipicamente de 100 mili-segundos
- Tempo de curso (X-Y) da posição de recolhimento até a de posicionamento.
 - Perto de 140 mili-segundos
- Tempo do posicionamento (incluindo o curso (X-Y), do primeiro até o ultimo posicionamento.
 - Este tempo aumenta com o número de cabeças usadas, o tempo é de 140 mili-segundos por parte (veja tabela).
- Tempo de curso (X-Y) da última posição para a posição de recolhimento.
 - Perto de 140 mili-segundos

- **Conclusão:** O tempo de ciclo de P&P diminui na medida em que o número de cabeças aumenta, porém após a quarta cabeça o tempo não diminui muito.
- Assim as novas máquinas tendem a ser mais compactas para diminuir os tempos de curso.

TABLE 2

Total Cycle Time to Pick and Place Components

Number of heads	Cycle time (milliseconds)	Time per part
1	520	520
2	660	330
3	800	267
4	940	235
5	1,080	216
6	1,220	203
7	1,360	194
8	1,500	188

PSI2613 A04-79

ALIMENTADORES DE COMPONENTES SMD

▪ Devido a diversidade geométrica dos componentes SMD diversos tipos de alimentadores foram desenvolvidos:

- “Stick feeders” Alimentadores em tubos



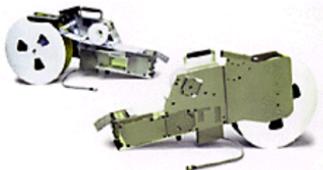
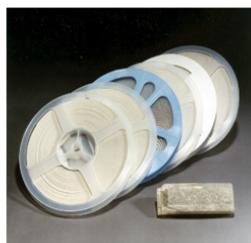
Figure 1. Typical Stick magazine shipping tube.

- “Tray feeders” Alimentadores de bandeja



Figure 2. JEDEC tray with properly arranged units.

- “Tape Feeders” Alimentadores de fita



- “Bulk feeders” Alimentadores a granel



PSI2613 A04-80

PSI2613 — PROJETO DE CIRCUITOS E MÓDULOS ELETRÔNICOS

AULA 04:

1. A Tecnologia de Montagem em Superfície (SMT)
2. Componentes SMD
3. Soldagem em SMD
4. Montagem de Placas SMD
5. Produtividade em SMT
6. Fabricação de Placas de Circuito Impresso

PSI2613 A04-81

PRODUTIVIDADE EM SMT

- Produtividade é o fator de maior importância na indústria de montagem de aplicações eletrônicas e se associa diretamente à eficiência de um processo de produção para a geração de um produto com um certo grau de confiabilidade.
- A complexidade crescente das operações na montagem de aplicações eletrônicas implica em investimentos em recursos humanos e equipamentos muito elevados, tornando o retorno do investimento muito significativo.
- $\text{Eficiência} = [\text{Valor de saída}] / [\text{Custos de capital} + \text{Custos Operacionais}]$
- O valor de saída é maximizado pelo “Yield” (rendimento) do Processo tendo em contrapartida a confiabilidade (R) do produto gerado:

$$R = [\text{MTBF}] / [\text{MTBF} + \text{MTTR}]$$

onde MTBF é o tempo médio entre falhas e MTTR é o tempo médio para reparo.

PSI2613 A04-82

CONTROLE DE QUALIDADE EM SMT

- A melhoria da qualidade de um processo SMT implica num sistema de controle que utiliza inspeção “In-Line” para diminuir os custos de fabricação do PCB.
- O método de inspeção mais utilizados são:
 - Sistema de Inspeção Pós-Manufatura
 - Sistema de Inspeção “In-Line”
- O método de inspeção “In-Line” durante a montagem SMT garante a qualidade dos produtos eletrônicos e reduz a os custos de re-trabalho e reparo.
- Hoje é de extrema importância cumprir as metas de produção com custos competitivos e ao mesmo tempo manter ou aumentar a qualidade e confiabilidade do produto.
- Uma forma efetiva de atingir esta meta é a utilização de um sistema contínuo de melhoria de qualidade ou (CQI) “Continuous Quality Improvement”.
- A implementação de uma (CQI) implica numa melhoria continua de todos os processos. Isto é possível com a geração de uma base de dados sobre os processos e sua transferência para o pessoal técnico de forma a poder-se melhorar a tomada de decisões.
- A Inspeção “In-Line” durante a montagem em SMT fornece as informações e o conhecimento necessário para este esforço.

PSI2613 A04-83

INSPEÇÃO, TESTE E RETRABALHO EM SMT

- Devido à possibilidade de defeitos durante as operações de impressão, posicionamento de componentes e refusão se faz necessário adicionar ao processo de fabricação um estágio de Inspeção, Teste e Re-Trabalho o qual aumenta o “Yield”

PCB Assembly Defect Type	Post Print	Post Placement	Post Reflow	X-Ray
Insufficient Solder	X			
Blocked Aperture	X			
Excess Solder	X			
Bridge (Paste)	X			
Misregistration	X			
Missing Part		X	X	
Polarity		X	X	
Misplaced Part		X		
Wrong Part		X	X	
Tombstone/Billboard			X	
Dry Joint			X	X
Lifted Lead			X	X
Bridge (Reflowed Solder)			X	X
Solder Voiding				X
Hidden Lead Solder Defect				X

PSI2613 A04-84

INSPEÇÃO EM SMT

• Durante a montagem devem ser realizadas as seguintes tarefas de inspeção :

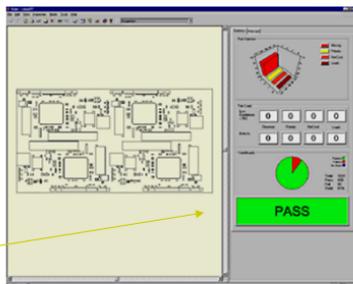
- Inspeção da solda antes do posicionamento de componentes
- Inspeção dos componentes antes da refusão da solda,
- Inspeção pós refusão e algum tipo de conferência das juntas de solda formadas



• O ciclo de inspeção é crítico nos processos “In-Line” e deve ser o menor possível.

• Tipos de Inspeção

- Manual
- Semi-automática
- Automática (AOI - Automatic Optical Inspection)



PSI2613 A04-85

CLASSIFICAÇÃO DE DEFEITOS EM INSPEÇÃO

• Principais

- Afetam o funcionamento do PCB (Ex. Pontes de solda)

• Secundários

- Afetam a confiabilidade do PCB (Ex. PCB não cumpre especificações)

• Cosméticos

- Não afetam nem funcionamento nem especificações (Ex. resíduos de pastas de solda No-Clean)

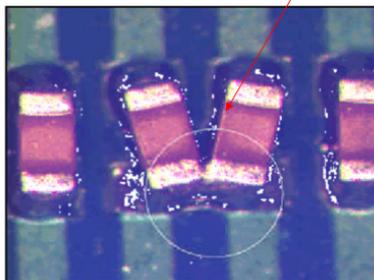
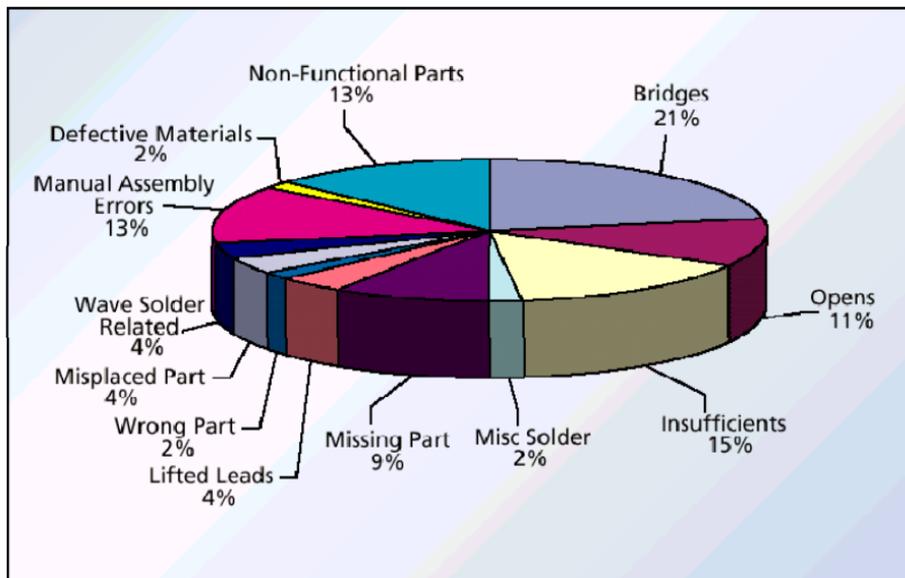


Figure 15 - Photograph of Solder Bridging



A04-86

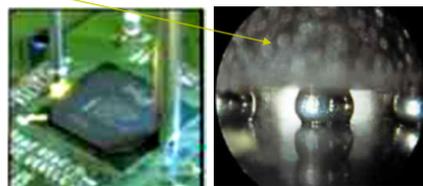
DEFEITOS EM "SMT"



PSI2613 A04-87

SISTEMAS DE INSPEÇÃO MANUAL

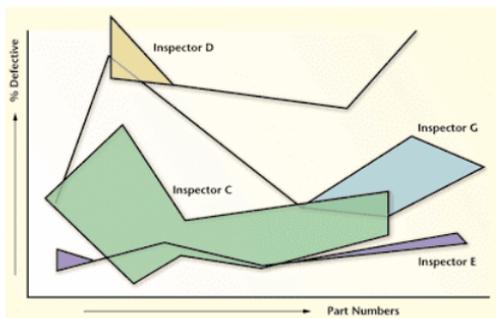
- Procedimentos básicos de Inspeção
 - Verificação geral do PCB
 - Verificação de Componentes
 - Verificação do Substrato
 - Verificação de Soldas



PSI2613 A04-88

FATORES EM INSPEÇÃO MANUAL

- Velocidade de inspeção
- **Fatiga do operador**
- Julgamento do operador
- Resolução do equipamento
- Manipulação das partes
- Campo de visão
- Profundidade de campo
- Defeitos em soldas Vs. Julgamento de operadores para montagens idênticas.

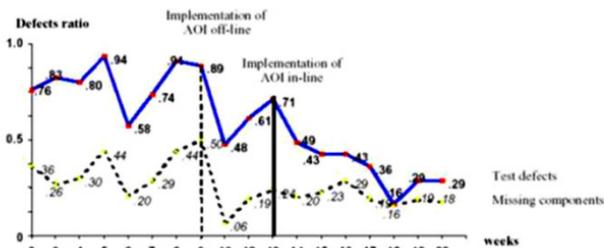


PSI2613 A04-89

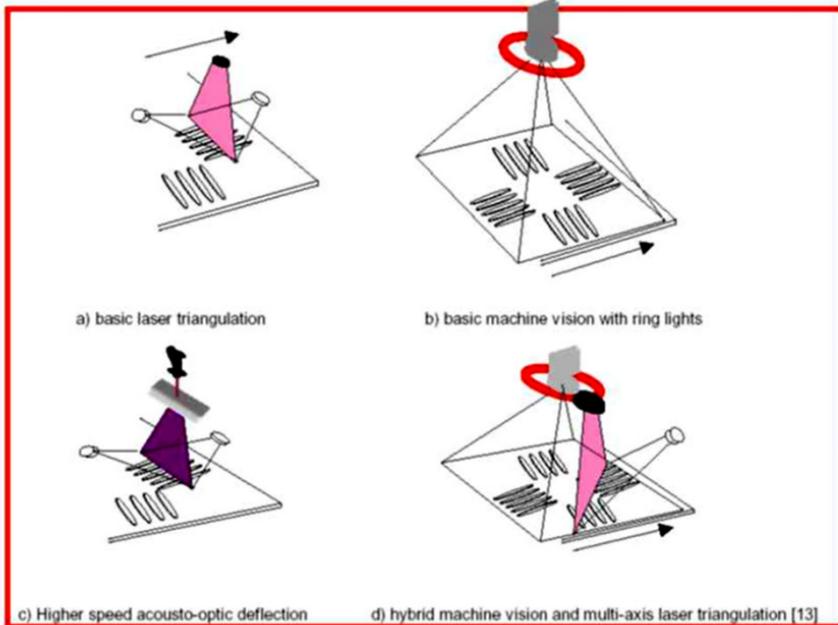
INSPEÇÃO ÓTICA AUTOMÁTICA "AOI"

• Somente o sistema AOI permite que uma linha de montagem de PCB em SMT opere na sua máxima capacidade enquanto se inspecionam os depósitos de pasta de solda, o posicionamento dos componentes, sua nomenclatura e a refusão das juntas de solda. Depósitos insuficientes, excessivos ou imprecisos, componentes faltantes ou mal alinhados, componentes errados ou com polaridade trocada, terminais dobrados, juntas de solda incompletas, pontes ou curtos circuitos também podem ser determinados a velocidades de inspeção de 150,000 componentes por hora.

- Os sistemas AOI "In-line" realizam 100% da inspeção nas placas junto as máquinas mais rápidas de "Pick & Place" ou "ChipShooters".
- Sistemas AOI em múltiplos lugares do processo de montagem de (PCB) podem ser implementados para acompanhar os seguintes processos:



PSI2613 A04-90



PSI2613 A04-91

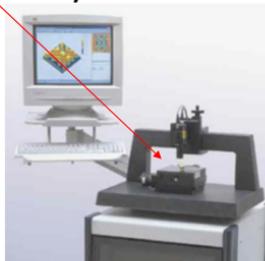
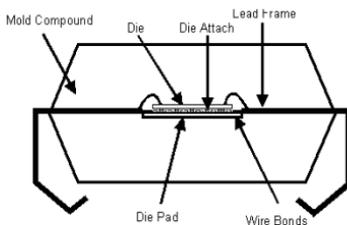
INSTRUMENTOS UTILIZADOS EM SISTEMAS DE INSPEÇÃO

- **Microscópios**

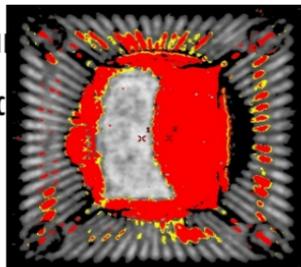
- Óticos e de Fibra Ótica
- Acústicos

- **Sistemas de Vídeo**

- **Olho nu ou utilização de aumentos (2X, 3X ou 5X)**



Rela
Mic



PSI2613 A04-92

- Para testar placas de PCB em SMT a indústria adota métodos de teste automáticos usando (ATE). Alguns fabricantes usam este método como um método alternativo de inspeção. Os defeitos que acontecem em SMT resultam em duas grandes famílias de defeitos :
 - Circuitos abertos
 - Curtos circuitos
- Para permitir que (ATE) possa testar as placas PCB, lugares para acesso aos nós de teste devem ser implementados durante a fase de projeto da placa.
- TIPOS DE TESTES
 - Testes DC incluem os seguintes testes:
 - Testes de circuito aberto e curto circuito,
 - Testes de vazamento nos pinos de entrada (IIH/IIL test) e nos pinos de três estados (IOHZ/IOZL test),
 - Testes dos níveis de tensão de saída (VOL/VOH test)
 - Testes de corrente standby e dissipação de potência ativa (ICC/IDD test).
 - Teste de continuidade de sinal
 - Testes funcionais são realizados para verificar características operacionais e garantir que o dispositivo está funcionando de acordo com as especificações
 - Testes Analógicos ou digitais verificam as placas dependendo de sua função.

PSI2613 A04-93

- Re-trabalho e reparo de placas (PCB) em SMT é de extrema importância para os fabricantes cumprirem suas metas com sucesso.
- Atualmente as ferramentas e os procedimentos para desenvolver esta operação tem ficado sofisticadas, assim, equipamentos de solda/de-solda, ferros de soldagem e pontas especiais, pastas de solda especiais e materiais para limpeza específicos, podem ser encontrados no mercado.
- Historicamente re-trabalho e reparo de placas tem evoluído para diversos tipos de montagens como furo passante, SMT, BGA e CSP.
- O processo de re-trabalho e reparo de placas se constitui das seguintes etapas:
 1. Identificação do problema na placa ou no componente
 2. Identificação do local da falha
 3. Remoção do componente ou reparo da placa
 4. Preparação da Superfície
 5. Colocação do componente
 6. Refusão e solda do componente
- Para encapsulamentos mais complexos como BGA é fundamental o controle do perfil de refusão

PSI2613 A04-94

VANTAGENS

- Aumento da Automação na Montagem de Circuitos Eletrônicos
- Diminuição de ruídos, menores tempos de retardo e maior resposta em frequência
- Menor interferência eletromagnética
- Redução de área do C.Impresso em 50% comparado com um PCB típico
- Redução do N° de camadas em 40%
- redução de custo em 50%
- Melhoria nas características mecânicas
- Maior velocidade de colocação dos SMD
- Aumento de "Yield"



Linha de Produção de circuitos usando SMT

PSI2613 A04-95

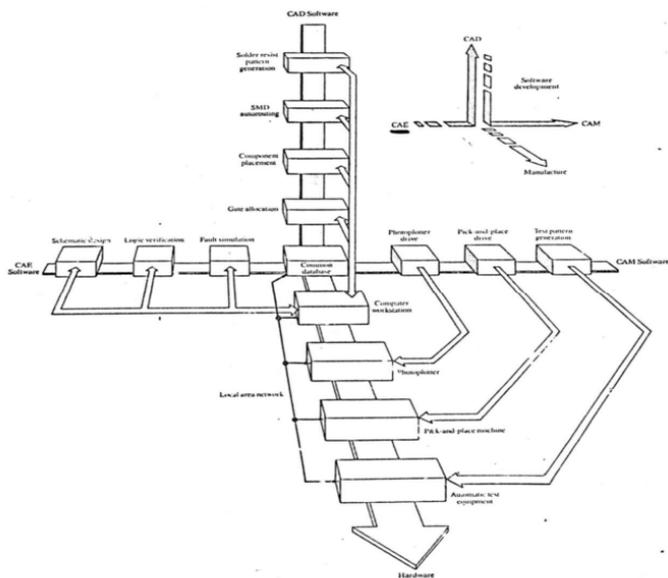
PSI2613 — PROJETO DE CIRCUITOS E MÓDULOS ELETRÔNICOS

AULA 04:

1. A Tecnologia de Montagem em Superfície (SMT)
2. Componentes SMD
3. Soldagem em SMD
4. Montagem de Placas SMD
- 5. Produtividade em SMT**
6. Fabricação de Placas de Circuito Impresso

PSI2613 A04-96

SISTEMA INTEGRADO DE MANUFATURA PARA SMT



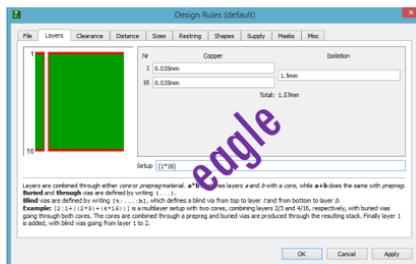
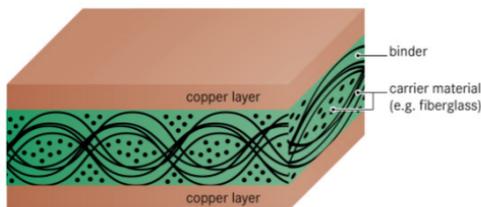
PSI2613 A04-97

PSI2613 — PROJETO DE CIRCUITOS E MÓDULOS ELETRÔNICOS

AULA 04:

1. A Tecnologia de Montagem em Superfície (SMT)
2. Componentes SMD
3. Soldagem em SMD
4. Montagem de Placas SMD
5. Produtividade em Montagens SMT
6. Fabricação de Placas de Circuito Impresso

PSI2613 A04-98

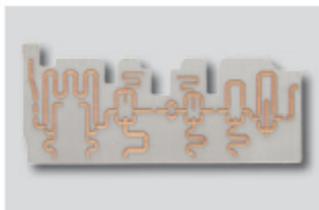


Laminado condutor: Cobre

- espessura em μm ou em peso (onças)
- espessuras mais comuns: 35 μm (1 oz.)
- em algumas aplicações recebe uma cobertura adicional de metal (ouro, níquel, etc.)

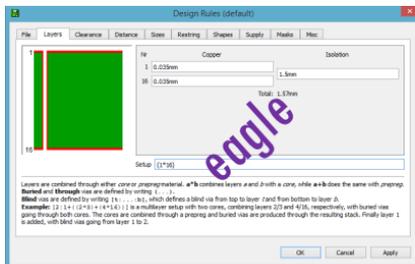
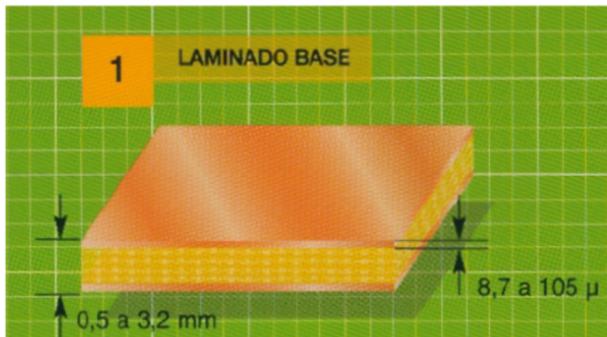
PSI2613 A04-99

- Substratos isolantes:
 - FR4: resina epoxi reforçada (fibra de vidro)
 - Espessuras de 0,25mm (10mil) a 3,125mm (125mil)
 - Mais comum é 0,74mm (29mil) ou 1,5mm (59mil)
 - RO4000: Fibra de vidro com particulado cerâmico
 - Excelente para RF e microondas
 - TMM: idem (RF e mO)
 - PTFE: Teflon (RF e mO)

TMM® substrate and
PTFE substrate

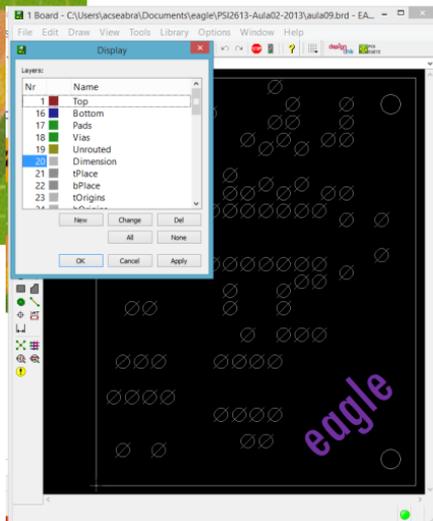
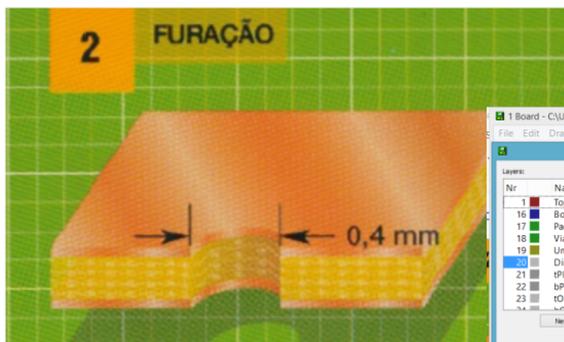
PSI2613 A04-100

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL



PSI2613 A04-101

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL



PSI2613 A04-102

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL



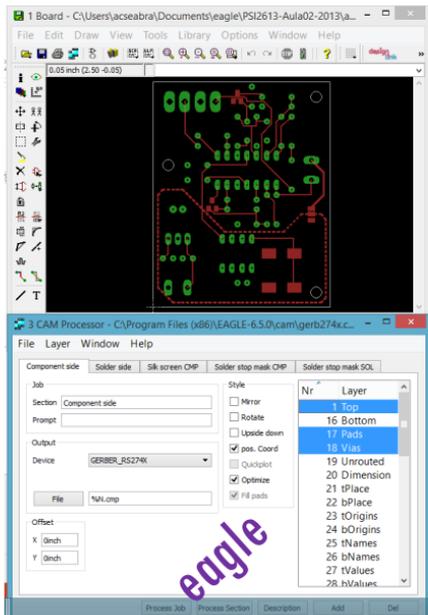
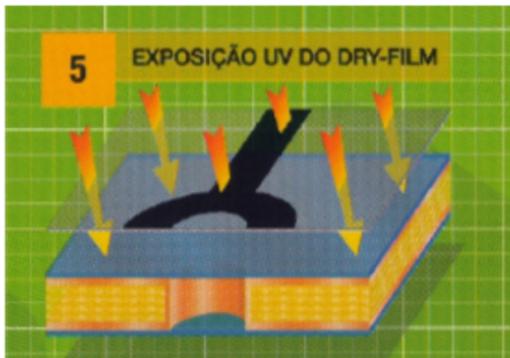
PSI2613 A04-103

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL



PSI2613 A04-104

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL



PSI2613 A04-105

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL



PSI2613 A04-106

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL

7

PROTEÇÃO COM ESTANHO



PSI2613 A04-107

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL

8

REMOÇÃO DO DRY-FILM



PSI2613 A04-108

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL



PSI2613 A04-109

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL



PSI2613 A04-110

Design Rules (default)

File Layers Clearance Distance Sizes Restring Shapes Supply Masks Misc

Minimum Width: 6mil
 Minimum Drill: 12mil
 Min. Micro Via: 9.99mm
 Min. Blind Via Ratio: 0.5

Minimum Sizes of objects in signal layers and of drill holes.

Minimum Width and Minimum Drill may be overwritten by larger values in the Net classes for specific signals.

Min. Micro Via applies to drill/vias that are exactly one layer deep. Typical values are in the range 50...100 micron. A value larger than Minimum Drill (e.g. the default value of 9.99mm) means there are no micro vias.

Min. Blind Via Ratio defines the minimum drill diameter of a blind via must have if it goes through a layer of thickness 1. Board manufacturers usually give this "aspect ratio" in the form 1:0.5, where 0.5 would be the value that has to be entered here.

OK Cancel Apply

Design Rules (default)

File Layers Clearance Distance Sizes Restring Shapes Supply Masks Misc

	Min	%	Max	Diameter
Pads	Top	25	20mil	
	Inner	25	20mil	<input type="checkbox"/>
	Bottom	25	20mil	
Vias	Outer	25	20mil	
	Inner	25	20mil	<input type="checkbox"/>
Micro Vias	Outer	25	20mil	
	Inner	25	20mil	<input type="checkbox"/>

Microvias for pads and vias are defined in percent of the drill diameter (limited by Min and Max). If the diameter of an actual pad or via would result in a larger resting, that value will be used in the outer layers.

If the Diameter option is checked the actual pad or via diameter will be taken into account in the inner layers, too.

Micro Vias are drill/vias that are exactly one layer deep and have a drill diameter that is smaller than the Minimum Drill value defined under Sizes (which may be overwritten by a larger Drill value in the Net classes).

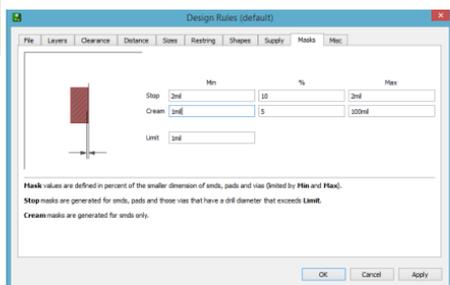
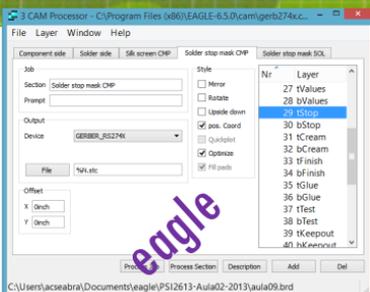
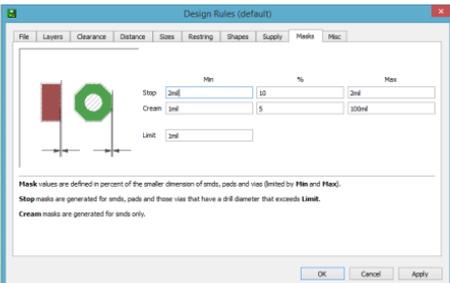
OK Cancel Apply

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL



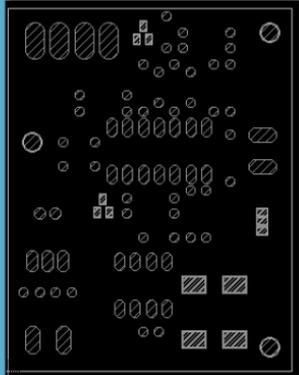
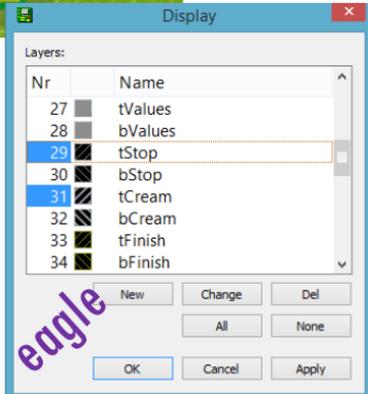
PSI2613 A04-111

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL



PSI2613 A04-112

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL



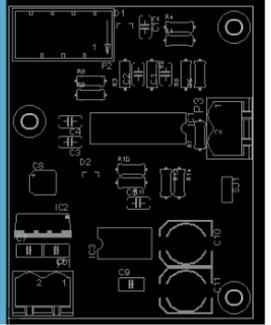
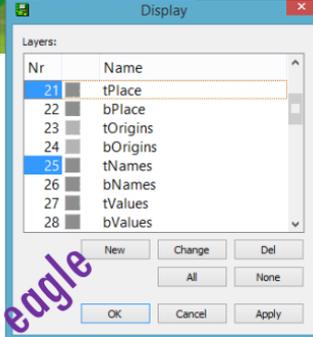
PSI2613 A04-113

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL



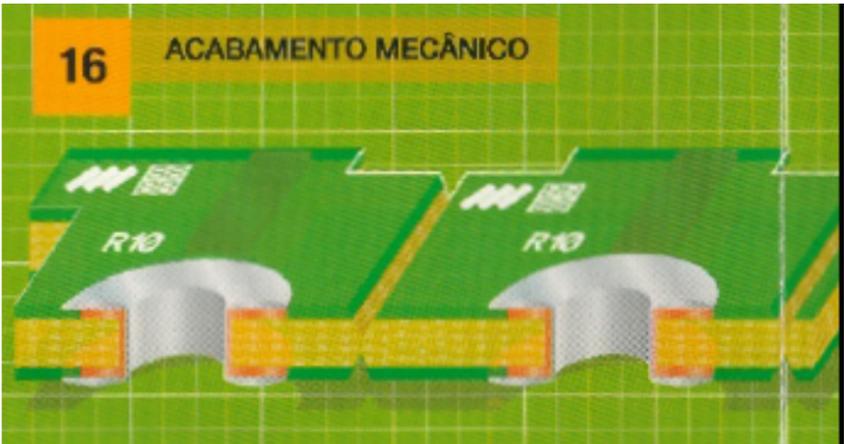
PSI2613 A04-114

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL



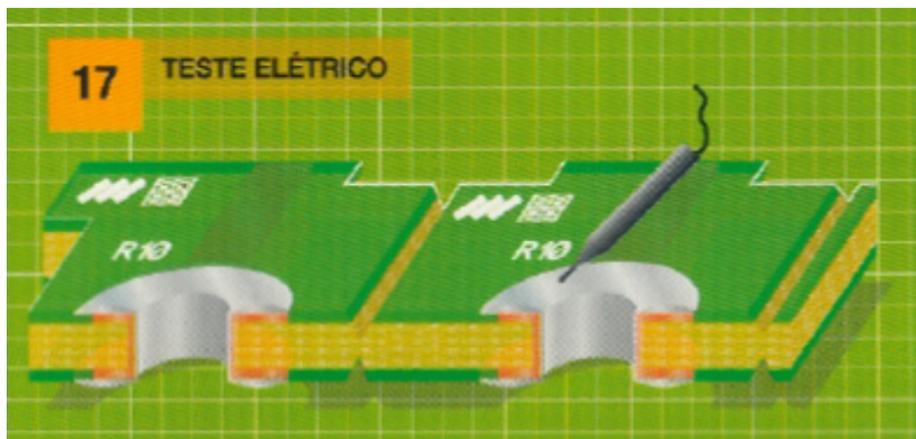
PSI2613 A04-115

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL



PSI2613 A04-116

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL



PSI2613 A04-117

UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS INDUSTRIAL

	PRODUTO	ESPECIFICAÇÃO	SIMPLES FACE	DUPLA FACE	MULTILAYER
1	Laminado Base (Dielétrico)	FR2	✓	✓	✓
		FR4	✓	✓	✓
		CEM-1	✓	✓	✓
		CEM-3	✓	✓	✓
		Teflon	✓	✓	✓
		Durid	✓	✓	✓
15	Espessura Cobre	1/4 OZ (8,7µ)	✓	✓	✓
		1/2 OZ (17,5µ)	✓	✓	✓
		1 OZ (35µ)	✓	✓	✓
		2 OZ (70µ)	✓	✓	✓
		3 OZ (105µ)	✓	✓	✓
13	Máscara Selada Fotodefinível (LPI)	Branco	✓	✓	✓
		Amarelo	✓	✓	✓
		Preto	✓	✓	✓
		Verde	✓	✓	✓
		Vermelho	✓	✓	✓
14	Máscara Temporária	Transparente	✓	✓	✓
		Solder Duct (pretable)	✓	✓	✓
		OSP	✓	✓	✓
		HASL (Hot Air)	✓	✓	✓
		Níquel (porositos)	✓	✓	✓
16	Acabamento Superfície	Carboxo (cromado)	✓	✓	✓
		Ouro Químico	✓	✓	✓
		Ouro Eletrolítico	✓	✓	✓
		Miner Ferro (Após Metal.)	✓	✓	✓
		Tolerância de Posic.	5µ (0,196mil)	✓	✓
2	Acabamento Mecânico	Pozos	✓	✓	✓
		Vinco	✓	✓	✓
		Plastado	✓	✓	✓
5	Menor Broca	0,40mm (16mil)	✓	✓	✓
		Tolerância de Diâmetro	0,05mm (2mil)	✓	✓

PSI2613 A04-118

10	Trilho Largura Espaço (mínimo)	0,10mm (4mil)	✓	✓	✓
		Anel Mínimo	0,125mm (5mil)	✓	✓
6	Maior Tamanho de Painel	(480 x 560mm)	✓	✓	✓
		Espessura do Cobre no Furo (mínimo)	25µ	✓	✓
4	Filme Seco (Dry-Film)	38µ	✓	✓	✓
		48µ	✓	✓	✓
17	Teste Elétrico	Tensão Aplicada	50 a 250 VDC	✓	✓
		Isolação/Corrente	10 kOhm a 100 MOhm	✓	✓
		Continuidade/Aberto	-1 Ohm a 30 kOhm	✓	✓
		Medição de Resistividade	5 Ohm a 30 kOhm	✓	✓
		Largura Mínima (Psi)	0,075mm (3mil)	✓	✓
5	Filmes (Fotoplacagem)	Distância Mínima (para-centro)	0,150 (6mil)	✓	✓
		0,007"	✓	✓	✓

PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO FLEXÍVEIS

- Substratos isolantes e flexíveis:
 - Substratos rigi-flex: poliimida flexível



Rigid-flex substrates

- Flexíveis:



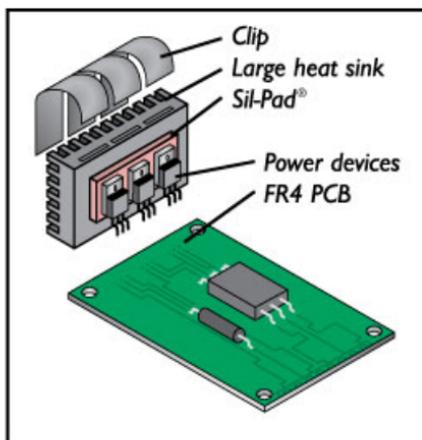
Flexible substrates

PSI2613 A04-119

PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO DE ALTA CONDUTIVIDADE TÉRMICA

- Substratos de Alta Condutividade Térmica (TClad)

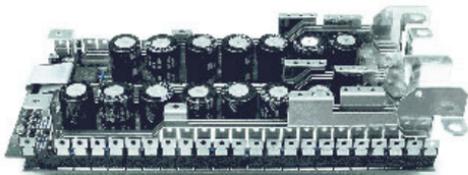
Tradicional



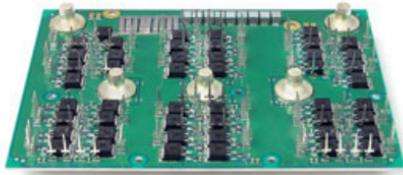
PSI2613 A04-120

- Substratos de Alta Condutividade Térmica (TClad)

Original Power Board Assembly (Actual)

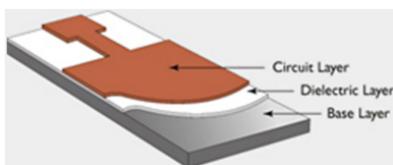


New Power Board Assembly (Actual)



PSI2613 A04-121

Anatomia de uma placa Thermal Clad:



Circuit Layer This is the printed circuit foil with thickness of 1oz to 10oz (35-350 μ m) in standard Thermal Clad.

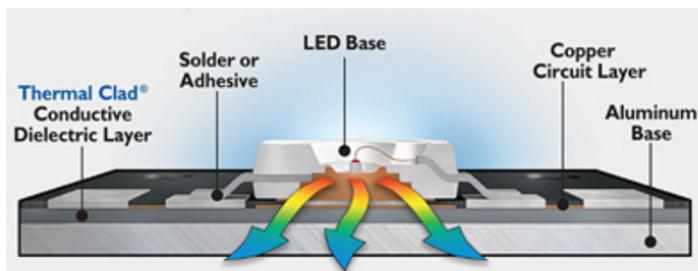
Dielectric Layer This offers electrical isolation with minimum thermal resistance. The multiple-layer dielectric is the key element of Thermal Clad, and bonds the base metal and circuit metal together. The dielectric has UL recognition, simplifying agency acceptance of final assemblies.

Base Layer This is often aluminum, but other metals such as copper may also be used. The most widely used base material thickness is 0.062" (1.6mm) in aluminum, although many thicknesses are available. In some applications, the base layer of metal may not be needed.

PSI2613 A04-122

PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO DE ALTA CONDUTIVIDADE TÉRMICA

- Aplicação: High Power LEDs



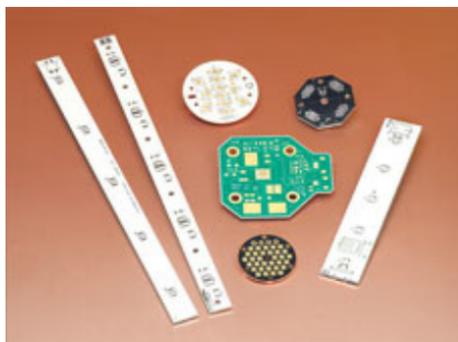
PSI2613 A04-123

PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO DE ALTA CONDUTIVIDADE TÉRMICA

- Aplicação TClads

High Power LEDs

Acionamento de Motores



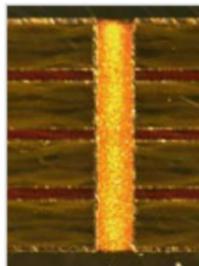
PSI2613 A04-124

PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO MULTICAMADAS

Placas multicamadas (multilayers):



vias

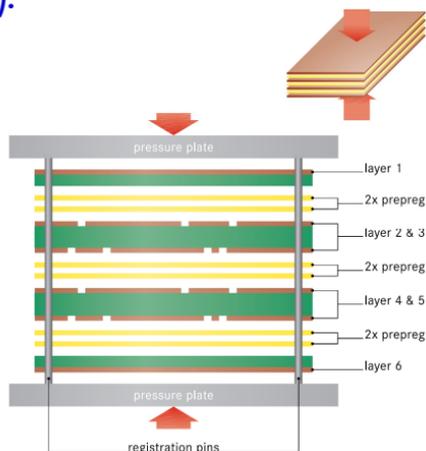


PSI2613 A04-125

PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO MULTICAMADAS

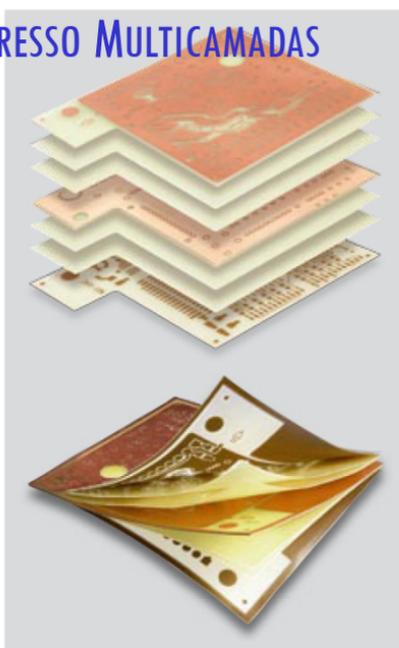
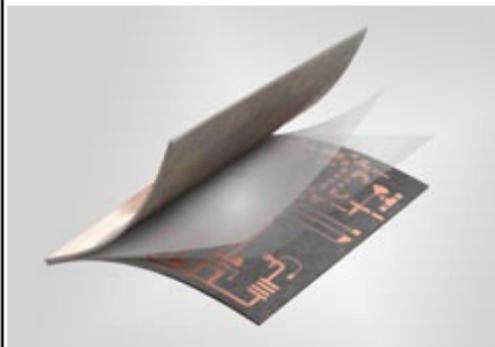
Placas multicamadas (multilayers):

- Pre-preg (pre-impregnated composite fibers)
 - laminados sem camada condutora:
 - Fluido a altas temperaturas (180 C-230 C)
 - 15mm menores que a placa
 - Pinos de registro (alinhamento)



PSI2613 A04-126

PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO MULTICAMADAS



PSI2613 A04-127

PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO MULTICAMADAS

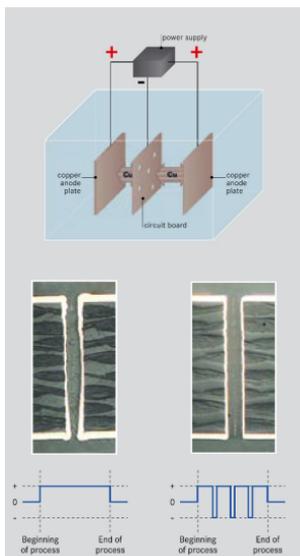
- Ferramentas (brocas) de furação:



PSI2613 A04-128

PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

Metalização das vias: Eletrodeposição



PSI2613 A04-129