PCB Design para Manufactura (DFM)

Seeed Studio Fusion

Tradutor técnico: Felipe Iglesias

CONTEÚDO

1. Breve Introdução 3

2. Seeed Fusion Especificação de PCB 4

2.1 Arquivos de Fabricação Necessários 4

2.2 Arquivos Gerber da PCB 4

2.3 Especificação da PCB para FR4-TG130 5

3. Estrutura de Laminação da PCB 8

3.1 Estrutura das camadas 8

4. Especificação das dimensões da PCB 9

4.1 Dimensões da PCB 9

5. Tratamentos de superfície 10

5.1 Nivelamento de solda por ar quente (HASL) 10

5.1.1 Requisitos do Processo 10

5.1.2 Áreas de aplicação 10

5.2 Imersão em Ouro e Níquel Eletrolítico (ENIG) 10

5.2.1 Requisitos do Processo 10

5.2.2 Áreas de aplicação 10

5.3 Conservantes Orgânicos de Solderabilidade (OSP) 10

6. PCBA Construção 11

7. Design das Trilhas de Cobre 12

7.1 Recomendações de largura de trilha, Espaçamento e Roteamento 12

7.2 Pads de Solda e Conexões das Trilhas 13

7.3 Requisitos de Design dos Planos de Cobre 14

8. Design da Máscara de Solda 16

8.1 Design da Máscara de Solda para as Trilhas de Cobre 16

8.2 Design da Máscara de Solda para Furos 16

8.2.1 Furos Transpaçados 16

8.3 Alinhamento dos Furos 16

8.3.1 Posicionamento dos Furos 17

8.3.2 Vias de passagem Enterradas e Cegas 17

8.4 Design da máscara de solda do Solder Pad 18

8.5 Design da máscara de solda para Gold-Finger 18

9. Design da Serigrafia (Silkscreen) 20

9.1 Considerações do Deisgn da Serigrafia 20

9.2 Conteúdos da Serigrafia 20

10. Design dos Furos 21

10.1 Furos Metalizados e não-Metalizados 21

10.1.1 Espaçamento Geral dos Furos 21

10.1.2 Área Livre do Furo Transpassado 21
10.2 Design Mecânico do Furo 21
10.2.1 Tipos de Furos 21
10.2.2 Requisitos de Espaçamento 22
11. Design da Marca Fiducial 23
11.1 Classificação 23
11.2 Estrutura das Marcas Fiduciais 23
11.2.1 Marcas Fiduciais de Painel e Marcas Fiduciais de Imagem 23
11.2.2 Referência Local 23
11.3 Posição dos Fiduciais 23
11.3.1 Marcas de Referência do Painel 24
11.3.2 Marcas de Referência da Imagem 24
11.3.3 Marcas de Referência Local 24
12. Panelização e Design de Pontes 25
12.1 Incisão em V-CUT 25
12.2 Design do Furo Estampado 26
12.3 Panelização 26
12.4 Métodos de Panelização para PCBs com Formatos Irregulares 28
13. Considerações no Layotut dos Componentes 29
13.1 Requisitos Gerais no Layout de Componentes 29
13.2 Solda por Refluxo 29
13.2.1 Requisitos Gerais para Componentes SMD 29
13.2.2 Requisitos de Localização para Componentes SMD 30
13.2.3 Requisitos de Layout para Componentes Through-Hole em PCBs Submetidas a Solda por Refluxo 32
13.3 Onda de Solda 32
13.3.1 Requisitos de Layout para Componentes SMD em PCBs Submetidas a Onda de Solda 32
13.3.2 Requisitos de Layout para Componentes Through-Hole Comuns 35
13.3.3 Requisitos Gerais para Componentes Through Hole 35

1. Breve Introdução

Seeed é uma plataforma de inovação de hardware para que criadores se sintam inspirados a criar produtos diferenciados e que ofereçam tecnologias acessíveis com garantia de qualidade. O Seeed Fusion Service oferece serviço de prototipagem completa para serviços de PCB (placa de circuito impresso), PCBA (PCB Assembly) e outros serviços eletrônicos e mecânicos personalizados (como Fresagem CNC, Impressão 3D, Serviço de Desenho de PCB).

A Seeed está na indústria de eletrônicos há mais de nove anos e acumulou grande experiência em fabricação. Para ajudar a preencher a lacuna entre projeto e manufatura e colocar em prática os valores de nossa empresa “Grow the Difference”, que visa ajudar mais pessoas a tornar seu produto em realidade, resumimos nossos 9 anos de experiência em fabricação neste manual.

Como não somos uma editora profissional, pode haver algumas grafias incorretas ou expressões vagas neste manual. Agradecemos muito seu feedback para nos ajudar a melhorar esse documento juntos. Continuaremos atualizando este manual para torná-lo benéfico para toda a comunidade, se você tiver algum conselho ou sugestão, entre em contato conosco: (fusion@seeed.cc). Para mais informações sobre o mais recente serviço e especificação de protótipos, por favor, dirija-se ao nosso site www.seeedstudio.com

Esta especificação define os parâmetros de projeto para PCB do ponto de vista de DFM, incluindo a forma, construção da laminação, projeto de marcas de referência, layout de componentes, trilhas condutivas, furos, máscara de solda, tratamentos de superfície, design de silkscreen e assim por diante.

Sobre o Tradutor:
Felipe Iglesias - Engenheiro eletrônico pela Universidade de Brasília, 5 anos de experiência em design de produto, manufatura e produção, especialmente dentro da indústria chinesa.
Engenheiro de produção especializado em manufatura de eletrônicos, plástico, metal e outros processos de produção, atuando desde o conceito inicial do projeto até a produção em massa.
https://www.linkedin.com/in/engfelipeiglesias/

2. Seeed Fusion Especificação de PCB

2.1 Arquivos de Fabricação Necessários

[1] **PCB (Placas de Circuito Impresso) apenas Serviço:**
Camadas de circuito, camadas de Soldermask (um para cada camada de circuito), camada de Silkscreen (opcional), camada mecânica (uma por arquivo), arquivo de perfuração (um por arquivo).

[2] **PCBA (Placa de Circuito Impresso e Solda de Componentes) Serviço:**
Mesmos arquivos do serviço de PCB mais Lista de Materiais (BOM).

[3] **Serviço de Estêncil:** Máscara de Solda / camada de Pasta de Solda. Para ambas as camadas de cima e de baixo / camadas de pasta podem ser gravadas no mesmo estêncil se a área efetiva do estêncil for grande o suficiente para acomodar ambas as camadas.

2.2 Arquivos Gerber da PCB

O formato Gerber é um formato de arquivo de imagem vetorial binário 2D aberto. É o arquivo padrão usado pela indústria de placa de circuito impresso (PCB) e software para descrever as camadas de uma placa: camadas de cobre, máscara de solda (soldermask), serigrafia (silkscreen), etc. Arquivos Gerber devem estar contidos dentro de um único arquivo .rar ou .zip com as seguintes extensões de arquivo padrão:

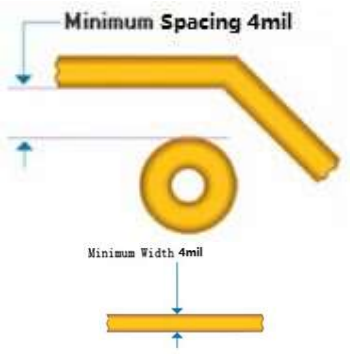
Extensão	Camada
pcbnome.GTL	Top Copper (Cobre Superior)
pcbnome.GTS	Top Soldermask (Máscara de Solda Superior)
pcbnome.GTO	Top Silkscreen (Serigrafia Superior)
pcbnome.GBL	Bottom Copper (Cobre Inferior)
pcbnome.GBS	Bottom Soldermask (Máscara de Solda Inferior)
Pcbnome.GBO	Bottom Silkscreen (Serigrafia Inferior)
pcbnome.TXT	Drill (Furos)
pcbnome.GML/GKO	Mechanical / Board Outline (Mecânica / Contorno da Placa)
pcbnome.GL2	Inner Layer 2 (Camada interna 2 – para ≥ 4 camadas)
pcbnome.GL3	Inner Layer 3 (Camada interna 3 – para ≥ 4 camadas)

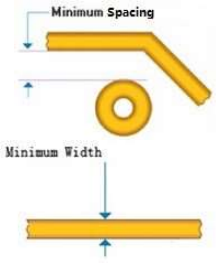
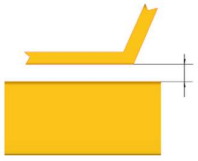
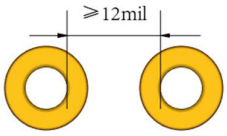
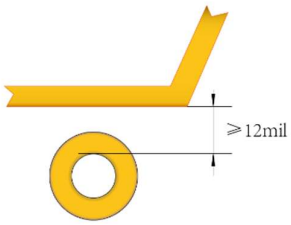
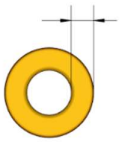
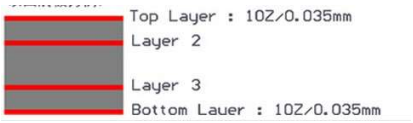
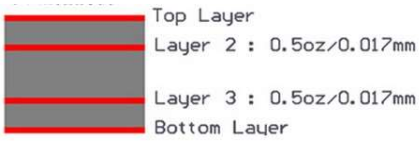
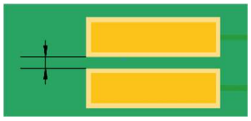
Notas:

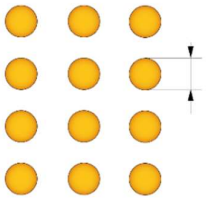
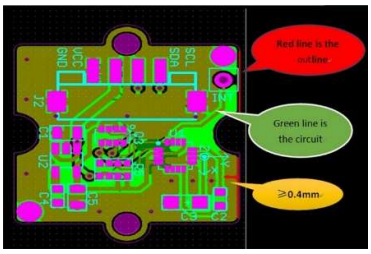
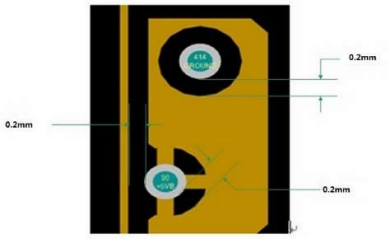
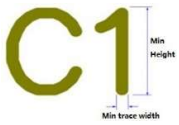
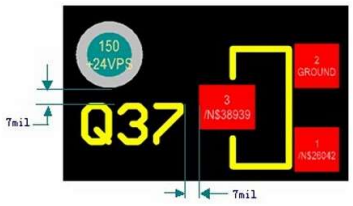
1. Arquivos Gerber deve estar em formato RS-274x.
2. O arquivo de perfuração (drill) deve estar no formato *Excellon*.
3. Os arquivos Gerber e o arquivo de perfuração (*Drill*) devem ser armazenados na mesma pasta / arquivo.
4. O contorno da placa deve ser providenciado.

2.3 Especificação da PCB para FR4-TG130

Unidades: mm [mil] quando aplicável

ITEM	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO
Dimensões da placa	Dimensões mínimas	10 * 10mm Dica: Se a largura da sua placa for menor que esse tamanho, você pode fazer um painel maior e usar slots para separar as placas.
	Dimensões máximas	500 * 500mm
Quantidade de camadas		1 - 16 camadas
Quantidade de placas	Quantidade mínima por ordem	5 peças
	Quantidade máxima por ordem	8000 peças
Constante dielétrica		4.2 - 4.7
Espessura da separação dielétrica		0.075 - 5.0
Espessuras de placa disponíveis	1-2 camadas	0.6 / 0.8 / 1.0 / 1.2 / 1.6 / 2.0 / 2.5 / 3.0
	4 camadas	0.8 / 1.0 / 1.2 / 1.6 / 2.0 / 2.5 / 3.0
	6-8 camadas	1.0 / 1.2 / 1.6 / 2.0 / 2.5 / 3.0
	10 camadas	1.2 / 1.6 / 2 / 2.5 / 3.0
	12 camadas	1.6 / 2.0 / 2.5 / 3.0
	14 camadas	2.0 / 2.5 / 3.0
	16 camadas	2.5 / 3.0
Espessura da camada de cobre disponíveis		1oz. 2oz. 3oz.
Tolerância da espessura das placas		± 10%
Largura e Espaçamento mínimo da trilha		Para 1oz: 4mil, 5mil, 6mil [0.1mm, 0.13mm, 0.15mm] Para 2oz: 10mil [0.25mm] Para 3oz: 15mil [0.4mm]

Largura mínima das trilhas nas camadas internas (para placas de 4 camadas)		6mil
Distância mínima entre a trilha e o cobre		Para 1oz ≥ 8mil Para 2oz ≥ 12mil Para 3oz ≥ 15mi
Distância mínima entre as vias		12mil
Distância mínima entre PTH e a trilha		12mil
Anéis		≥ 0.15mm [6mil]
Espessura de cobre da camada Exterior		0.035 - 0.07mm (para 1oz - 2oz)
Espessura de cobre da camada Interior		0.017 (para 0.5oz)
Diâmetro do furo de perfuração (mecânico)		0.2 - 6.5mm
Largura Mínima da Barragem da máscara de solda (Soldermask)		Padrão: ≥ 0.32mm para Verde ≥ 0.35mm para outras cores Limite (custos extra): ≥ 0.10mm para Verde ≥ 0.13mm para outras cores
Diâmetro dos Furos Castellados	Mínimo	0.6mm

Dimensões dos pads de BGA (para espaçamento/largura da triha)		Para 6mil ≥ 0.45mm Para 5mil ≥ 0.35mm Para 4mil ≥ 0.25mm
Espaçamento mínimo entre o circuito e a boarda da placa		0.3mm
Distância mínima entre a trilha interna e o NPTH		0.2mm [8mil]
Altura e Largura de trilha mínimas da serigrafia		Altura ≥ 0.6mm [23mil] Largura da trilha ≥ 0.1mm [4mil]
Proporção perfeita para o texto da serigrafia		1:5
Cores da Serigrafia	Caso a máscara de solda (soldermask) for Verde/Vermelha/Amarela/Azul/Preta	Serigrafia (Silkscreen) é BRANCA
	Caso a mascara de solda (soldermask) for Branca	Serigrafia (Silkscreen) é PRETA
Distância mínima entre o Pad e a Serigrafia (Silkscreen)		0.15mm [6mil]
Largura Mínima da abertura de Fresamento		0.8mm
Tolerância da abertura (Mecânica)		± 0.15mm
Dimensões da placa para corte em V (V-cutting)	Mínima	70 * 55mm
	Máxima	380 * 380mm
	Dimensões mínimas das Sub-Placas	8 * 8mm
Tempo para produção de PCB	Varia de acordo com as características específicas da placa	3 - 14 dias úteis

3. Estrutura de Laminação da PCB

3.1 Estrutura das camadas

[4] Para a laminação de PCBs, geralmente há dois tipos de projeto: estrutura de folha de cobre e estrutura de placa de núcleo. O tipo de placa *Core* (Núcleo) é usado em placas multicamadas especiais e placas mistas.

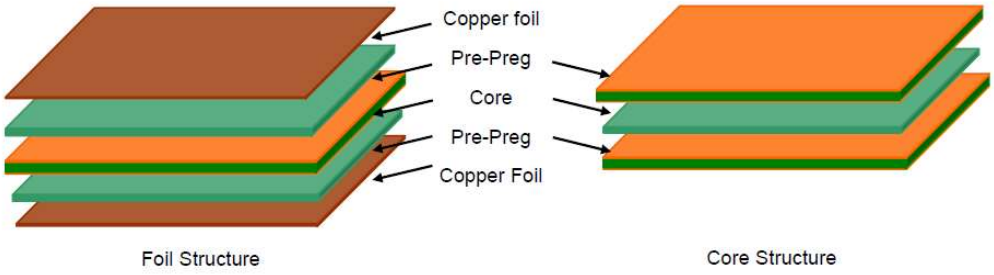


Figura 1: Tipos de laminação de PCB.

[5] Folhas de cobre de 0.5oz são, geralmente, utilizadas para as camadas externas, enquanto que folhas de cobre de 1oz são, em geral, escolhidas para as camadas internas. Placas que possuem núcleo com espessuras assimétricas devem ser evitadas nas camadas internas.

[6] Considerar projetos de placas simétricas incluem a espessura das camadas pre-preg (pré-impregnadas), o tipo de resina usada, a espessura da folha de cobre e o tipo de distribuição das camadas (camada da folha de cobre, camda dos circuitos). O layout deve ser o mais simétrico possível considerando o eixo de simetria.

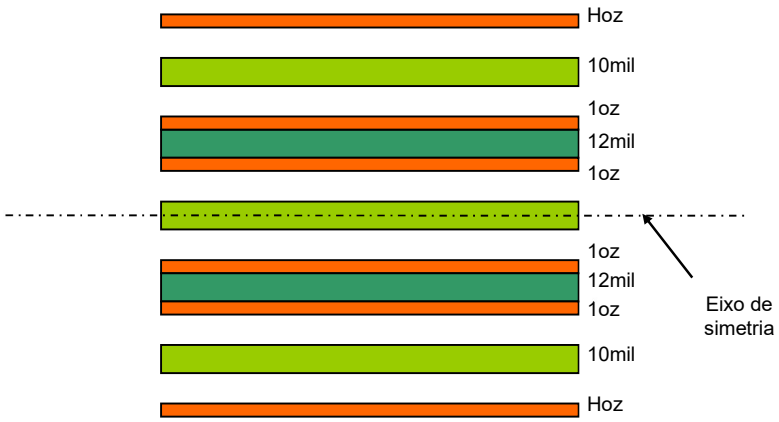


Figura 2: Design simétrico das camadas da placa.

4. Especificação das dimensões da PCB

4.1 Dimensões da PCB

[7] As dimensões máximas da placa são 500 * 500mm, e as dimensões mínimas são 10 * 10mm.
[8] A máxima espessura da placa é 3mm e a mínima é 0.6mm (somente 1-2 camadas).

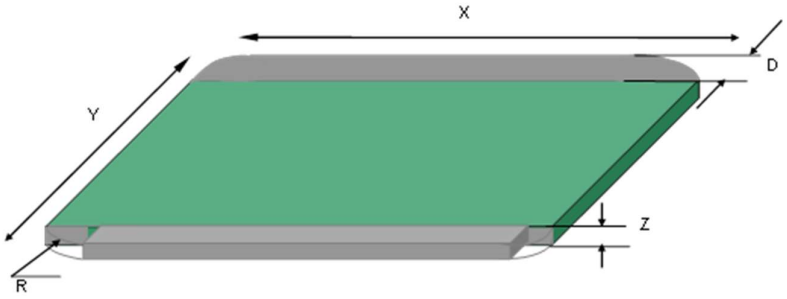


Figura 3: Descrição das dimensões da PCB.

[9] Relação Largura Espessura recomendada da PCB = Y / Z ≤ 150.
[10] Relação comprimento / largura recomendada da PCB = X / Y ≤ 2.

[11] Para placas com espessuras inferiores à 0.8mm, a folha de cobre deve ser uniformemente distribuída para evitar que a placa se dobre. Se houver várias placas menores, o uso de um acessório é recomendado.
[12] Caso o lado primário não atender aos requisitos da áreas de folga, recomenda-se a adição de uma margem com largura maior que 5mm, ao longo da direção de deslocamento.

Figura 4: Dimensões de margem mínima da PCB.

[13] O corpo dos componentes não deve ultrapassar a borda da PCB e deve também satisfazer os seguintes requisitos :

- A distância da borda da placa para os pads de solda (or corpo do componente) para o lado primário deve ser maior do que 5mm.
- Para solda sem refluxo, quando um componente se projeta para fora do PCB, a largura da margem é a seguinte:

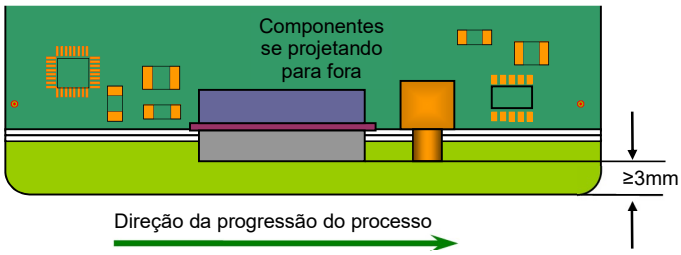


Figura 5: Requisitos de margem do componente salientes.

- Para solda sem refluxo, quando um componente sobressai da placa de circuito impresso, o mesmo deve caber na margem com uma folga de 0.5mm, conforme mostrado na Figura 6.

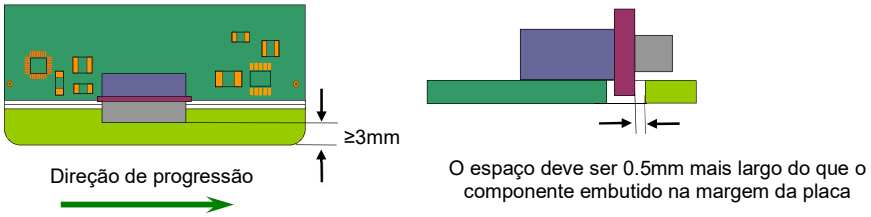


Figura 6: Requisitos do espaço entre os componentes salientes e a borda da placa.

5. Tratamentos de superfície

5.1 Nivelamento de solda por ar quente (HASL)

5.1.1 Requisitos do Processo

[14] A PCB é revestida com uma liga de prata-estanho derretida e o excesso é soprado usando uma “faca” de ar quente. O revestimento resultante na superficie de cobre exposta deve estar entre 1µm e 25µm.

5.1.2 Áreas de aplicação

[15] Usando o processo HASL, é difícil controlar a espessura do revestimento e preservar a forma dos pads de forma precisa. Por isso, não é recomendado para PCBs com afastamento reduzido entre os contatos (*pads*) dos componentes pois os pads de cobre precisam ser planos. Além disso, o choque térmico causado pelo processo HASL pode causar o empenamento da placa. Portanto, PCBs ultra-finas de espessura inferior a 0,7mm não se recomenda esse tipo de tratamento.

5.2 Imersão em Ouro e Níquel Eletrolítico (ENIG)

5.2.1 Requisitos do Processo

[16] *Electroless Nickel Immersion Gold* (ENIG) ou Imersão em Ouro e Níquel Eletrolítico é um tratamento de superfície que envolve os pads de cobre expostos com níquel e ouro através de imersão, para ajudar a conter a oxidação. As superficies de cobre da PCB tratadas por esse processo devem ter uma espessura de revestimento de níquel de 2.5µm-5.0µm, e a espessura da camada de ouro resultante (99.9% ouro puro) fica na faixa de 0.08µm-0.23µm.

5.2.2 Áreas de aplicação

[17] Devido a superfície plana resultante, esse processo é adequado para PCBs com componentes que possuem espaçamento reduzido entre os contatos.

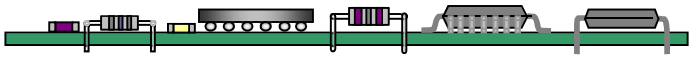
5.3 Conservantes Orgânicos de Solderabilidade (OSP)

[18] *Organic Solderability Preservatives* (OSP) ou Conservantes Orgânicos de Solderabilidade protege os pads de cobre expostos com uma fina camada de um composto orgânico. Atualmente, a única formula orgânica recomendada é a Entek Plus Cu-106A da Enthone, no qual resulta em uma espessura entre 0.2µm-0.5µm. Por causa do revestimento resultar em uma superfície incrivelmente plana, é muito popular em PCBs com componentes que possuem contatos com espaçamento reduzidos (pads muito próximos).

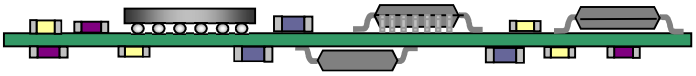
6. PCBA Construção

[19] PCBs podem ser projetadas para ter apenas componentes montados sobre a superfície (SMT), componentes transpassados ou ambos, em uma camada ou camadas superior e inferior.

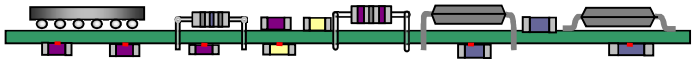
Montagem de componentes SMT em um só lado



Montagem mista de um só lado



Montagem de componentes SMT em dois lados



Montagem mista de dupla face com solda de onda (wave soldering)

Figura 7: Tipos de contrução de PCB.

7. Design das Trilhas de Cobre

7.1 Recomendações de largura de trilha, Espaçamento e Roteamento

[20] A largura e o espaçamento das trilhas variam de acordo com a espessura do material de cobre e qual camada a trilha está localizada. A largura mínima e o espaçamento das camadas internas e externas de acordo com diversas espessuras de cobre são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1: Espaçamento e Largura Mínima.

Espessura do Cobre (oz)	Largura e espaçamento de trilha da camada externa (mil)	Largura e espaçamento de trilha da camada interna (mil)
1	4	6
2	6	6
3	8	6

[21] Para camadas externas, a distância entre as trilhas e os pads de cobre deve satisfazer os requisitos mostrados na Figura 8.

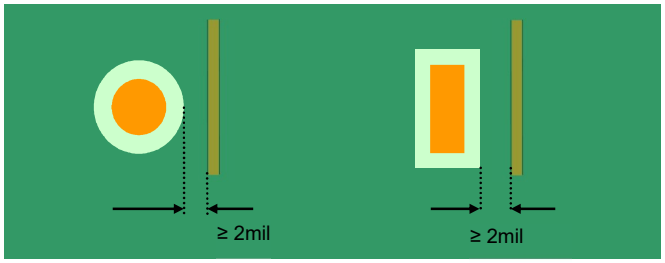


Figura 8: Espaçamento entre trilhas e pads recomendado.

[22] A distância entre as trilhas da camada externa, camada internas dos planos de alimentação/referência (terra) e barramentos de terra até a borda da placa deve ser maior do que 20 mil.

[23] Não deve haver nenhuma trilha passando pelo revestimento metálico dos componentes (por exemplo, dissipador de calor). A região da carcaça de metal dos componentes deve ter uma área de folga de 1,5mm ao redor do preímetro dos componentes.

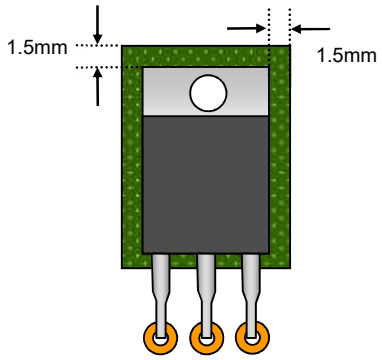


Figura 9: Área de folga para componentes com carcaças de metal.

[24] Distância da trilha até furos transpassados não revestidos está resumido na tabela 9.

Tabela 2: Recomendação das distâncias entre as trilhas a borda de furo não revestidos (NPTH).

Tamanho da abertura	Distância da trilha até a borda do furo	
NPTH < 80mil	Furo de montagem	Consulte o design do furo
	Furo de não montagem	8mil
80mil < NPTH < 120mil	Furo de montagem	Consulte o design do furo
	Furo de não montagem	12mil
NPTH > 120mil	Furo de montagem	Consulte o design do furo
	Furo de não montagem	16mil

7.2 Pads de Solda e Conexões das Trilhas

[25] Assimetria deve ser evitada nas trilhas e nas conexões dos pads.

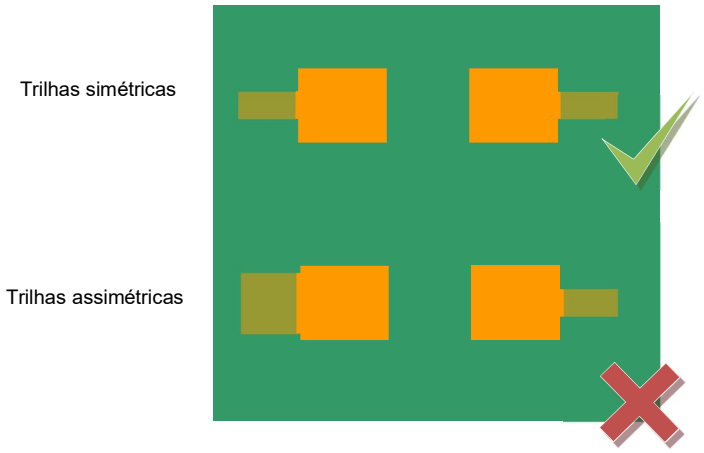


Figura 9: Exemplo de Trilha simétrica e assimétrica.

[26] As trilhas devem começar do centro dos pads de solda e não cruzar os pads como na Figura 10 abaixo.

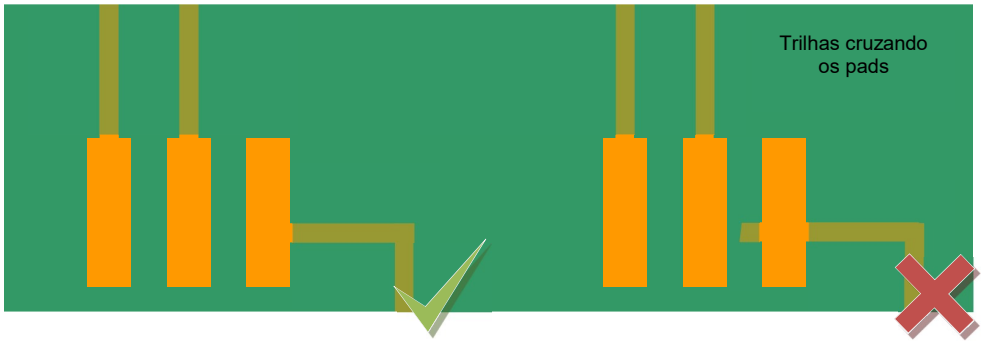


Figura 10: Posição inicial das trilhas nos pads.

Figura 11: Alinhamento entre pads e trilhas mal feito.

[27] Quando a largura da trilha é maior do que a do próprio pad, as trilhas não devem sobrepor os pads. A largura da trilha deve ser reduzida no ponto de contato como mostrada na figura 12. Quando pinos adjacentes necessitem ser conectados, a trilha não pode passar direto entre os pads. Ao invés disso, ela deve partir por fora e conectar conforme a figura 13.

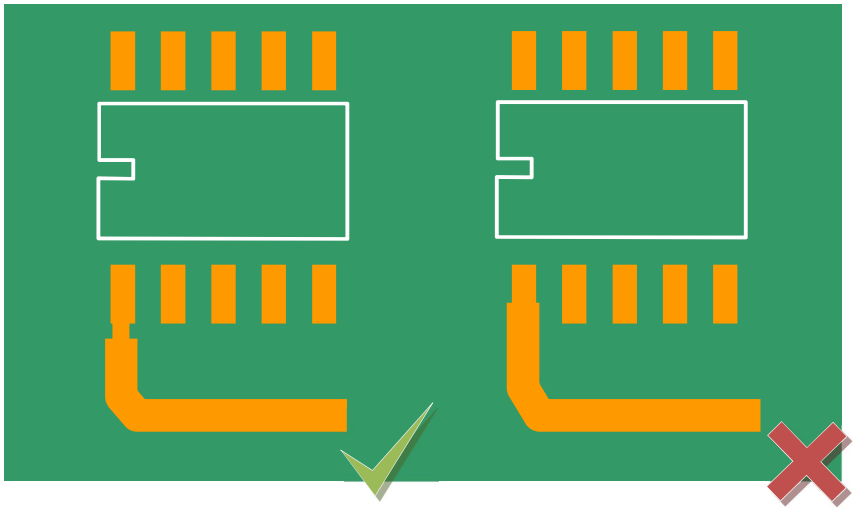


Figura 12: Conexão entre as trilhas e pads quando a trilha superar o pad em largura.

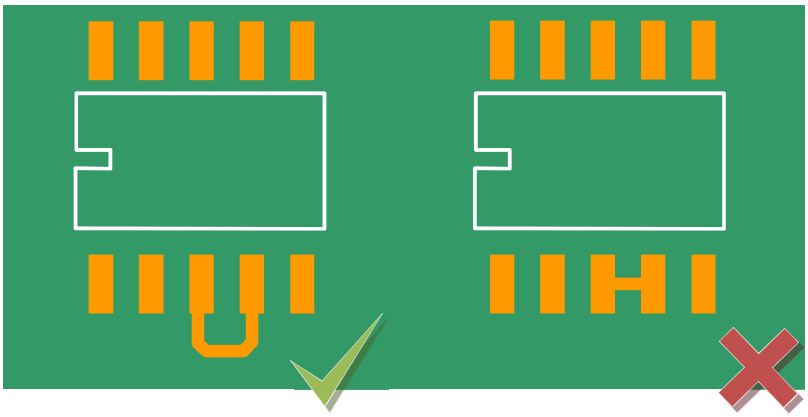


Figura 13: Conexão entre pads adjacentes.

[28] Os designs abaixo são recomendados para assegurar uma forte conexão entre a trilha e os furos.

Figura 14: Conexões entre trilhas e furos..

7.3 Requisitos de Design dos Planos de Cobre

[29] Quando as trilhas na mesma camada são distribuídas de maneira desigual, ou a distribuição do cobre em diferentes camadas é assimétrica, é então recomendável incluir no projeto uma grade de cobre.

[30] Se houver uma grande parte da placa sem cobre, um plano desse pode ser usado para uniformizar a distribuição.

[31] As dimensões recomendadas da grade de cobre são de aproximadamente 25mil x 25mil.

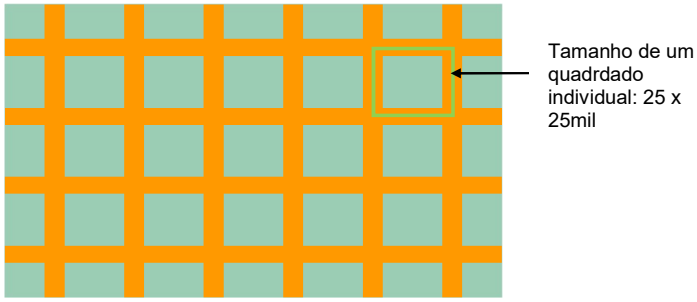


Figura 15: Design recomendado da grade de cobre.

8. Design da Máscara de Solda

8.1 Design da Máscara de Solda para as Trilhas de Cobre

[32] Geralmente, a máscara de solda é desenhada para cobrir as trilhas de cobre, porém, em casos especiais, as trilhas podem ser expostas dependendo do propósito.

8.2 Design da Máscara de Solda para Furos

8.2.1 Furos Transpaçados

[33] Furos transpaçados devem possuir aberturas na máscara de solda para ambos os lados da placa, centralizado em referência ao furo, como mostrado na Figura 16. O diâmetro requerido da abertura deve ser D + 5mil onde D é o diâmetro do furo.

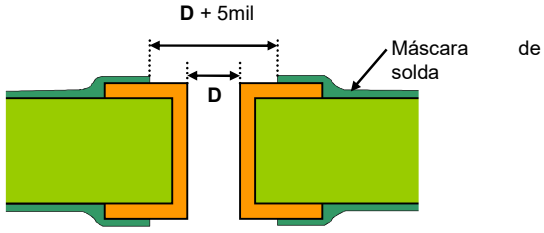


Figura 16: Abertura da máscara de solda para furos transpaçados.

8.3 Alinhamento dos Furos

[34] Para furos de rebites metálicos, a abertura da mascara de solda deve ser centralizada em torno do orifício do rebite com diâmtero + 6mil do pad, para ambos os lados.

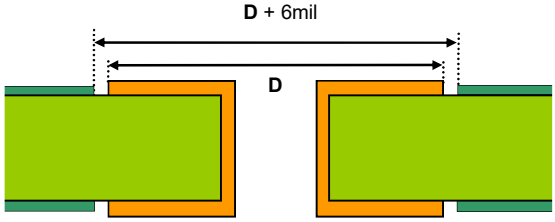


Figura 17: Abertura da Máscara de solda dos furos para rebites metálicos.

[35] Para furos de rebites não-metálizados, a abertura da máscara de solda deve ser maior do que a abertura que acomoda a cabeça do parafuso.

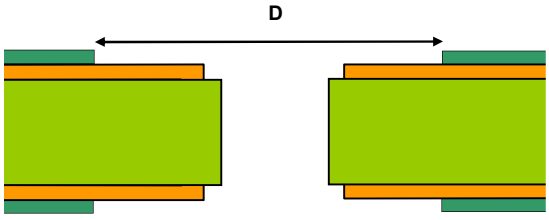


Figura 18: Abertura da máscara de solda para furos não-metalizados de rebites.

[36] As aberturas da máscara de solda do tipo A para ondas de solda devem satisfazer a Figura 19.

Lado inferior

D ≥ Área de abertura da cabeça do parafuso

Lado superior

Figura 19: Abertura mecânica da máscara de solda de Tipo A.

8.3.1 Posicionamento dos Furos

[37] Para furos não-metalizados, a abertura da mascara de solda em ambos os lados deve ser D + 10mil, concêntrica em torno do furo, onde D é o diâmetro do furo. Como apresentado na Fugura 20.

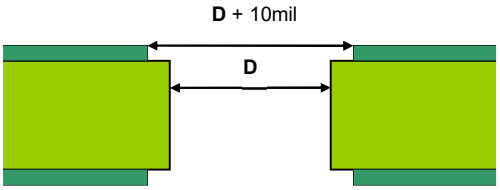


Figura 20: Abertura da máscara de solda para furos mecânicos não-metalizados.

8.3.2 Vias de passagem Enterradas e Cegas

[38] Vias internas (ou vias enterradas) não requerem abertura da máscara de solda em nenhum dos lados da placa.

[39] Para PCBs que requerem processo de onda de solda, ou se a placa possuir componentes BGA (ou CSP) com a distância entre os pads menores do que 1.00mm, as vias BGA devem ser conectadas.

[40] Se um ponto de teste de circuito (in circuit test - ICT) for adicionado sob o BGA, recomenda-se construir o pad ligado ao furo de passagem como na Figura 21. O diâmetro dos pads devem ser de 32mil com a abertura da máscara de solda de 40mil.

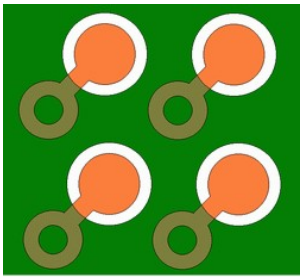


Figura 21: Pad de testes BGA.

[41] Se a PCB não necessitar de onda de solda, e a distância entre os pads do componente BGA for maior do que 1.00mm, então não há necessidade de vias conectadas. O próprio BGA pode ser utilizado como um ponto de teste. O lado superior da abertura da máscara de solda deve ser 5mil maior do que o diâmetro do furo. O pad de testes do lado inferior deve ser o mesmo que [40] acima.

8.4 Design da máscara de solda do Solder Pad

[42] Design da máscara de solda para os pads de cobre devem seguir a Figura 22.

Figura 22: Abertura da máscara de solda para os pads de cobre em diferentes ocasiões.

[43] Uma vez que os fabricantes de PCB têm limitações na precisão e limites na largura mínima das aberturas da máscara de solda, as aberturas devem ser pelo menos 6mil maior que o tamanho do pad (3mil para cada lado), com uma espessura mínima de 3mil. Deve haver máscara de solda entre pads e furos para prevenir pontes de solda, o que poderia resultar em curto-circuitos na placa.

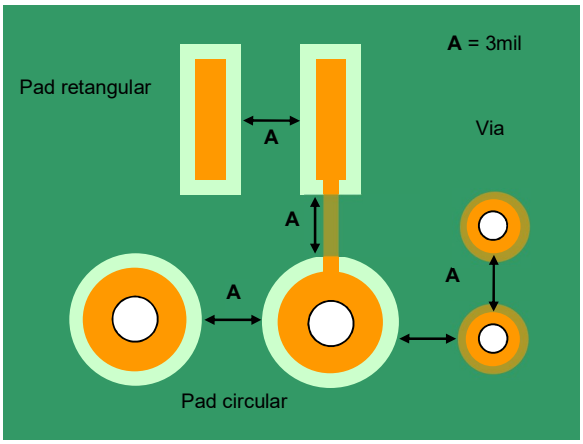


Figura 23: Aberturas da máscara de solda para vários pads de cobre.

[44] Grupos de pads SMD com menos de 0.5mm (20mil) de distância ou menores que 10mil entre as bordas dos pads não precisarm de máscara de solda para separá-los e podem ficar expostos como um grupo. Veja a Figura 24.

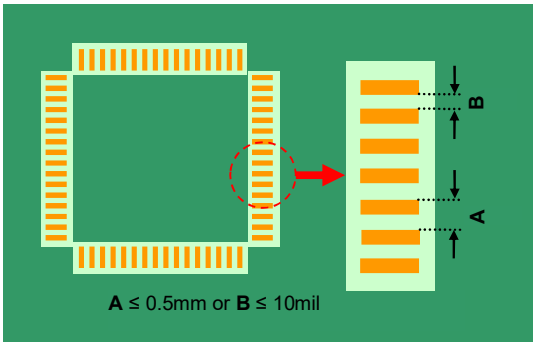


Figura 24: Abertura da máscara de solda para componentes SMD com pads próximos.

[45] Abertura da máscara de solda recomendada quando usado para dissipação de calor.

8.5 Design da máscara de solda para Gold-Finger

[46] Os pads de cobre de conectores do tipo **gold-finger** (dedo de ouro) devem abrir a mascara de solda em conjunto. A parte superior dos pads (onde a trilha é conectada) deve ser aberta e alinhada com o material da máscara de solda, e, a abertura da máscara de solda da extremidade inferior deve cobrir até a borda da placa, como mostrado na Figura 25.

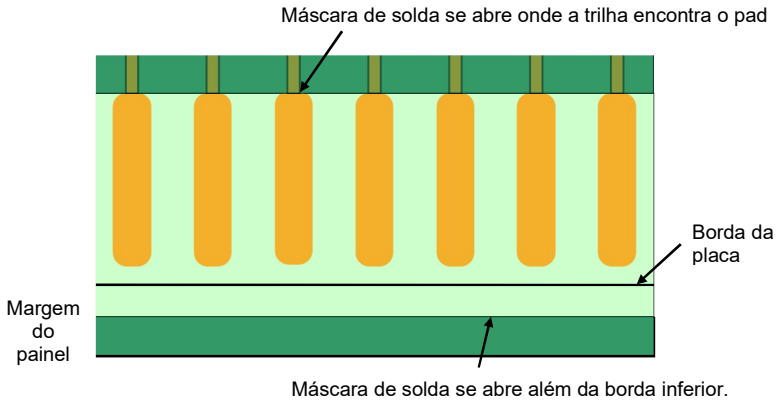


Figura 25: Abertura da máscara de solda para dedo de ouro (gold-finger).

9. Design da Serigrafia (Silkscreen)

9.1 Considerações do Deisgn da Serigrafia

[47] Recomendações Gerais

- A largura da linha da serigrafia deve ser maior do que 5mil. Designers devem assegurar que a altura da letra é larga o suficiente para ser lida a olho nu (recomendado > 50mil).
- Espaço recomendado entre duas serigrafias > 8mil.
- A serigrafia não pode sobrepor pads de solda ou marcas de referência. O espaço mínimo entre ambas as serigrafias é de 6mil.
- Para o design de PCBs de alta densidade, o conteúdo da serigrafia pode ser escolhida de acordo com requisitos específicos. Qualquer texto de serigrafia, deve seguir a convenção da esquerda para a direita, de cima para baixo.

9.2 Conteúdos da Serigrafia

[48] O conteúdo da serigrafia pode incluir o nome da PCB, versão, número de série do componente, etiqueta de polaridade e direção da etiqueta, código de barras, local do furo de montagem, footprint do componente, indicação da direção da placa durante a solda, etiqueta anti-estática, etiqueta do dissipador de calor, etc.

[49] Nome e versão da PCB.

Nome e versão devem ser colocados no lado superior da PCB. A fonte deve ser escolhida de modo que possa ser facilmente lida. Os lados superior e inferior da PCB também devem ser marcados com ‘T’ e ‘B’ (ou similar).

[50] Código de barra (opcional):

- O código de barras deve ser orientado horizontalmente ou verticalmente na PCB, evite orientar o código de barras em qualquer outro ângulo.
- A posição recomendada do código de barras em uma placa típica é mostrada na figura abaixo; a posição em placas não padronizadas pode usar isto para referência.

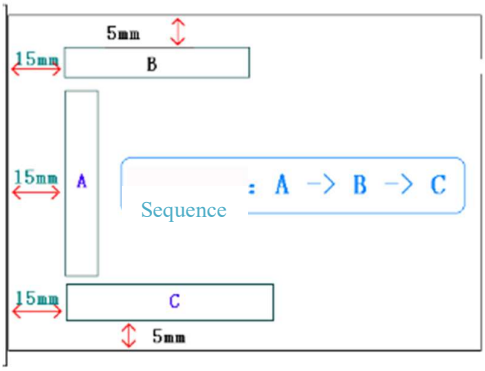


Figura 26: Posicionamento recomendado do código de barras.

[51] Serigrafia dos componentes:

- Etiquetas dos componentes, furos de montagem e furos de posicionamento devem ser claramente indicados na serigrafia e devem ser localizados pelas características relevantes.
- Serigrafia dos caracteres, polaridade e etiquetas de orientação não devem ser cobertos pelos componentes.
- Para componentes soldados horizontalmente (como capacitores eletrolíticos), a serigrafia deve incluir o contorno do componente na posição correspondente.

[52] Direção do Processo de solda

Para PCBs que requerem ser alimentadas em um equipamento, tais como equipamento de onda de solda, em uma orientação específica, a direção do deslocamento deve ser indicada na placa. Isso também é adequado para PCBs com ladrões de solda e pads em forma de gota.

[53] Dissipador de calor:

Para PCBs de alta potência que requerem dissipador de calor, se a área projetada para o dissipador de calor for mais larga do que o componente, o tamanho real deve ser indicado na serigrafia.

[54] Etiqueta Anti-Estática:

A serigrafia da etiqueta anti-estática deve ser pereferencialmente colocada no lado superior da PCB.

10. Design dos Furos

10.1 Furos Metalizados e não-Metalizados

10.1.1 Espaçamento Geral dos Furos

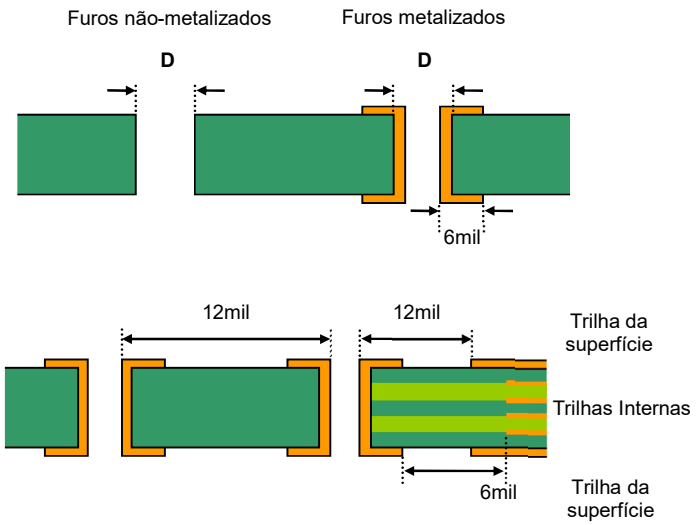


Figura 26: Requisitos de espaçamento para os furos.

[55] Aqui, nós definimos 'D', como o diâmetro mínimo do furo finalizado de um lado ao outro do material da PCB. Onde a parede ou borda é definida como a parede do material da PCB e as paredes chapeadas incluem a borda metalizada. Repare na figura 26. O diâmetro mínimo do furo finalizado é de 0.2mm. Para furos metalizados, o diâmetro real acabará sendo menor quando finalizado.

[56] O espaçamento mínimo entre as bordas de dois furos consecutivos deve ser maior do que 12mil, sendo metalizado ou não. Para furos metalizados, a medida da distância não inclui o material de revestimento e é especialmente importante para evitar a migração de íons (vazamento do material de revestimento dentro das camadas).

[57] Para furos metalizados, as paredes revestidas devem ter ao menos 12mil de distância das trilhas que passam pela superfície.

[58] Para placas com camadas de cobre internas, as trilhas internas devem estar a 6mil de distância da borda dos furos ou até os pads. Isso também serve para reduzir o risco de migração de íons.

10.1.2 Área Livre do Furo Transpassado

[59] Furos transpassados não devem sobrepor os pads de solda.

[60] Furos transpassados não devem estar em uma região que se extenda 1.5mm do revestimento externo de qualquer componente.

10.2 Design Mecânico do Furo

10.2.1 Tipos de Furos

Tabela 3: Designs recomendados dos furos de acordo com a função

Processo de solda	Prendedor de metal	Presilha Não-Metálica	Rebite Metálico Revestido	Rebites Não-Metálicos	Posicionamento da Placa (Fiduciais)
Onda de Solda	Tipo A	Tipo C	Tipo B	Tipo C	
Sem Onda de Solda	Tipo B				

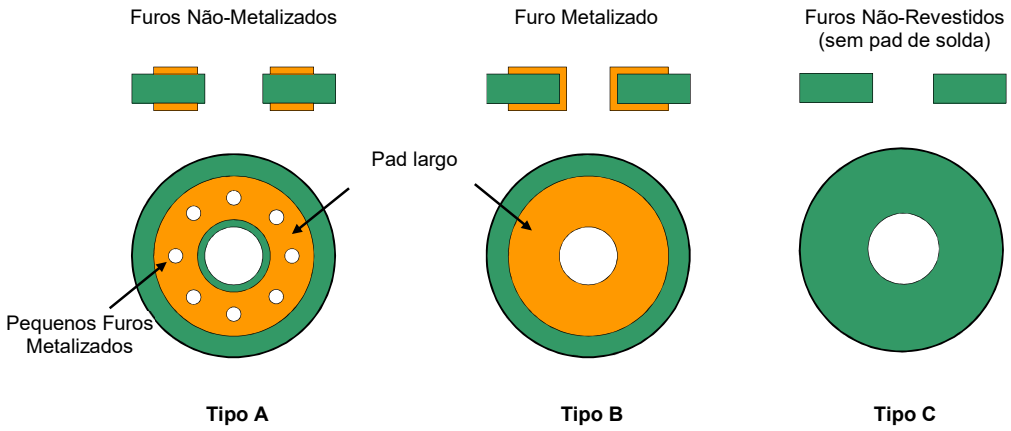


Figura 26: Estrutura mecânica dos furos.

10.2.2 Requisitos de Espaçamento

Tabela 4: Espaçamento recomendado de furos mecânicos de acordo com a finalidade.

Finalidade	Diâmetro do Fixador (mm)	Diâmetro de folga da superfície (mm)
Furo dos Parafusos	2	7.1
	2.5	7.6
	3	8.6
	4	10.6
	5	12
Furo dos Rebites	4	7.6
	2.8	6
	2.5	6
Posicionamento / Furos, etc.	≥ 2	Componente metálico de montagem Área máxima de desobstrução + A *

* Onde "A" é o espaçamento mínimo entre o furo e a trilha, sem área mínima de cobre na camada interna.

11. Design da Marca Fiducial

11.1 Classificação

[61] Marcas fiduciais são divididas em três categorias de acordo com a posição e função: **Fiduciais do painel**, **Fiduciais Imagem** e **Fiduciais locais**.

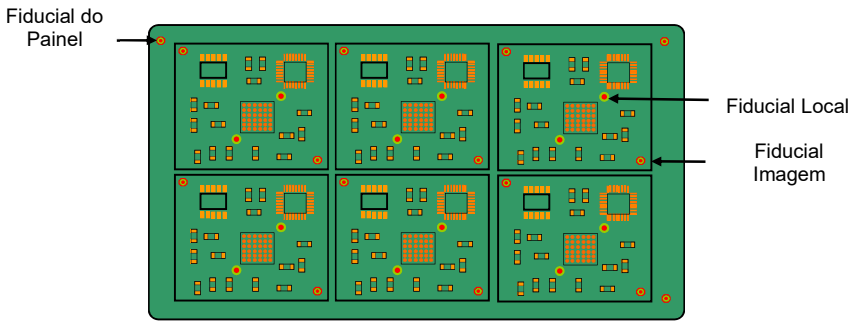


Figura 27: Classificação das Marcas Fiduciais.

11.2 Estrutura das Marcas Fiduciais

11.2.1 Marcas Fiduciais de Painel e Marcas Fiduciais de Imagem

[62] Tamanho/Forma: um círculo sólido e preenchido com um diâmetro de 1.00mm.
Abertura da máscara de solda: 2.00mm de diâmetro e concêntrico com o Fiducial.
Cobre de cobertura: um anel de cobre octogonal de 3.00mm de diâmetro concêntrico com o Fiducial e área de folga.

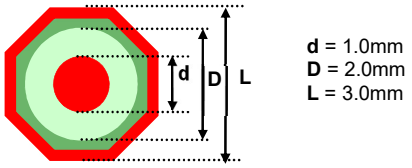


Figura 29: Estrutura dos Fiduciais Painel e Imagem.

11.2.2 Referência Local

[63] Tamanho/Forma: um círculo sólido e preenchido com um diâmetro de 1.00mm.
Abertura da máscara de solda: 2.00mm de diâmetro e concêntrico com o Fiducial.
Cobertura de Cobre: não necessária.

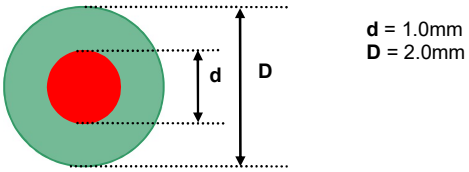


Figura 29: Estrutura dos Fiduciais Locais.

11.3 Posição dos Fiduciais

[64] Em geral: PCBs que requerem montagem automazida de SMT devem ter marcas fiduciais nas camadas necessárias. PCBs que requerem apenas solda manual não necessitam de marcas Fiduciais.
Para placas de camada única, marcas Fiduciais são necessárias somente no lado onde os componentes serão soldados.
Para placas de camada dupla, ambos os lados devem ter marcas Fiduciais. A posição das marcas devem ser geralmente consistente.

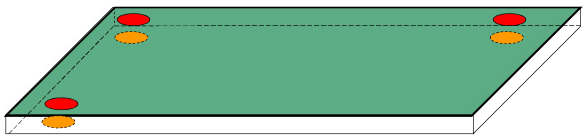


Figura 29: Ambos os lados de uma PCB de camada dupla devem geralmente ser consistente um com o outro.

11.3.1 Marcas de Referência do Painel

[65] Fiduciais de Painel e Imagem devem ser localizadas nas margens do painel e individualmente nas sub-placas respectivamente. Deve haver três pontos de referência por placa e três Fiduciais locais por sub-placa, dispostos em um format de 'L' o mais longe possível um do outro, como mostrado na Figura 30:

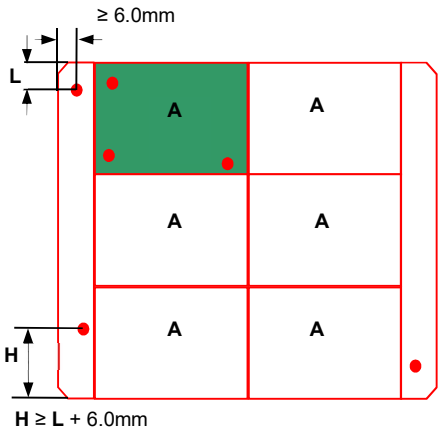


Figura 30: Requisitos de posicionamento fiducial nas margens do painel e placas individuais.

11.3.2 Marcas de Referência da Imagem

[66] Deve haver três marcas Fiduciais por sub-placas, dispostas em forma de 'L', localizadas o mais longe possível umas das outras. A distância entre a origem da marca fiducial e a borda da sub-placa deve ser maior do que 6.00mm. Caso não seja possível garantir que as quatro bordas satisfaçam esse requisito, então esse requisito deve ser satisfeito pelo menos pelo lado primário.

11.3.3 Marcas de Referência Local

[67] Para dispositivos com pinos do tipo "*gullwing*" e um espaçamento entre os pads ≤ 0.4mm, e dispositivos de matriz de superfície com um espaçamento dos pads ≤ 0.8mm, são necessários pontos de referência locais. Duas marcas Fiduciais Locais são necessárias por componente e devem ser simétricas em ambos os lados da origem do componente.

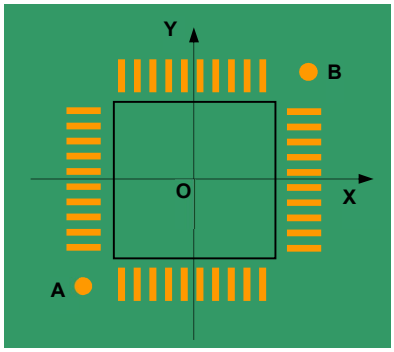


Figura 31: Fiduciais Locais devem ser simétricos em relação à origem do componente.

12. Panelização e Design de Pontes

12.1 Incisão em V-CUT

[68] A incisão do corte em V pode ser usada no painel da PCB para separar placas individualmente. Esses cortes devem percorrer toda extensão do painel, paralelamente a uma borda plana e não interferir no posicionamento de qualquer componente.

[69] Para painéis que utilizam incisão de corte em V em seu design, a recomendação é de que a espessura da placa seja superior a 3.0mm.

[70] Para PCBs que requerem remoção automática dos painéis, é necessária uma área de folga de 1.0mm em ambos os lados da linha de corte em V (e nas superfícies superior e inferior) para proteger os componentes contra quaisquer danos.

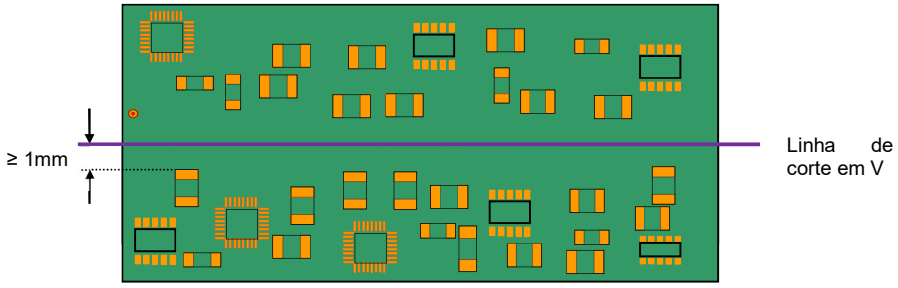


Figura 32: Área de folga para o corte em V em PCBs com despanelização automática.

Ao mesmo tempo, a estrututa da lâmina de corte deve ser considerada. Como mostrado na Figura 33, nenhum componente com altura superior a 25mm é permitido dentro de uma área de 5mm de distância da linha de corte em V.

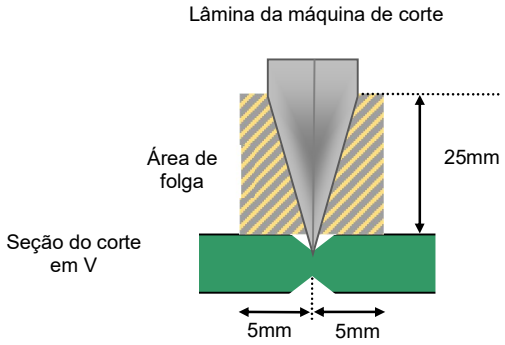
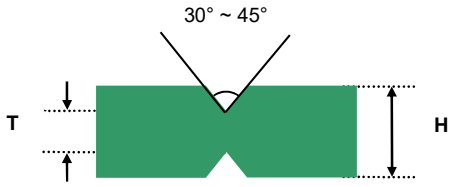


Figura 33: Requisitos de desobstrução para a separação das placas com uma máquina de corte.

Quando o design de corte em V é aplicado, essas condições devem ser atendidas para proteger os componentes durante o processo de separação e garantir que as placas sejam divididas livremente.



H ≤ 0.8mm, T = 0.35 ± 0.1mm

0.8 < H < 1.6mm, T = 0.4 ± 0.1mm

H ≥ 1.6mm, T = 0. 5 ± 0.1mm

Figura 34: Dimensões do corte em V.

Um distância segura ‘S,' como mostrado na Figura 4, deve ser mantida entre a linha de corte e qualquer trilha de cobre a fim de evitar danos a trilha. S ≥ 0.3mm é, na maioria dos casos, satisfatório.

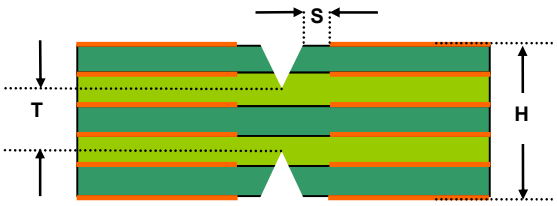


Figura 35: A distância segura (S) entre os sulcos do corte em V e as trilhas de cobre.

12.2 Design do Furo Estampado

[71] A largura recomendada das ranhuras da fresa é de 2mm. Ranhuras de fresagem são frequentemente usadas em situações onde uma certa distância deve ser mantida entre placas individuais em um painel. São utilizadas geralmente em conjunto com incisões de corte em V e furos estampados.

[72] A distância entre os centros dos furos adjacentes deve ser de 1.5mm. A distância recomendada entre os dois grupos de furos é de 5mm, como mostrado na figura 36.

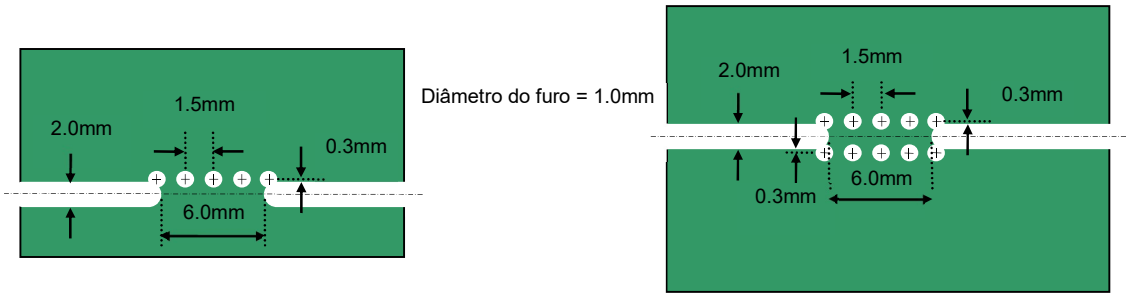


Figura 36: Parâmetros dos furos estampados.

12.3 Panelização

[73] Para PCBs menores do que 80mm x 80mm, panelização é recomendada.

[74] O projetista deve considera a taxa de utilização do projeto ao escolher o material da PCB. Este é um fator chave que afeta o custo da PCB.
Nota: Para algumas formas irregulares (como uma placa em forma de 'L'), a aplicação do modo de panelização apropriado pode melhorar drasticamente a taxa de utilização de um painel e reduzir os custos, conforme mostrado na fugura 37.

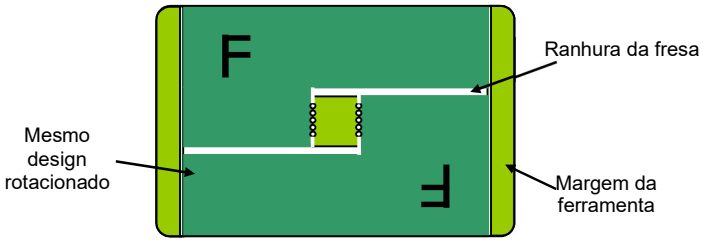


Figura 37: PCB do tipo L em um painel único.

[75] Se a PCB for processada com solda por refluxo e onda de solda, e o tamanho da sub-placa for menor do que 60.0 mm, então não mais do que duas fileiras devem ser empilhadas em um painel (ou seja, a placa não deve ter mais do que duas placas em espessura).

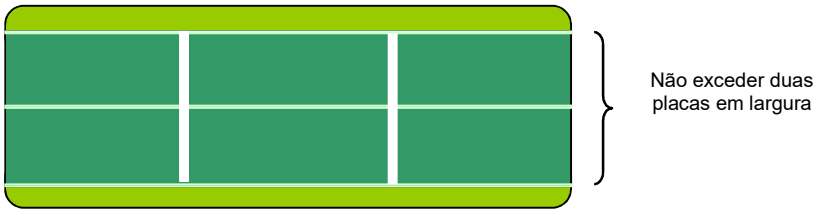


Figura 38: Diagrama da largura da panelização.

[76] Para placas menores, o número de placas que atravessam o lado maior pode ser maior que 3, mas a largura não deve ser superior a 150.0 mm, Margens ou barras de ferramentas deve ser adicionadas nos lados maiores durante a produção para evitar deformação do painel.

[77] Panelização de placa única

- Placa de forma regular
  As margens não são necessárias para placas com cortes em V que satisfaçam o requisito de área de folga indicado em [12.1].

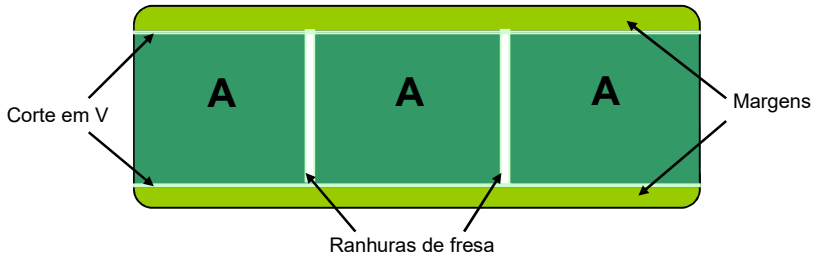


Figura 39: Exemplo de layout do painel.

- Placas de forma irregular
  Uma combinação de linhas de corte em V e ranhuras de fresagem pode ser usada para moldar placas ou placas de format irregular, onde os componentes pairam sobre a borda.

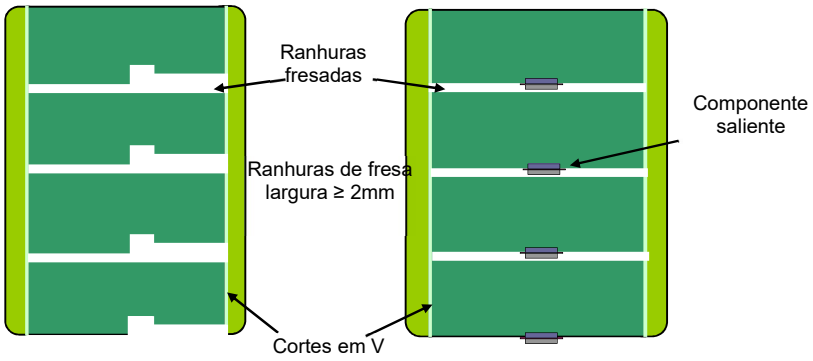


Figura 40: Panelização de PCBs de formato irregular.

[78] Panelização Central

- Panelização central pode ser aplicada a PCBs de formato irregular. Elas estão dispostas de tal maneira que a forma externa é regular.
- Se as duas placas não se encaixarem completamente, a fresagem pode remover o excesso e separar as placas.
- Para peças maiores e excesso de material, o painel pode ser projetado de modo que as peças em excesso possam ser quebradas usando furos estampados. Veja a Figura 41.

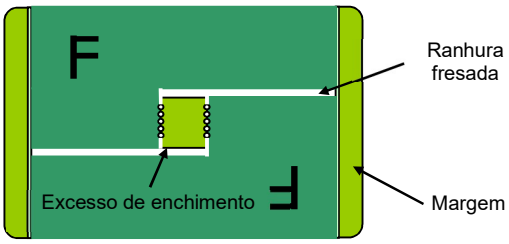


Figura 41: Duas placas irregulares com o excesso (preenchimento) conectado via furos estampados.

- PCBs com conectores chamados *"*dedos de ouro*" (gold-finger)* precisam ser posicionados de forma que os dedos fiquem voltados para for a, como mostrado na Figura 42. Isso é necessário para o processo de revestimento de ouro.

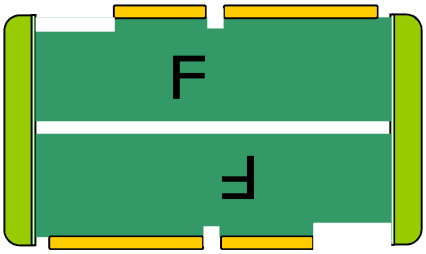


Figura 42: Layout recomendado de PCBs com "dedos de ouro".

12.4 Métodos de Panelização para PCBs com Formatos Irregulares

[79] Princípio Geral

- Se a placa de circuito impresso montada não tiver uma área de folga de 5mm ao longo da borda da placa, as margens / barras de ferramentas devem ser adicionadas ao longo de seu perímetro.
- Se a PCB for de forma irregular, por exemplo, um canto faltando ou um segmento cortando a placa, peças de preenchimento de bloco devem ser usadas para tornar o controle de forma mais retangular para ajudar na montagem.

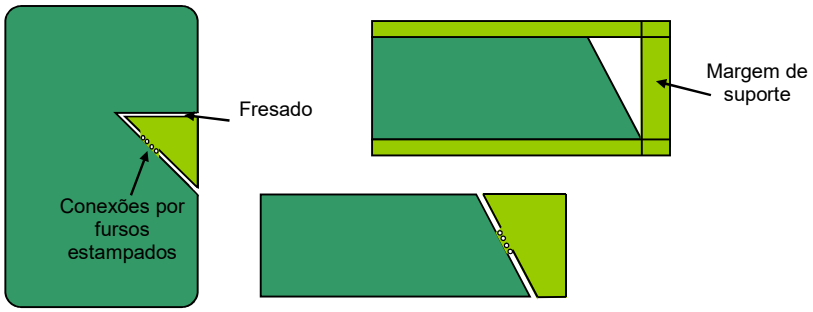


Figura 43: Simplificação do contorno externo de placas de formato irregular através da adição de peças de preenchimento / margens.

[80] É recomendado técnicas SMT e ondas de solda para placas irregulares com peças de preenchimento maiores que 35mm x 35mm. Para peças de preenchimento com comprimento superior a 50mm, devem ser utilizados dois conjuntos de furos estampados, caso contrário, um conjunto se faz satisfatório.

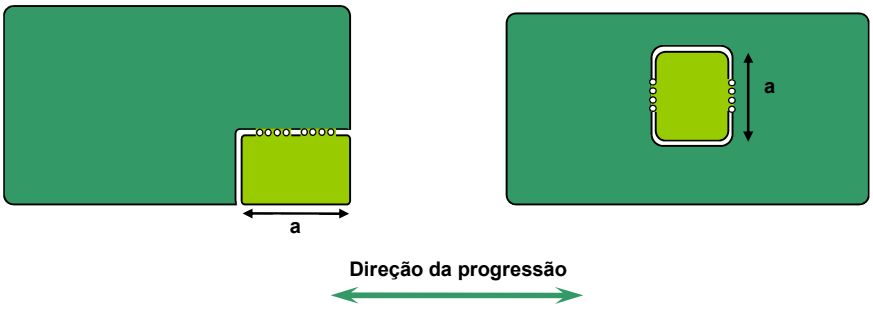


Figura 44: Posicionamento dos furos estampados para peças de preenchimento maiores que 50mm de comprimento, onde "a" é o comprimento da peça de preenchimento.

13. Considerações no Layotut dos Componentes

13.1 Requisitos Gerais no Layout de Componentes

[81] Componentes transpassado ou "*Through-hole*" com polaridade ou direção devem manter um alinhamento consistente em todo o layout e devem ser organizados da forma mais precisa possível. Para componentes SMD, se eles não puderem ser colocados na mesma direção, devem ser consistentes nas direções X e Y, por exemplo, para capacitores de tântalo.

[82] Se o componente precisar ser colado, certifique-se de que o componente tenha ao menos 3mm de espaço livre.

[83] Para PCBs que precisam de dissipadores de calor, a localização e a orientação do dissipador devem ser consideradas. Deve haver espaço suficiente para garantir que o dissipador de calor não toque em outros componentes. Certifique-se de que uma distância mínima de 0.5mm seja mantida.

1. Dispositivos termossensíveis (como capacitores, resistores, cristais, etc.) devem estar localizados longe de componentes que produzam calor.
2. Os dispositivos termossensíveis devem ser colocados próximos a saída de ar. Dispositivos de componentes altos devem ser colocados atrás de componentes mais baixos para facilitar o fluxo de ar.

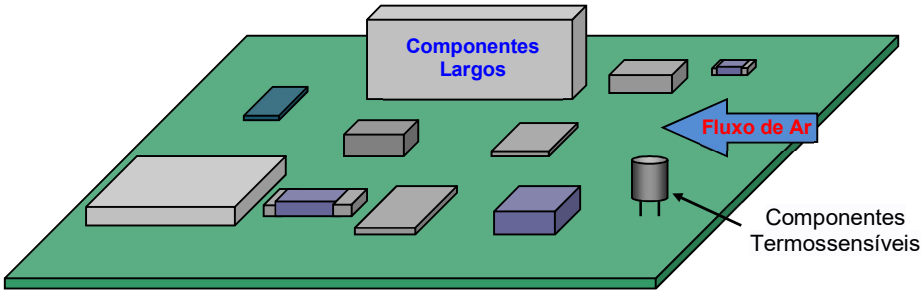


Figura 45: Colocação de componentes termossensíveis.

[84] A distância entre os dispositivos deve satisfazer o espaço necessário para a operação normal, por exemplo,, um soquete do cartão de memória.

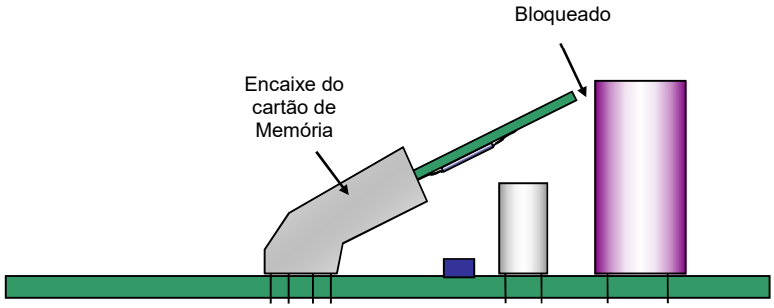


Figura 46: Representação de encaixe bloqueado.

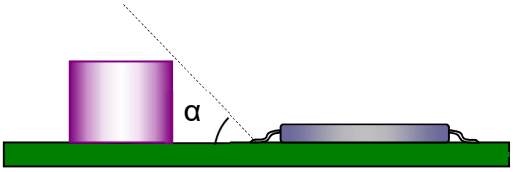
[85] Peças de metal com diferentes propriedades ou dispositivos com proteções metálicas não devem se tocar. Uma distância mínima de 1.0mm deve ser mantida entre os componentes.

13.2 Solda por Refluxo

13.2.1 Requisitos Gerais para Componentes SMD

[86] Recomenda-se que dispositivos com pads próximos sejam colocados no mesmo lado da PCB e dispositivos maiores (como indutores) sejam dispostos no lado superior.

[87] Componentes polarizados devem estar alinhados de forma que todos os pólos positivos fiquem de um lado da placa e pólos negativos do outro, quando possível. Evite posicionar componentes mais altos próximos aos mais curtos, o que pode dificultar a inspeção. Um ângulo de visão superior a 45 graus deve ser mantido em todo o layout para auxiliar a inspeção das juntas de solda.



$$\alpha \leq 45^{o}$$

Figura 47: Ângulo de inspeção da junta de solda.

[88] Componentes de superficies como CSP, BGA, etc. devem ter uma área livre de 2mm, mas 5mm é o ideal.
[89] Em geral, os dispositivos de matriz de superfície não devem ser colocados no lado inferior da placa (o lado com menos componentes). A região do outro lado da placa, com uma área adicional de 8mm, não deve conter nenhum dispositivo de superfície, consulte a Figura 46.

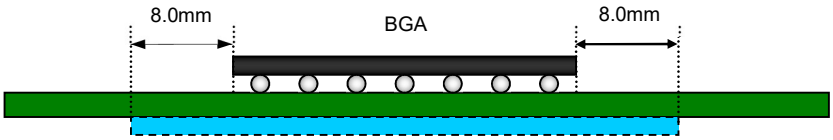


Figura 48: Requisitos de layout para dispositivos de superfície.

13.2.2 Requisitos de Localização para Componentes SMD

[90] Todos os componentes do SMD devem ser menores que 50mm em pelo menos um lado.
[91] Não é recomendado que dois dispositivos de superfície do tipo "*gullwing*" se sobreponham, por exemplo, empacotamentos do tipo SOP como mostrado na Figura 49.

Figura 49: Layout imcompatível de dois componentes SOP.

[92] No caso dos pads de solda serem compartilhados entre dois componentes SMD, as embalagens devem ser as mesmas, veja a Figura 50.

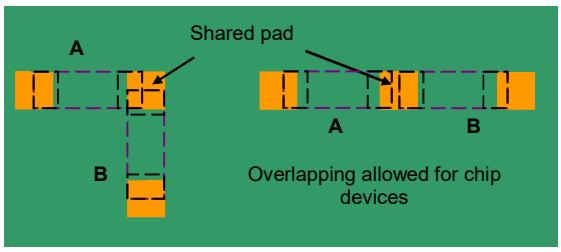
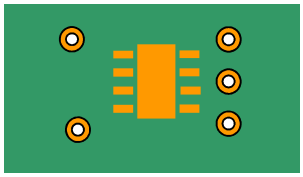


Figura 50: Componentes SMD com pads compartilhados.

[93] Componentes transpassados ou "*Through-hole"* e SMD podem se sobrepor quando confirmado que o pad SMD e a pasta de solda impressa não têm efeito sobre a solda do dispositivo de passagem. Veja a Figura 51.



Componentes Through-hole podem sobrepor componentes SMD

Figura 51: Design e layout aceitáveis de through-hole e SMD.

[94] A distância necessária entre os componentes SMD é:
Mesmo componente: ≥ 0.3mm
Componentes diferentes: ≥ 0.13 × h + 0.3mm (onde h é a diferença máxima de altura dos vizinhos circundantes)

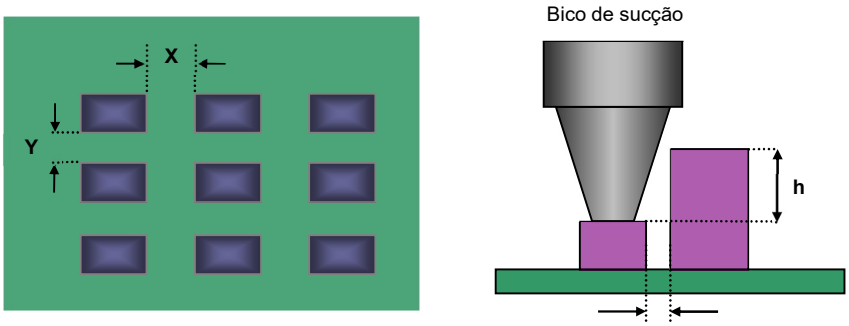


Figura 52: Requisitos de espaçamento para os componentes.

[95] Para PCBs que requerem solda por refluxo, o espaçamento do dispositivo SMT varia de acordo com a tabela 5. O valor citado é o maior dos dois: o bloco ou o corpo do dispositivo, o que for mais aplicável. Os valores entre parênteses representam o menor valor aceitável.

Tabela 5: Recomendação de espaçamento dos componentes.

(Unidades em mm)	0402 ~ 0805	1206 ~ 1810	STC3528 ~ 7343	SOT / SOP	SOJ / PLCC	QFP	BGA
0402 ~ 0805	0.40	0.55	0.70	0.65	0.70	0.45	5.00 (3.00)
1206 ~ 1810		0.45	0.65	0.50	0.60	0.45	5.00 (3.00)
STC3528 ~ 7343			0.50	0.55	0.60	0.45	5.00 (3.00)
SOT / SOP				0.45	0.50	0.45	5.00
SOJ / PLCC					0.30	0.45	5.00
QFP						0.30	5.00
BGA							8.00

[96] A distância entre dispositivos com pequenos pads e a placa deve ser maior que 10mm, para não afetar adversamente a qualidade da impressão. Idealmente, a distância entre a estrutura do código de barras e os componentes montados na superfície deve atender aos requisitos mostrados na Tabela 6 para preservar a qualidade da solda.

Tabela 6: Requisitos de espaçamento recomendados entre códigos de barras impressos e pads dos componentes.

Tipo de Componente	**Pinos $\leq$ 1.27mm's Pino Gullwing (e.g. SOP, QFP) e componentes de superfície**	**Tamanho 0603, componentes maiores e outros footprints**
Espaçamento mínimo, D	10mm	5mm

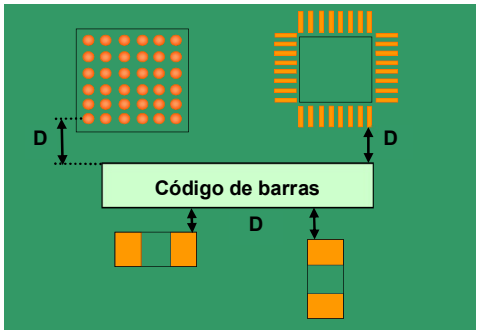


Figura 53: Requisitos de Layout de códigos de barras impressos e componentes.

13.2.3 Requisitos de Layout para Componentes Through-Hole em PCBs Submetidas a Solda por Refluxo

[97] Para placas de circuito impresso com lado de não transmissão maior que 300mm, os componentes *through-hole* pesados não devem ser colocados no meio da placa de circuito impresso. Isso reduzirá a deformação da placa causada pelo peso dos componentes durante a soldagem.
[98] Para facilitar os encaixes, o conector de encaixe deve ser colocado onde for conveniente.
[99] A distância entre os componentes *through-hole* deve ser > 10mm.
[100] A distância entre os componentes *through-hole* e a margem deve ser ≥ 10mm, e borda da placa deve ser ≥ 5mm.

13.3 Onda de Solda

13.3.1 Requisitos de Layout para Componentes SMD em PCBs Submetidas a Onda de Solda

[101] A onda de solda é adequada para os seguintes componentes SMD:

- Resistores de chip, capacitores e indutores que têm um tamanho maior ou igual a 0603 e valor de retração inferior a 0.15mm.
- Pacotes SOP com pads ≥ 1.27mm e retração ≤ 0.15mm.
- Pacotes SOT pcom pads ≥ 1.27mm e pinos visíveis.

Nota: Os pinos dos componentes SMD submetidos a solda por onda devem ser menores ou iguais a 2mm. Outros componentes devem ter menos de 4mm de altura.

[102] O eixo longo dos componentes do pacote SOP devem ser perpendiculares à direção de deslocamento da onda de solda no processo de solda por onda. Os componentes SOP também precisam de pads extras ao final, para atuar como "ladrões de solda", consulte a Figura 54.

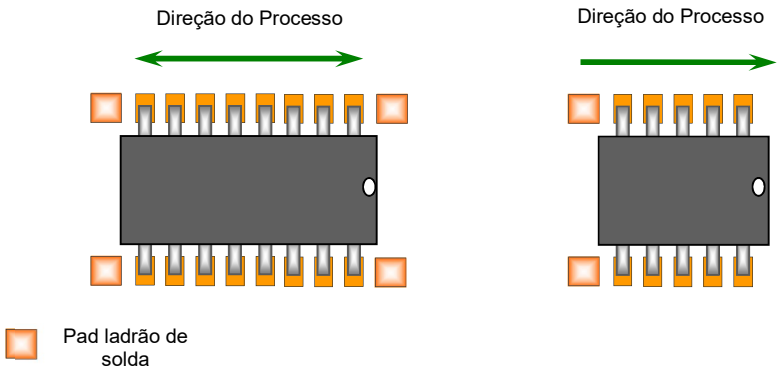


Figura 54: Colocação do ladrão de solda para componentes SOP sob onda de solda.

[103] A orientação dos componentes do tipo SOT-23 deve ser tal que os pinos apontem paralelamente ao sentido do deslocamento.

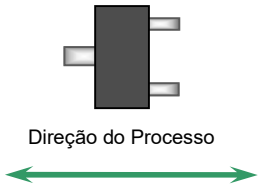


Figura 55: Orientação de componentes SOT-23 sob ondas de solda.

[104] Princípios gerais de espaçamento de componentes: Para reduzir os problemas de efeito de sombra causados pela solda por onda, certas distâncias devem ser mantidas entre os componentes e pads individuais.

- Para componentes do mesmo tipo, de acordo com a Tabela 7:

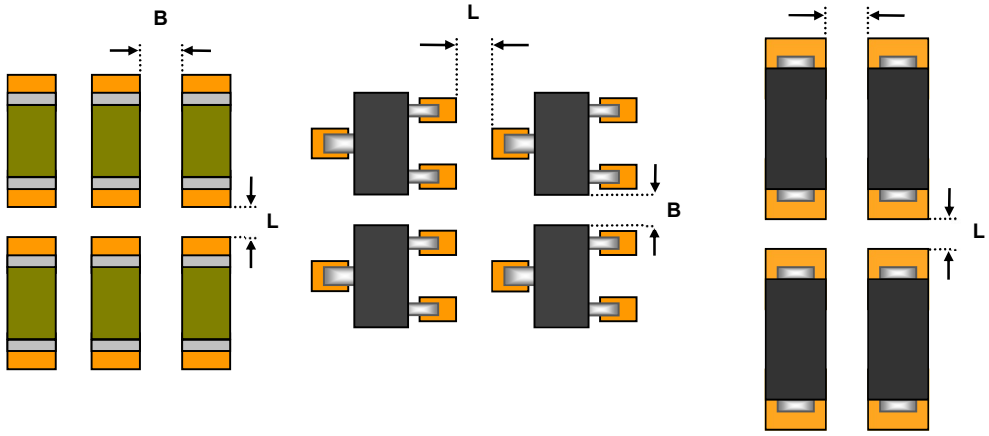


Figura 56: Layout dos componentes do mesmo tipo.

Tabela 7: Distâncias entre componentes do mesmo tipo.

	Espaçamento do Pad L (mm/mil)		Espaçamento do componente B (mm/mil)	
Footprint	**Espaçamento Mínimo**	**Espaçamento Recomendado**	**Espaçamento Mínimo**	**Espaçamento Recomendado**
0603	0.76/30	1.27/50	Type 0.76/30	1.27/50
0805	0.89/35	1.27/50	0.89/35	1.27/50
≥ 1206	1.02/40	1.27/50	1.02/40	1.27/50
SOT	1.02/40	1.27/50	1.02/40	1.27/50
Capacitores de Tântalo 3216 e 3528	1.02/40	1.27/50	1.02/40	1.27/50
Capacitores de Tântalo 6032 e 7343	1.27/50	1.52/60	2.03/80	2.54/100
SOP	1.27/50	1.52/60	---	---

- Para diferentes tipos de componentes, o espaçamento das bordas do pad de solda deve ser ≥ 1.0mm. Os requisitos de distância são mostrados na Figura 57 e Tabela 4.

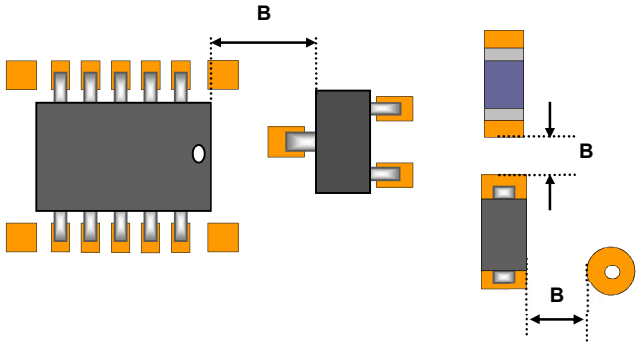


Figura 57: Layout dos componentes de diferentes tipos e estruturas da PCB.

Tabela 8: Distâncias entre componentes de diferentes tipos e estruturas da PCB.

Footprint (mm/mil)	**0603 - 1810**	**SOT**	**SOP**	**Through-Holes**	**Vias**	**Ponto ICT**	**Borda do PAD ladrão de solda**
0603 - 1810	1.27/50	1.52/60	2.54/100	1.27/50	0.6/24	0.6/24	2.54/100
SOT	1.27/50		2.54/100	1.27/50	0.6/24	0.6/24	2.54/100
SOP	2.54/100	2.54/100		1.27/50	0.6/24	0.6/24	2.54/100
Through-Holes	1.27/50	1.27/50	1.27/50		0.6/24	0.6/24	2.54/100
Vias	0.6/24	0.6/24	0.6/24	0.6/24	0.3/12	0.3/12	0.6/24
Ponto ICT	0.6/24	0.6/24	0.6/24	0.6/24	0.3/12	0.6/24	0.6/24
Borda do PAD ladrão de solda	2.54/100	2.54/100	2.54/100	2.54/100	0.6/24	0.6/24	0.6/24

13.3.2 Requisitos de Layout para Componentes Through-Hole Comuns

[105] Além dos requisites especiais relativos à estrutura esspecífica do dispositivo, os componentes transpassados devem ser colocados na camada superior.

[106] O espaçamento entre componentes adjacentes é mostrado na Figura 58.

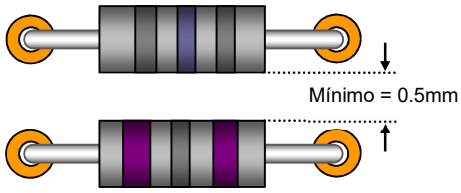


Figure 58: Distance between through-hole components.

[107] Para facilitar a solda manual e a manutenção / reparo, as condições mostradas na Figura 59 devem ser satisfeitas.

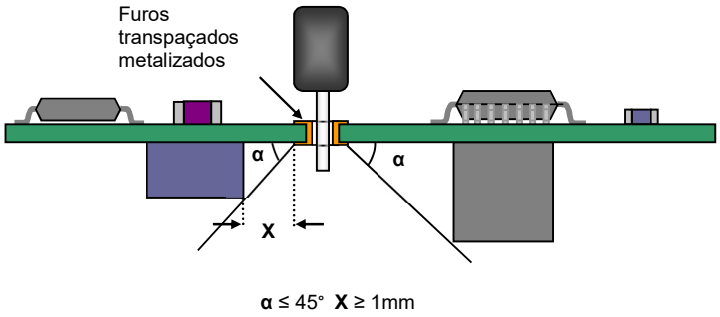


Figura 59: Requisitos de colocação dos componentes Through-hole.

13.3.3 Requisitos Gerais para Componentes Through Hole

[108] A distância ideal dos pads do componentes é ≥ 2.0mm, a distância entre as bordas dos pads de solda deve ser pelo menos de 1.00mm como mostrado na Figura 60. Além disso, os corpos dos componentes não devem interferir entre si.

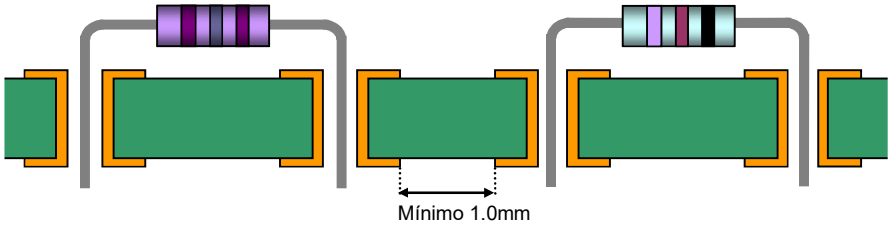


Figura 60: Layout de componentes Through-hole para onda de solda.

[109] Para uma longa fileira de furos de componentes *through-hole*, estes devem ser posicionados de modo que a fileira fique paralela à direção de deslocamento da onda de solda. Em circunstâncias especiais, em que a fileira de pads deve estar alinhada perpendicularmente ao sentido do deslocamento, ajustes adequados devem ser feitos, como substituir pads circulares típicos por pads elípticos. Quando o espaçamento entre as bordas dos pads está entre 0.6mm - 1.0mm, recomenda-se a implementação de pads ovais ou ladrões de solda.

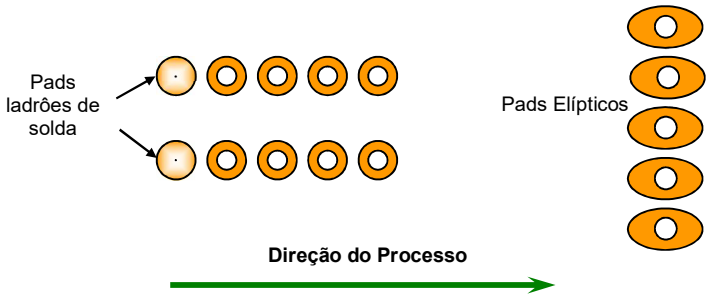


Figura 61: Alinhamento dos pads de solda em relação à direção de deslocamento da placa através do equipamento de ondas de solda.