



CENTRO JUVENIL SALESIANO BOM BOSCO
(11) 3022-7771
www.cjdombosco.com.br



CEDESP DOM BOSCO

CURSOS Profissionalizantes

EDITOR DE MAQUETE ELETRÔNICA

Sumário

Desenho eletroeletrônico	97
Esquemas eletroeletrônicos	105
Diagrama eletrônico	109
Simbologia de instalações elétricas	115
Simbologia de eletrônica	123
Leiaute	135
Referências bibliográficas	143

Desenho eletroeletrônico

Qualquer atividade que envolva projetos, o desenvolvimento de produtos ou a fabricação ou a execução de uma instalação elétrica, estará na dependência dos desenhos elaborados por projetistas, desenhistas, técnicos e engenheiros.

É fundamental que as pessoas envolvidas nos trabalhos eletroeletrônicos conheçam as técnicas de executar e interpretar um desenho normalizado, cuja linguagem usada seja universal, ou seja, igualmente interpretada em outros países.

Como em outros países, existe no Brasil um órgão que regulamenta essas normas que é a ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Desenho Eletroeletrônico

O desenho elétrico ou eletrônico é uma representação do circuito elétrico que define o seu tipo ou o sistema para o qual foi projetado.

Esta representação deve possuir uma informação completa dos elementos que compõem um circuito elétrico.

O desenho elétrico de uma instalação elétrica predial por exemplo mostra a disposição dos componentes, as conexões de fiação elétrica, a localização de lâmpadas, tomadas, interruptores e os valores de potência dissipada na carga, entre outras informações que facilitam a interpretação e compreensão de seu funcionamento.

O desenho elétrico ou eletrônico deve mostrar as disposições dos componentes e das conexões de fiações elétricas num plano cujos elementos estão representados por símbolos gráficos simplificados e padronizados pela norma vigente no país.

O desenho eletroeletrônico se divide basicamente em três grupos:

- Predial;
- Industrial;
- Eletrônicos.

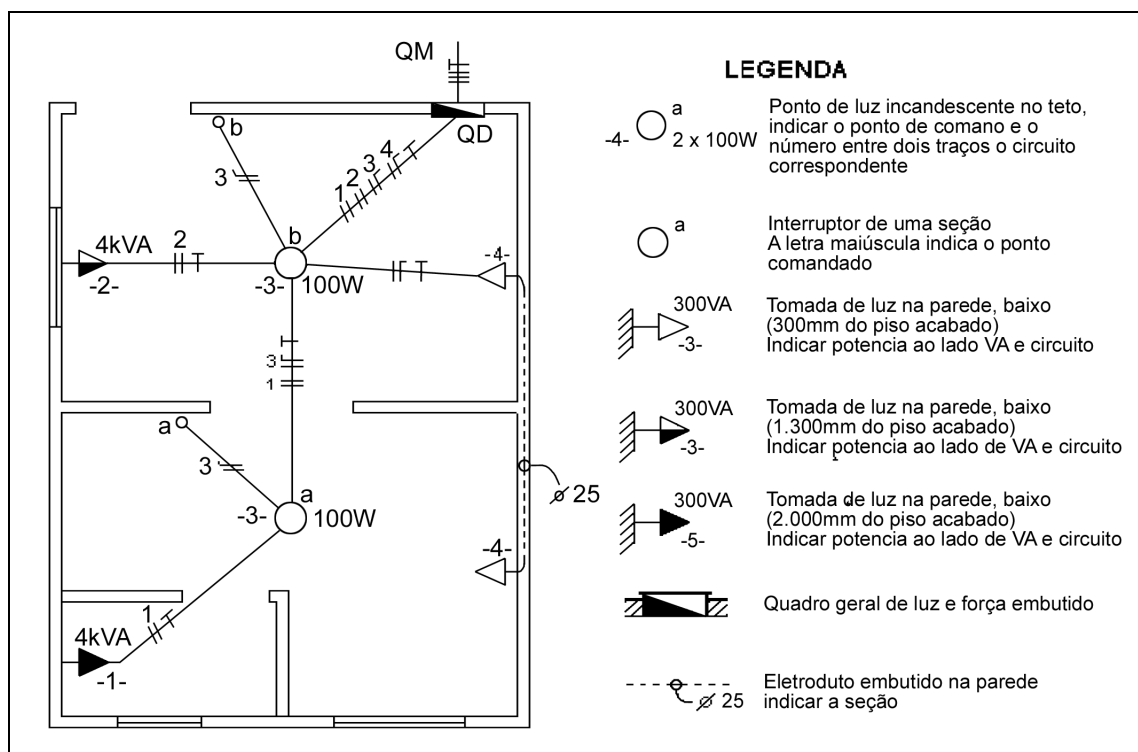
Predial

O desenho eletroeletrônico Predial se refere a um diagrama elétrico de uma instalação de quadro de força com sistema de proteção, distribuição de fiação parametrizada em toda as dependências do prédio, potencia de cargas (lâmpadas), localização de tomadas etc.

O desenho deve conter todas as informações necessárias para a sua compreensão a fim de facilitar a execução da instalação elétrica do prédio sempre em conformidade com a norma vigente do país.

O tamanho e o número de folhas para o desenho podem ser definidas de acordo com a dimensão e complexidade da instalação predial a ser projetada.

A figura abaixo mostra um desenho de diagrama elétrico predial com a distribuição de cargas com respectivas tomadas e interruptores na dependência de uma residência.



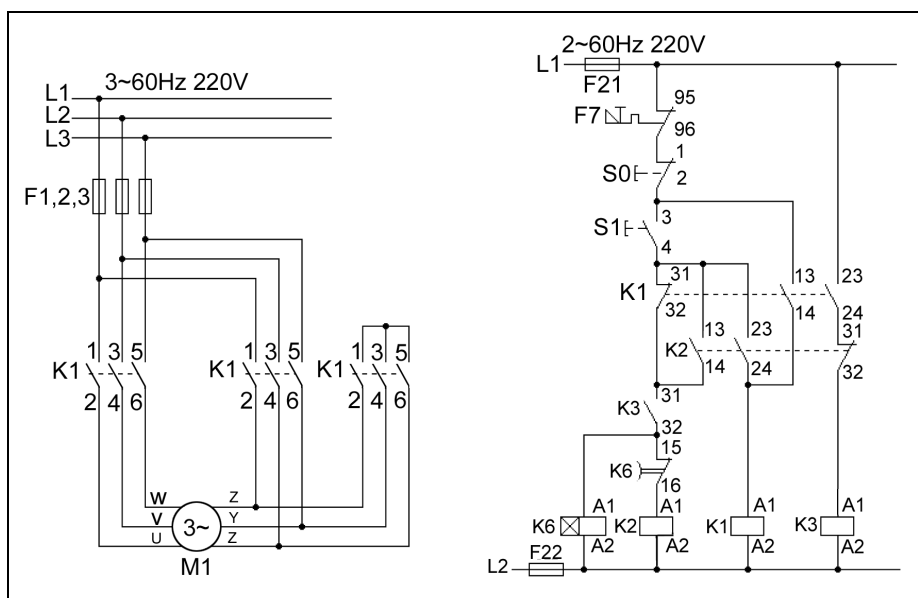
Desenho eletroeletrônico Industrial

Existe uma variedade de tipos de desenhos eletroeletrônicos considerados industriais.

Os desenhos eletroeletrônicos industriais podem se referir a uma representação gráfica desde o fornecimento de energia pela concessionária até toda a instalação produtiva e administrativa de um departamento industrial.

Por exemplo, um motor de uma máquina produtiva acionado por um sistema elétrico de comando pode ser considerado um desenho eletroeletrônico industrial.

A figura abaixo mostra o desenho de um sistema de comando de um motor de um dispositivo industrial.



Desenho eletroeletrônico

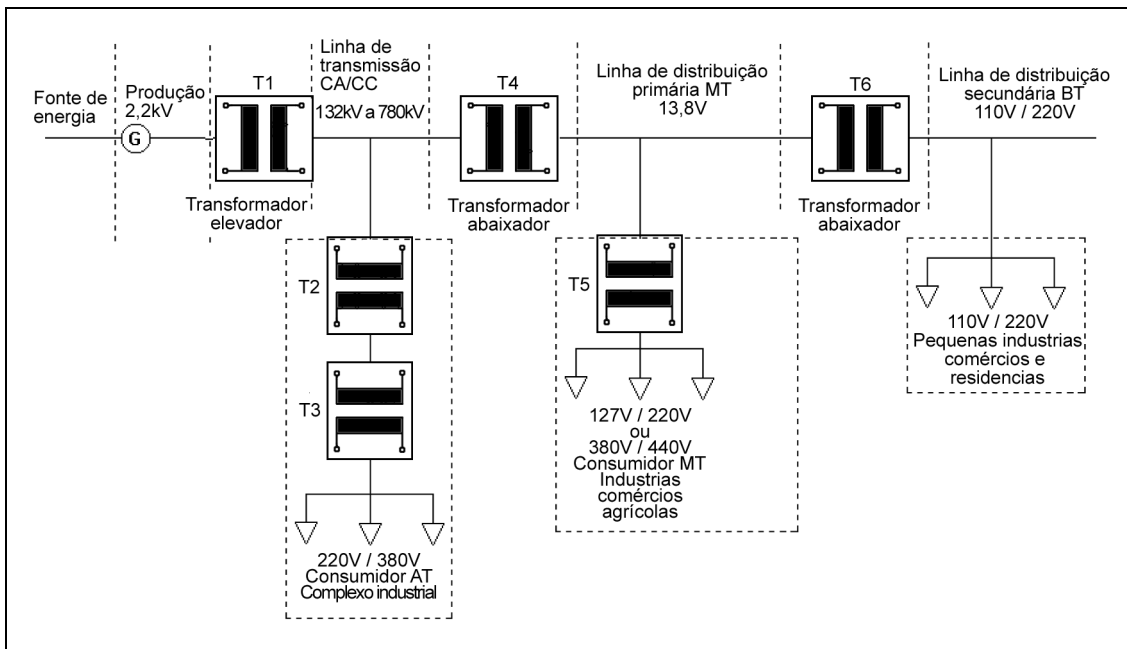
No campo de eletroeletrônica, os desenhos de diagramas elétricos de equipamentos e sistemas elétricos podem ser divididos em dois grupos;

- Diagrama elétrico de potência;
- Diagrama elétrico de comando.

Diagrama elétrico de Potência

Dentre inúmeros desenhos de circuitos elétricos de potência temos um exemplo de um sistema elétrico de geração, transmissão, e distribuição de energia elétrica.

A representação pode ser de forma simplificada em diagrama em blocos de forma a mostrar a distribuição das tensões específicas de uma fonte de potencial energético, geração e suas ramificações até o consumidor.



Podemos citar como um dos desenhos eletroeletrônico de potência mais conhecido o de sistema de acionamento de motores monofásicos ou trifásicos onde o acionamento da etapa de potencia é feito através um sistema de comando remoto.

Na figura abaixo está mostrado um diagrama de potência.

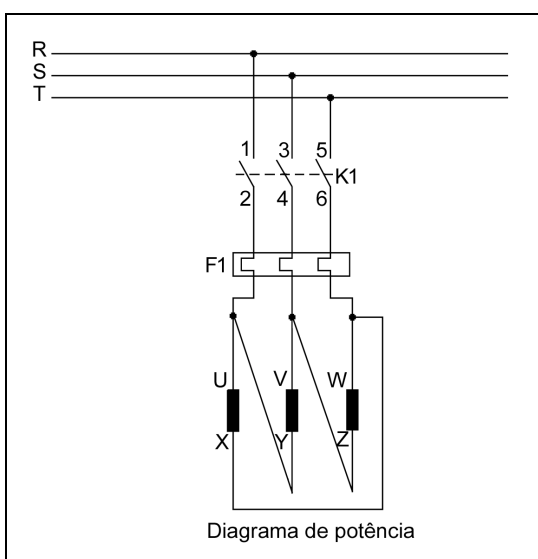


Diagrama elétrico de Comando

O desenho de um sistema de comando é um circuito elétrico formado de elementos de acionamentos de baixa potência, ou seja, a carga é o próprio elemento que forma o circuito.

A finalidade deste circuito é obter uma isolação elétrica entre o operador e a máquina de potência durante a manobra de acionamento. O acionamento de carga de potência baixa pode ser direto e para as cargas de potências altas o acionamento deve ser remoto.

O diagrama elétrico de comando é representado por símbolos de componentes como segurança fusíveis, relé de proteção termomagnético, contatores, botoeiras, etc. e não são representados por símbolos de componentes de potência que operam com correntes e tensões elevadas e principalmente em cargas indutivas ou capacitivas em Corrente Alternada.

A figura abaixo mostra, como exemplo, um circuito de comando básico para acionamento de um elemento de potência.

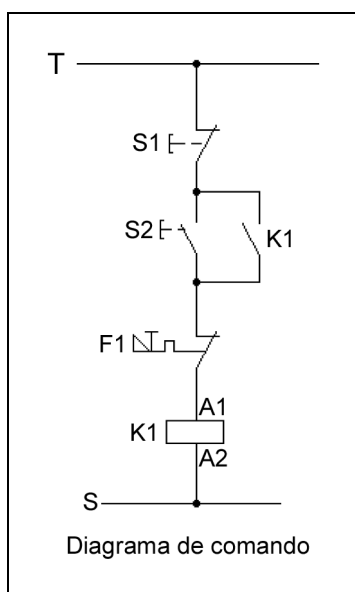


Diagrama de desenho eletrônico

São considerados desenho de diagrama eletrônico os que se referem a circuitos constituídos por grupos de componentes, tais como resistores, capacitores, indutores e semicondutores ou sistemas similares.

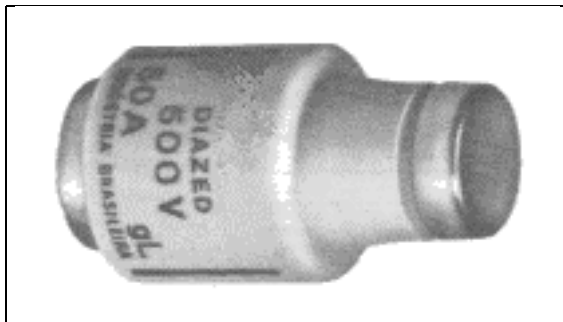
A simbologia empregada nos desenhos de eletrônica são normalizada na série NBR da ABNT.

Componente de um diagrama elétrico

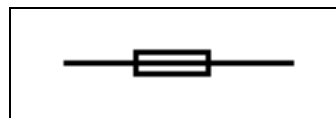
Os componentes são representações de elementos que formam um circuito elétrico, tais como, equipamentos, conjuntos ou subconjuntos, e podem ser representados por símbolos gráficos em um diagrama elétrico ou eletrônico.

Os símbolos gráficos visam facilitar a interpretação de esquemas e diagramas elétricos ou eletrônicos e a identificação de seus elementos quando forem relacionados em uma lista de materiais.

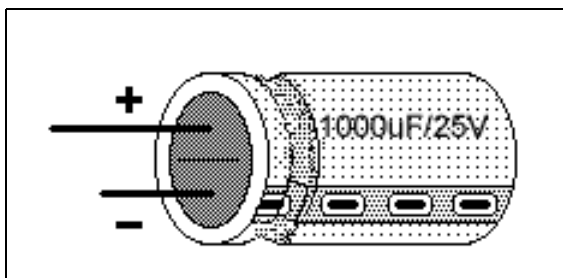
As figuras abaixo mostram exemplos de componentes e seus símbolos gráficos.



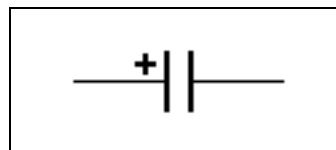
Componente: fusível de segurança



Símbolo gráfico do fusível



Componente: Capacitor eletrolítico



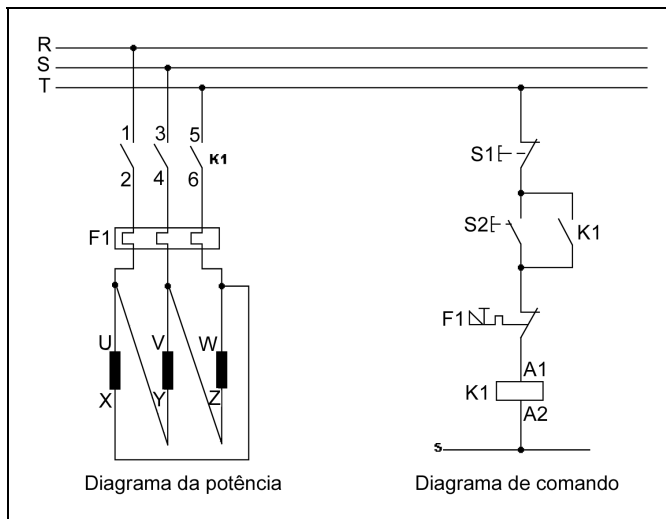
Símbolo gráfico do Capacitor eletrolítico

Símbolos literais

Os símbolos literais são formados por uma letra maiúscula inicial colocada ao lado dos componentes, seguida de uma numeração, formadas por letras ou combinações alfanumérica para particularizar cada elemento do circuito (NBR 5280 de Abril de 1983).

Deve-se seguir a orientação, numerando os componentes de cima para baixo e da esquerda para a direita do diagrama esquemático.

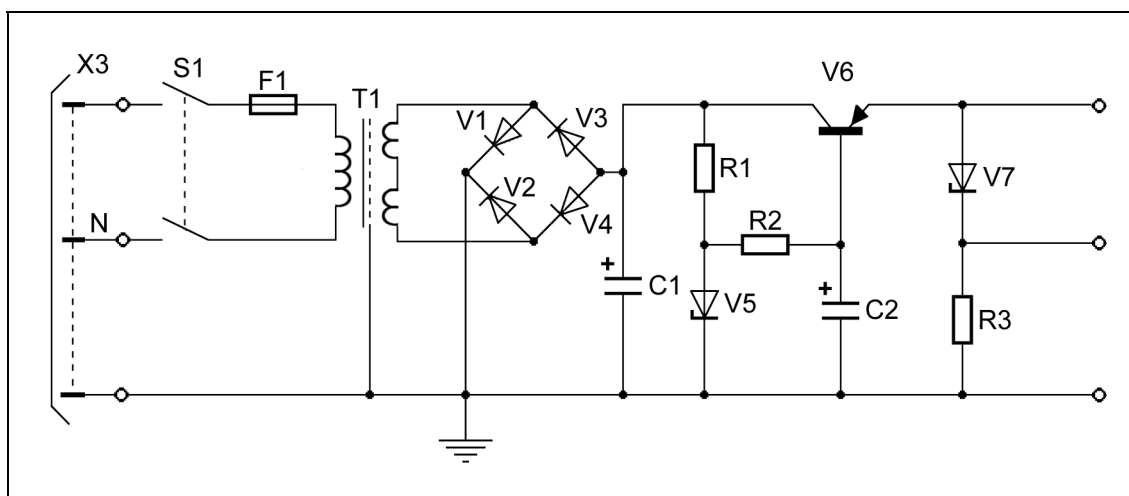
A figura abaixo mostra o circuito elétrico de acionamento de um motor com exemplo de aplicação dos símbolos literais.



O diagrama elétrico de comando e potência define o tipo de componente através de seus símbolos literais como, por exemplo:

- S1 = Botãoeira 1;
- S2 = Botãoeira 2;
- K1 = Contator 1.

Os símbolos literais facilitam a localização do elemento ou componentes e a sua posição no circuito elétrico.



Símbolos literais - NBR5280

A tabela a seguir mostra todos os símbolos literais contidos na norma.

LETRA	Tipos de Elementos de Circuito	Exemplos
A	Conjuntos, subconjuntos	Amplificadores em geral
B	Transdutores de grandezas não elétricas para elétricas e vice-versa.	Sensores termelétricos, células térmicas, células fotoelétricas, dinamômetros, transdutores a cristal, microfones, cambiadores, e alto-falantes.
C	Capacitores em geral	Capacitor não polarizado e polarizado, capacitor variável e ajustável.
D	Elementos binários, dispositivos de atraso, dispositivo de memória.	Elementos combinatórios, linhas de atraso, elementos biestáveis, monoestáveis, núcleo de memória, fitas magnéticas de gravação, discos de gravação.
E	Miscelânea	Dispositivo luminosos de aquecimento ou outros não especificados nesta tabela.
F	Dispositivos de proteção	Segurança fusíveis. Pára-raios, dispositivos de descarga de sobretensão, centelhadores.
G	Geradores, fontes de alimentação	Geradores rotativos, conversores de frequência rotativos, baterias, fontes de alimentação, e osciladores.
H	Dispositivo de sinalização	Indicadores óticos se acústicos
K	Relés eletromagnéticos	Contatores, e Relés
L	Indutores	Bobinas

LETRA	Tipos de Elementos de Circuito	Exemplos
M	Motores	
P	Equipamento de medição, Equipamento de ensaio	Dispositivo de gravação e de medição integradores, geradores de sinal, e relógios.
Q	Dispositivos mecânicos de conexão para circuitos de potência.	Disjuntor, interruptor, e isolador
R	Resistores	Potenciômetros, resistores ajustáveis, reostatos, resistores derivados (shunt), termistores, e varistores.
S	Seletores, chaves	Chaves de controle, "push-button", chaves limitadores, chaves seletoras, e seletores.
T	Transformadores	Transformadores de potencial, e transformador de corrente.
U	Moduladores	Discriminadores de frequência ou fase, demoduladores, codificadores, inversores, e conversores.
V	Semicondutores, válvulas	Transistores, diodos, tiristores, válvulas eletrônicas, e tubos de descarga de gás.
W	Elementos de transmissão, guias de ondas, antenas	Cabos, guias de onda, acopladores direcionais, dipolos, e antenas parabólicas
X	Terminais, plugues, soquetes	Tomadas, ponto d prova, e barras de terminais.
Y	Dispositivos mecânicos operados eletronicamente	Válvulas pneumáticas, freios, e embreagens
Z	Transformadores híbridos, filtros, equalizadores, limitadores, cargas de terminais.	Filtro a cristal, circuito de balanceamento, compressores e expansores (compandors)

Esquemas eletroeletrônicos

Para a elaboração do desenho de uma instalação elétrica, o desenhista ou projetista deve ter à sua disposição uma série de dados importantes sobre os circuitos elétricos a fim de interpretar e executar a instalação elétrica.

Os desenhos eletroeletrônicos que representam especificações de um projeto de maneira a apresentar dados completos para a execução se denominam diagrama esquemático.

O diagrama esquemático eletroeletrônico é a representação gráfica completa do sistema.

Diagrama elétrico de instalação elétrica

Diagrama elétrico é a representação de uma instalação elétrica ou parte dela por meio de símbolos gráficos, definidos nas normas NBR 5259, NBR5280, NBR5444, NBR12519, NBR12520 e NBR12523.

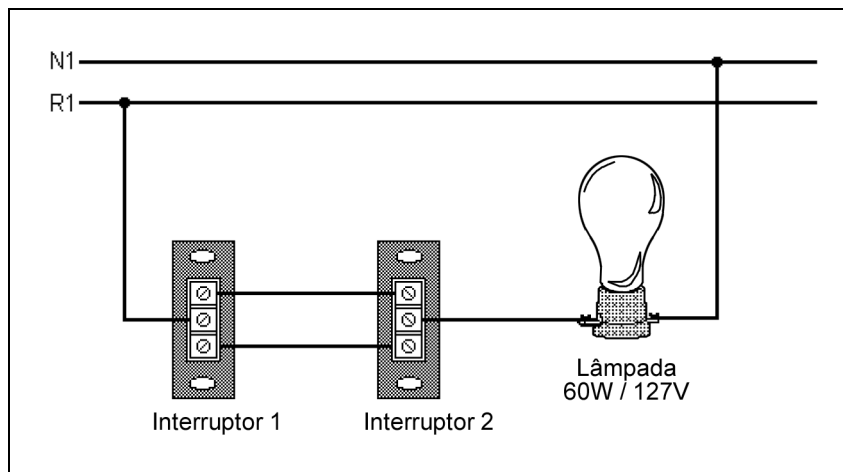
Nas instalações prediais o diagrama esquemático pode ser desenhado ou representado de diversas maneiras, dentre os existentes citaremos três:

- Esquema funcional;
- Esquema multifilar;
- Esquema unifilar.

Esquema elétrico funcional

O diagrama funcional é uma forma de representação gráfica que mostra os detalhes de todo o sistema elétrico da forma como ela é montada. Esse tipo de desenho é de fácil interpretação.

A figura abaixo mostra um esquema elétrico funcional de uma instalação elétrica onde se deseja evitar retornar ao mesmo ponto para ligar ou desligar uma lâmpada.



Esquema elétrico multifilar

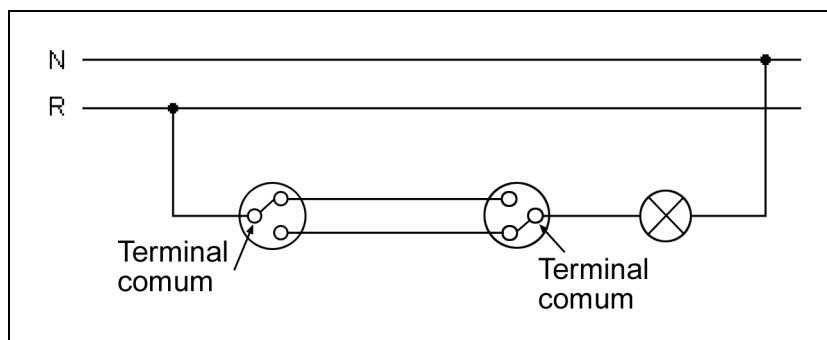
O esquema multifilar é uma representação de um circuito elétrico completo em detalhes, desenhado por linhas que representam os fios condutores utilizados nas ligações dos componentes.

Esse tipo de desenho deverá apresentar os eletrodutos, os quadro de terminais de luz (QL), as caixas de passagens para as lâmpadas e as tomadas e outras conexões elétricas.

Tratando-se do esquema elétrico de uma instalação complexa, torna-se impossível representar um projeto na forma multifilar.

Qualquer que seja o desenho técnico ele deverá apresentar informações de forma clara a fim de que o operador possa interpretá-lo da forma mais simples possível.

A figura abaixo mostra um exemplo de esquema multifilar.



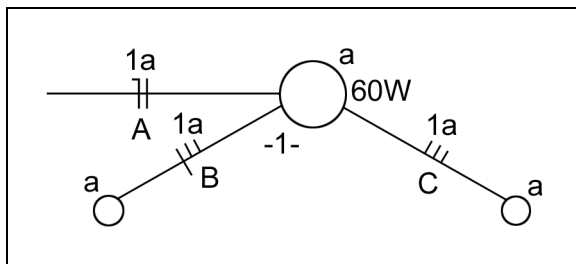
Esquema elétrico unifilar

O diagrama unifilar representa o sistema elétrico de modo simplificado, onde se indica o número de condutores e seu trajeto através de uma única linha.

Normalmente, representa a posição física dos componentes da instalação mostrada em uma planta arquitetônica, porém não mostra com clareza a compreensão de funcionamento ou a seqüência operacional do circuito.

Esse tipo de diagrama geralmente representa a posição física dos componentes da instalação, porém não representa com clareza o funcionamento e a seqüência funcional dos circuito. É o tipo de diagrama mais usado em instalações elétricas prediais.

A figura abaixo mostra o diagrama unifilar do circuito elétrico composto por dois interruptores em paralelo e uma lâmpada.



Os símbolos gráficos usados neste diagrama são definidos pela norma NBR 5444, para serem usados na planta baixa (arquitetura) do imóvel.

Diagrama eletrônico

Nas atividades que envolvem projetos eletrônicos, o uso da expressão gráfica de esquemas é muito importante para a simplificação da complexidade de um circuito elétrico que utiliza numerosos componentes e dispositivos.

A representação do circuito elétrico em seus diversos tipos facilita as localizações reais dos dispositivos do projeto e das partes dos componentes.

Desenho de diagrama eletrônico

No desenvolvimento de um projeto eletrônico a documentação deve conter desenhos de diagramas eletrônicos em forma de esquemas de bloco, simples com descrição do funcionamento básico da etapa do projeto e uma descrição funcional detalhada dos componente com o desenho de esquema eletrônico completo.

O desenho de esquema completo deverá servir para a montagem ou execução do projeto. O diagrama eletrônico pode ser simples e ou completo, e tem a finalidade de interpretação do funcionamento do circuito de forma simples, a nível de bloco ou de forma funcional a nível de componente.

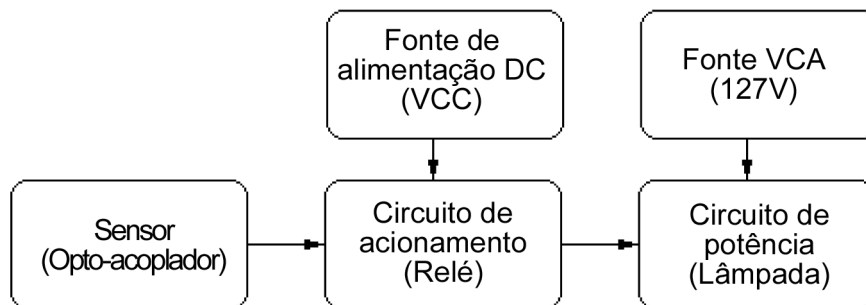
O diagrama eletrônico pode ser apresentado basicamente das seguintes formas de desenhos esquemas:

- Esquema de blocos;
- Esquema simplificado;
- Esquema completo;
- Esquema de vista de localização;
- Esquema de fiação;
- Esquema de chapeado.

Desenho de esquema de blocos

O esquema de blocos é uma representação do circuito desenhada por linhas simples em figuras geométricas, e nela estão contidas as informações funcionais básicas, interligadas por setas que indicam o curso do sinal através do sistema ou do circuito elétrico do dispositivo.

A figura abaixo mostra um circuito eletrônico na forma de esquema de blocos.

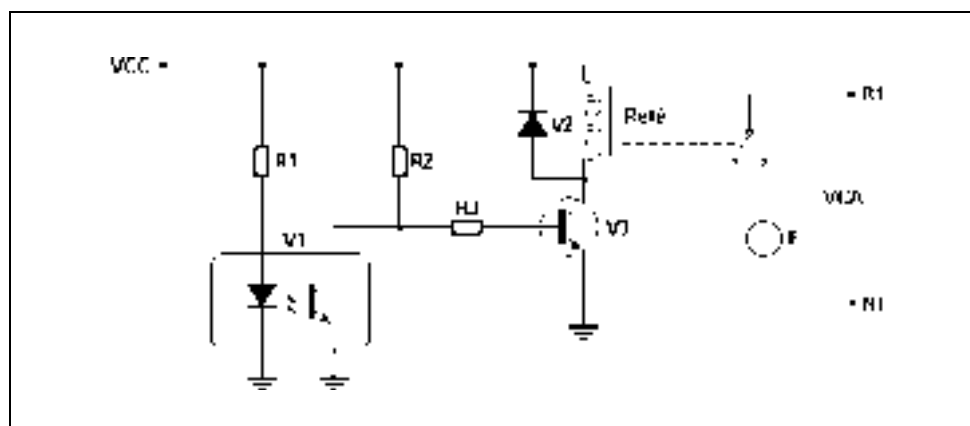


Desenho de esquema simplificado

O esquema simplificado é um desenho de circuito elementar representado através de símbolos gráficos, que não mencionam valores de componentes, mas indicam as ligações básicas necessárias à compreensão de seu funcionamento.

O esquema simplificado tem por finalidade facilitar a compreensão de funcionamento de circuito elétrico ou eletrônico.

A figura abaixo mostra um circuito elétrico simplificado de um comando de sensor por Opto-switch.

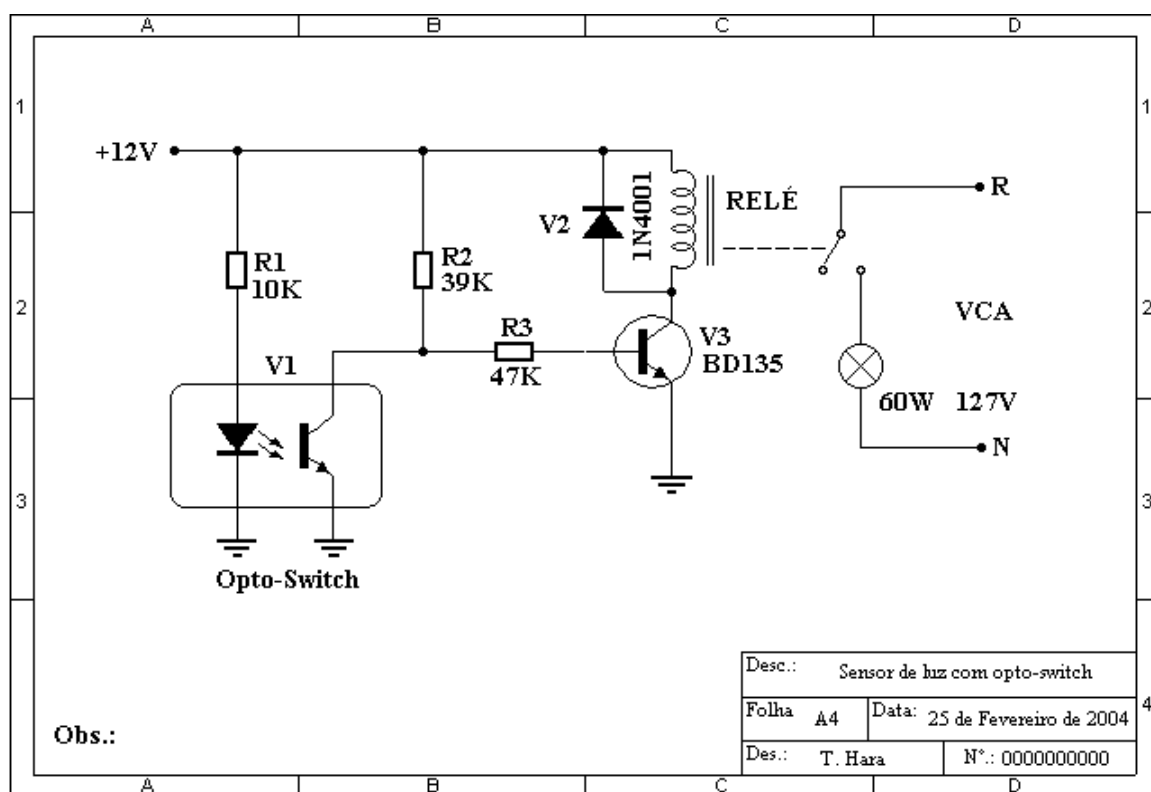


Desenho de esquema completo

O esquema completo é um diagrama elétrico que possui todas as informações identificadas, quanto à numeração e valores.

O esquema completo deve possuir as descrições do circuito elétrico devidamente inscritas na legenda, assim como, suas alterações e especificações para proporcionar todas as informações necessárias à compreensão do seu funcionamento.

A figura a baixo mostra um exemplo de esquema elétrico completo.

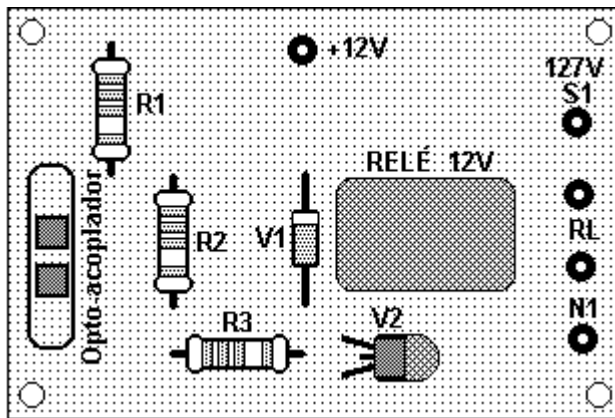


Desenho de vista de localização

O esquema de vista de localização é um desenho que identifica a disposição dos componentes ou das peças que constituem o aparelho, mostrando as suas localizações.

Como o desenho requer muito tempo para ser elaborado, esse tipo de desenho pode ser feito com auxílio de uma foto. Sobre a foto são adicionadas as identificações, mostrando a disposição e a localização dos componentes.

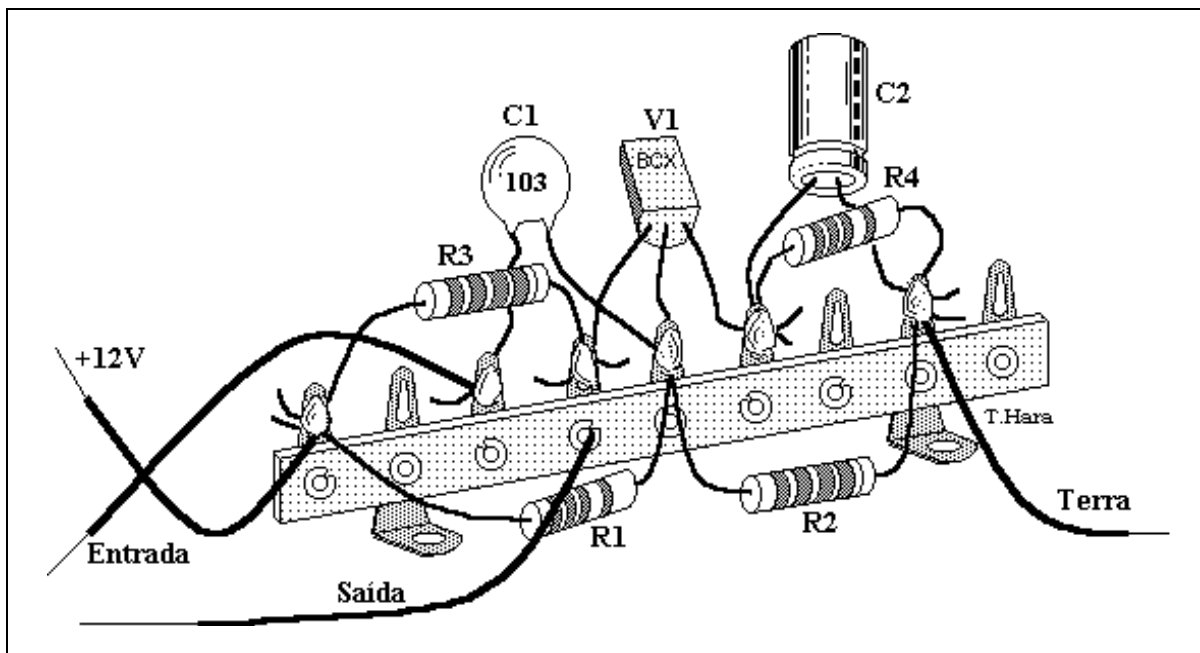
Na figura abaixo temos um desenho de esquema de vista de localização de uma placa de circuito impresso.



Esquema de fiação

O esquema de fiação é o desenho que informa como e onde estão localizados e identificados os componentes, nos quais as ligações são feitas através de fios condutores. É um diagrama esquemático que mostra o circuito como se vê e é chamado também de esquema funcional.

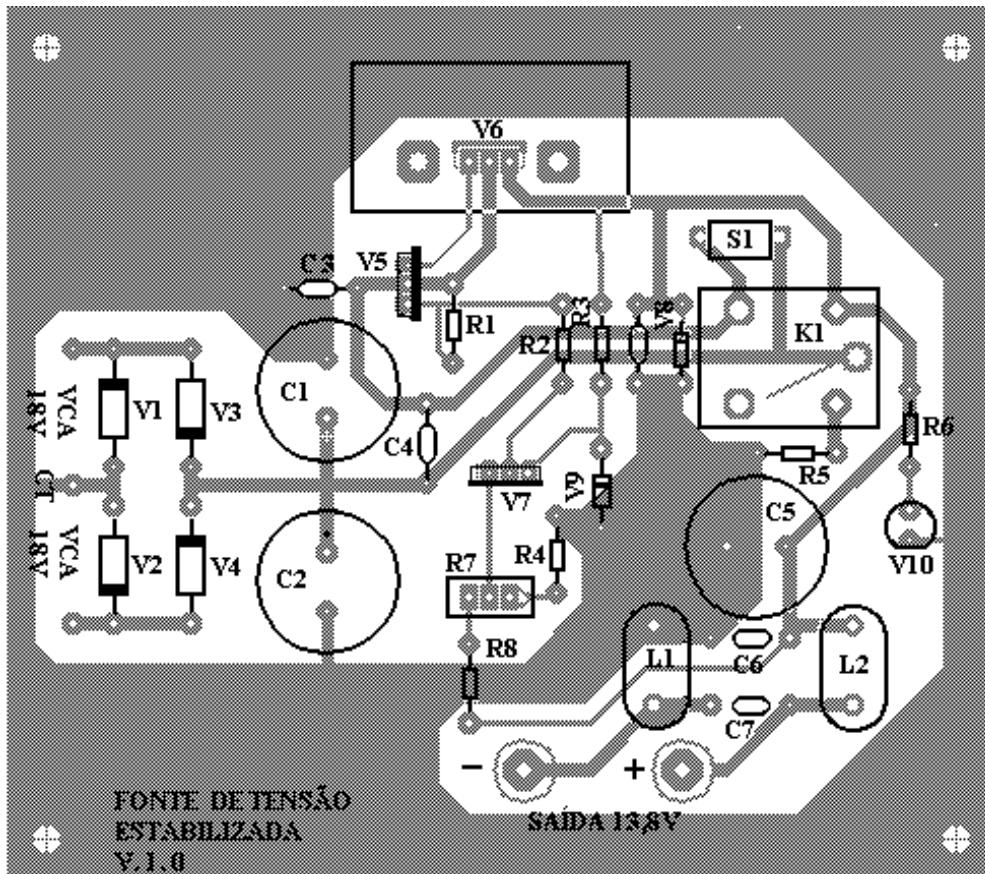
Nesse tipo de desenho os componentes do circuito elétrico estão identificados conforme o grupo ao qual pertencem com seus respectivos símbolos literais.



Esquema de chapeado

O desenho de esquema de chapeado é conhecido como desenho de circuito impresso. Os desenhos de circuitos impressos são representações de ligações feitas entre a traçagem e seus componentes devidamente identificados.

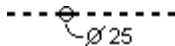
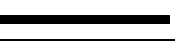
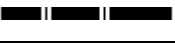
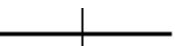
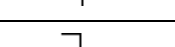
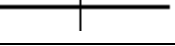
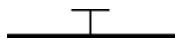
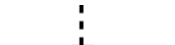
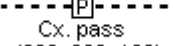
A figura abaixo mostra um desenho de esquema de chapeado ou circuito impresso de um circuito eletrônico.

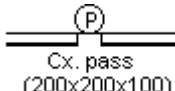
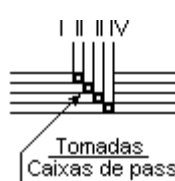
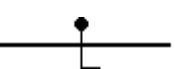


Simbologia de instalações elétricas

Os símbolos gráficos usados nos diagramas unifilar são definidos pela norma NBR5444, para serem usados em planta baixa (arquitetônica) do imóvel. Neste tipo de planta é indicada a localização exata dos circuitos de luz, de força, de telefone e seus respectivos aparelhos.

As tabelas a seguir mostram a simbologia do sistema unifilar para instalações elétricas prediais (NBR5444).

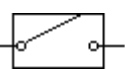
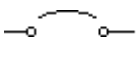
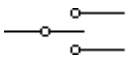
Dutos e distribuição		
Símbolo	Significado	Observação
	Eletroduto embutido no teto ou parede	Para todas as dimensões em milímetros, indicar a seção, se esta não for de 15 mm
	Eletroduto embutido no piso	
	Telefone no teto	
	Telefone no piso	Indicar na legenda o sistema passante
	Tubulação para campainha, som, anunciador ou outro sistema	
	Condutor de fase no interior do eletroduto	Cada traço represente um condutor, indicar a seção, nº do circuito e a seção dos condutores, exceto se forem de 1,5mm ²
	Condutor neutro no interior do eletroduto	
	Condutor de retorno no interior do eletroduto	
	Condutor terra no interior do eletroduto	
	Caixa de passagem no piso	Dimensões em mm
	Caixa de passagem no teto	Dimensões em mm

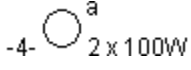
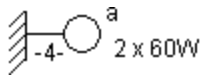
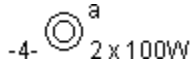
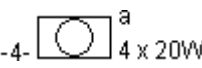
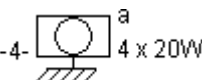
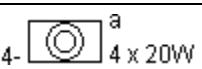
 Cx. pass (200x200x100)	Caixa de passagem na parede	Indicar a altura e se necessário fazer detalha (dimensões em mm)
	Eletroduto que sobe	
	Eletroduto que desce	
	Eletroduto que passa descendo	
	Eletroduto que passa subindo	
	Sistema de calha de piso	No desenho aparecem quatro sistemas que são habitualmente: I – Luz e Força II – Telefone (TELEBRÁS) III – Telefone (P(A)BX, KS, ramais) IV – Especiais (Comunicações)
	Condutor seção 1,0mm ² , fase para campainha	Se for de seção maior, indica-la
	Condutor seção 1mm ² , neutro para campainha	
	Condutor seção 1mm ² , retorno para campainha	

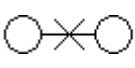
Quadro de distribuição		
Símbolo	Significado	Observação
	Quadro parcial de luz e força aparente	Indicar cargas de luz em Watts e de força em kWatt
	Quadro parcial de luz e força embutido	
	Quadro geral de luz e força aparente	
	Quadro geral de luz e força embutido	
	Caixa de telefone	
	Caixa para medidor	

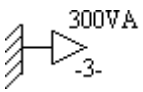
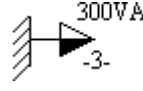
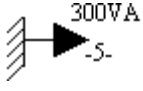
Interruptores (simbologia utilizado em plantas)		
Símbolo	Significado	Observação
	Interruptor de uma seção	Letra minúscula indica o ponto comandado
	Interruptor de duas seções	Letras minúsculas indicam os pontos comandados
	Interruptor de três seções	Letras minúsculas indicam os pontos comandados
	Interruptor paralelo ou Three-Way	Letra minúscula indica o ponto comandado
	Interruptor intermediário ou Four-Way	Letra minúscula indica o ponto comandado

Interruptores (continuação) (simbologia utilizado em plantas)		
Símbolo	Significado	Observação
	Botão de minuteria	
	Botão de campainha na parede (ou comando à distância)	
	Botão de campainha no piso (ou comando à distância)	

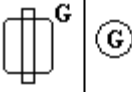
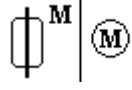
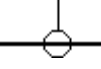
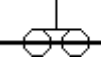
Interruptores (simbologia utilizado em diagramas)		
Símbolo	Significado	Observação
	Fusível	Indicar a tensão, correntes nominais
	Chave seccionadora com fusíveis, abertura em carga	Indicar tensão, correntes nominais. Ex: chave tripolar
	Chave seccionadora com fusíveis, abertura com carga	Indicar tensão, correntes nominais. Ex: chave bipolar
	Chave seccionadora abertura sem carga	Indicar tensão, correntes nominais. Ex: chave monopolar
	Chave seccionadora abertura em carga	Indicar tensão, correntes nominais.
	Disjuntor à óleo	Indicar a tensão, corrente, potência, capacidade nominal de interrupção e polaridade
	Disjuntor à seco	Indicar a tensão, corrente, potência, capacidade nominal de interrupção e polaridade através de traços
	Chave reversora	

Luminárias, refletores, e lâmpadas		
Símbolo	Significado	Observação
	Ponto de luz incandescente no teto. Indicar o n.º de lâmpadas e a potência em watts	A letra minúscula indica o ponto de comando e o número entre dois traços o circuito correspondente
	Ponto de luz incandescente na parede (arandela)	Deve indicar a altura da arandela
	Ponto de luz incandescente no teto embutido	
	Ponto de luz fluorescente no teto (indicar o n.º de lâmpadas e na legenda o tipo de partida a reator)	A letra maiúscula indica o ponto de comando e o número entre dois traços o circuito correspondente
	Ponto de luz fluorescente na parede	Deve indicar a altura da luminária
	Ponto de luz fluorescente no teto (embutido)	
	Ponto de luz incandescente no teto em circuito vigia (emergência)	
	Ponto de luz fluorescente no teto em circuito vigia (emergência)	
	Sinalização de tráfego (rampas, entradas, etc)	
	Lâmpadas de sinalização	
	Refletor	Indicar potências, tipo de lâmpadas

Luminárias, refletores, lâmpadas (continuação)		
Símbolo	Significado	Observação
	Poste com duas luminárias para iluminação externa	Indicar potências, tipo de lâmpadas
	Lâmpada obstáculo	
	Minuteria	Diâmetro igual ao do interruptor
	Ponto de luz de emergência na parede com alimentação independente	
	Exaustor	
	Motobomba para bombeamento da reserva técnica de água para combate a incêndio	

Tomadas		
Símbolo	Significado	Observação
	Tomada de luz na parede, baixo (300 mm do piso acabado)	A potência deverá ser indicada ao lado em VA (exceto se for de 100VA), como também o número do circuito correspondente e a altura da tomada, se for diferente da normalizada; se a tomada for de força, indicar o número de W ou kW
	Tomada de luz a meio a altura (1300mm do piso acabado)	
	Tomada de luz alta (2000mm do piso acabado)	
	Tomada de luz no piso	
	Saída para telefone externo na parede (rede Telebrás)	Especificar "h"
	Saída para telefone externo na parede a uma altura "h"	

Símbolo	Significado	Observação
	Saída para telefone interno na parede	
	Saída para telefone externo no piso	
	Saída para telefone interno no piso	
	Tomada para rádio e televisão	
	Relógio elétrico no teto	
	Relógio elétrico na parede	
	Saída de som, no teto	
	Saída de som, parede	Indicar a altura "h"
	Cigarra	
	Campainha	
	Quadro anunciador	Dentro do círculo, indicar o número de chamadas em algarismos romanos

Motores e transformadores		
Símbolo	Significado	Observação
	Gerador	Indicar as características nominais
	Motor	Indicar as características nominais
	Transformador de potência	Indicar a relação de tensões e valores nominais
	Transformador de corrente (um núcleo)	Indicar a relação de espiras, classe de exatidão e nível de isolamento. A barra de primário deve ter um traço mais grosso
	Transformador de potencial	
	Transformador de corrente (dois núcleos)	
	Retificador	

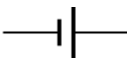
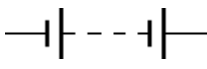
Acumuladores		
Símbolo	Significado	Observação
	Acumulador ou elementos de pilha	a. O traço longo representa o pólo positivo e o traço curto, o pólo negativo b. Este símbolo poderá ser usado para representar uma bateria se não houver risco de dúvida. Neste caso, a tensão ou o n.º e o tipo dos elementos deve (m) ser indicado (s).
	Bateria de acumuladores ou pilhas. Forma 1	Sem indicação do número de elementos
	Bateria de acumuladores ou pilhas. Forma 2	Sem indicação do número de elementos

Diagrama de Motores

Esquemas de bobinados

Os desenhos de esquemas são formas de representação de um diagrama elétrico. No caso de um diagrama de motores, são formas de desenhos esquemáticos nos quais se representam bobinados de estatores e suas ligações internas de modo a demonstrar os detalhes essenciais de cada circuito.

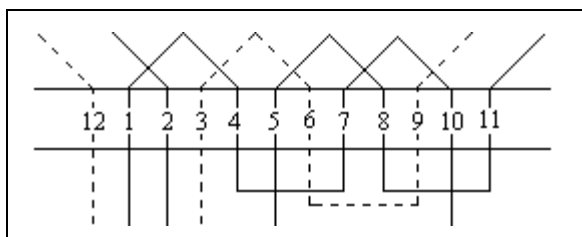
Os desenhos de esquemas de bobinados podem ser:

- ✓ planificados
- ✓ frontal ou circulares
- ✓ simplificados

Desenho de esquema planificado

Os esquemas planificados representam um estator como se estivesse cortado e estirado sobre um plano, com todos os grupos de bobinas e conexões.

Na figura abaixo está mostrado um esquema planificado de bobinas de um motor.



Desenho de esquema frontal ou circular

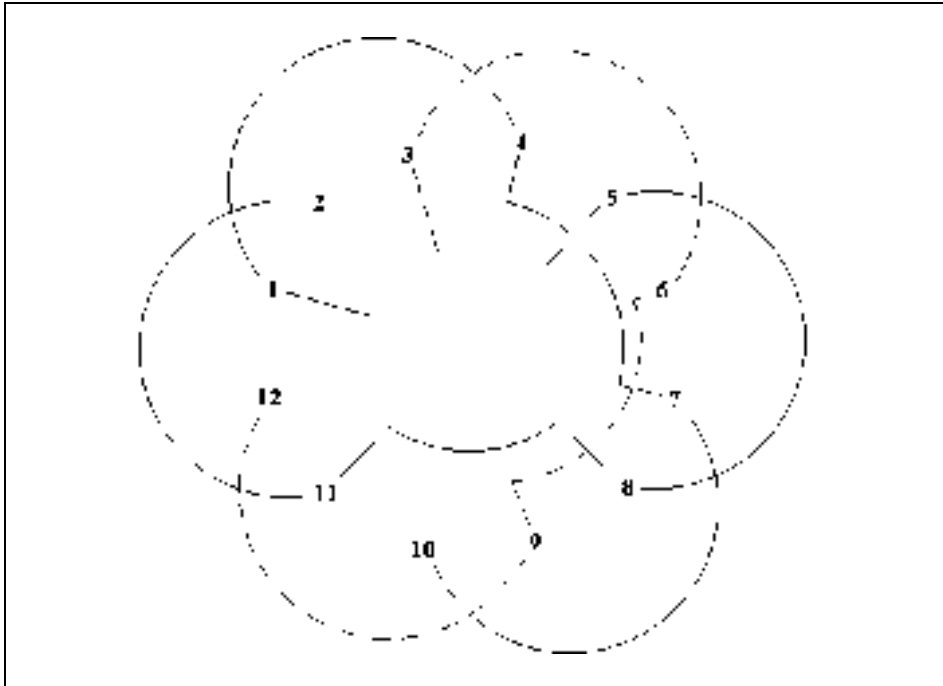
Os esquemas frontais são constituídos a partir da frente do bobinado e apresentam todas as ranhuras das bobinas.

O esquema indica através de traços, a posição relativa das bobinas e suas interligações no conjunto que forma a estrutura elétrica do motor.

Deve-se fazer o desenho de esquema com linhas ou traços diferentes, como linhas largas e estreitas, pontilhadas, tracejadas, etc. Pode-se também representar os traços em cores diversas partes como;

- Bobinados pertencentes a diferentes fases:
caso do motor trifásico;
- Bobinados com diferentes funções:
caso dos motores monofásicos com bobina de arranque e trabalho.

Na figura abaixo está mostrado um esquema circular ou frontal.

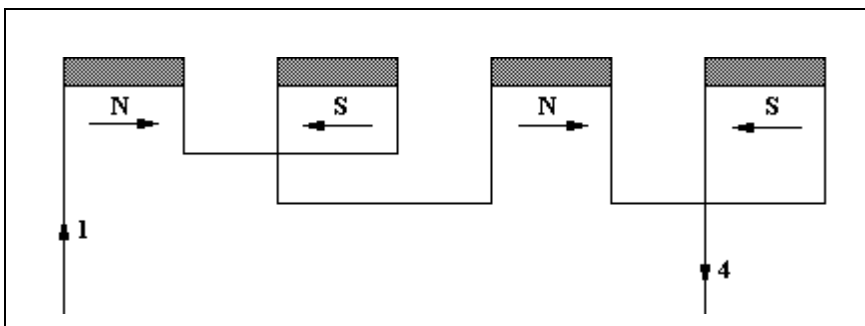


Desenho de esquema simplificado

O esquema simplificado representa todo um grupo de bobinas por apenas uma bobina ou meia bobina.

Esse esquema mostra as conexões para formar as polaridades.

A figura abaixo mostra um esquema simplificado de bobinado de um motor mostrando a formação de polaridades.



Simbologia de eletrônica

O uso de símbolos gráficos em desenhos de esquemas elétricos servem para representar os componentes, os equipamentos, as relações entre estes e os efeitos físicos que integram o funcionamento completo ou parcial dos mesmos.

Os símbolos gráficos de circuitos elétricos são usados geralmente em projetos de instalações prediais, industriais e em qualquer aplicação elétrica que precise de uma esquematização através de gráficos.

As tabelas a seguir mostram exemplos de símbolos utilizados em desenhos técnicos relacionado a diagramas de circuitos eletroeletrônicos ou na esquematização de projetos de circuitos eletrônicos.

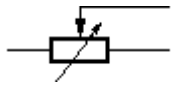
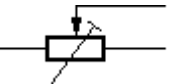
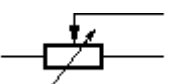
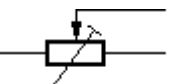
Os símbolos gráficos são estabelecidos pelas normas (NBRs) da ABNT

As tabelas a seguir apresentam **alguns símbolos gráficos** de semicondutores segundo a norma.

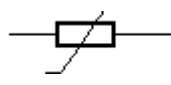
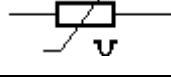
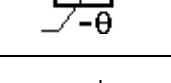
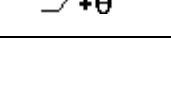
Símbolos gráficos de resistores fixos

Símbolo	Descrição
 Preferencial	Resistor, símbolo geral
 Não preferencial	
	Resistor com derivação fixa
	Elemento resistivo
	Resistor utilizado como derivador (Shunt)

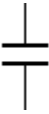
Símbolos gráficos de potenciômetros

Símbolo	Descrição
	Potenciômetro com variabilidade linear e contínua
	Potenciômetro com variabilidade linear e contínua de ajuste predeterminado
	Potenciômetro com variabilidade não linear e contínua
	Potenciômetro com variabilidade linear e contínua de ajuste predeterminado

Símbolos gráficos de resistores de variabilidade intrínseca

Símbolo	Descrição
	Resistor de variabilidade intrínseca não linear
	Resistor com variabilidade intrínseca dependente de tensão
	Resistor com variabilidade intrínseca com coeficiente negativo de temperatura - NTCR
	Resistor com variabilidade intrínseca com coeficiente positivo de temperatura - PTCR

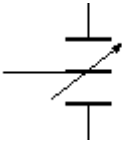
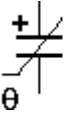
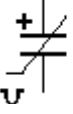
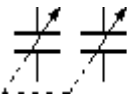
Símbolos gráficos de capacitores

Símbolos	Descrição
	Capacitor, símbolo geral
	Capacitor com representação do eletrodo externo
	Capacitor de passagem
	Capacitor eletrolítico não polarizado (bipolar). Se desejar os retângulos podem ser preenchidos
	Capacitor polarizado. Símbolo geral
	Capacitor eletrolítico polarizado. Se desejado, o retângulo pode ser cheio

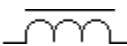
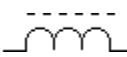
Símbolos gráficos de capacitores variáveis

Símbolos	Descrição
	Capacitor variável. Símbolo geral
	Capacitor variável com representação do eletrodo externo
	Capacitor com ajuste pré-determinado

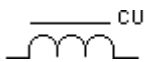
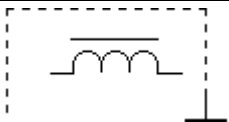
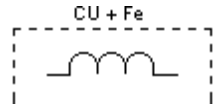
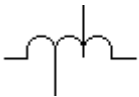
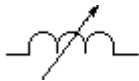
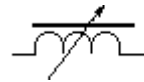
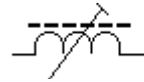
Simbolos gráficos de capacitores variáveis (continuação)

Simbolos	Descrição
	Capacitor variável com dupla armadura móvel. Nota: $C1 = C2$
	Capacitor polarizado variável não linear dependente da temperatura.
	Capacitor polarizado variável não linear dependente da tensão.
	Capacitores variáveis com acoplamento mecânico

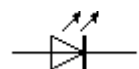
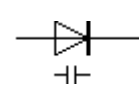
Simbolos gráficos de indutores

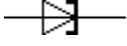
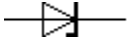
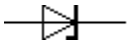
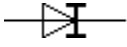
Simbolo	Descrição
	Indutor com núcleo de ar. Símbolo geral
	Indutor com núcleo de ferro laminado
	Indutor com núcleo de ferro com entreferro
	Indutor com núcleo de ferrite

Simbolos gráficos de indutores (continuação)

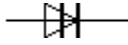
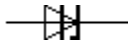
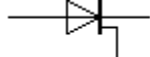
	Indutor com núcleo de cobre
	Indutor com núcleo de ferro laminado e com blindagem eletrostática ligada à massa
	Indutor com blindagem de cobre e ferro
	Indutor com derivações
	Indutor variável continuamente
	Indutor variável com núcleo de ferro laminado
	Indutor de ajuste predeterminado com núcleo de ferrite

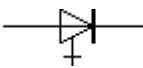
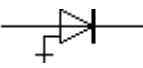
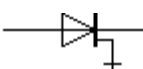
Símbolos gráficos de diodos semicondutores

	Diodo semicondutor, símbolo geral
	Diodo emissor de luz, símbolo geral
	Diodo usado como dispositivo capacitivo (varactor ou varicap)

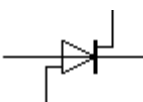
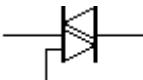
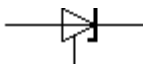
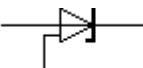
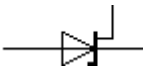
	Diodo Túnel
	Diodo de avalanche, ou Zener, unidirecional (diodo regulador de tensão)
	Diodo de avalanche, ou Zener, bidirecional
	Diodo unitúnel
	Diodo bidirecional (varistor) Diac

Símbolos gráficos de Tiristores

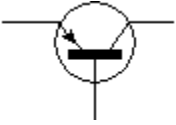
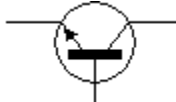
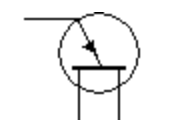
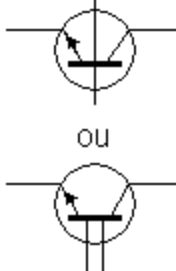
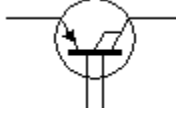
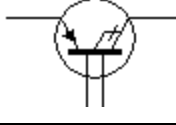
	Tiristor diodo de bloqueio inverso
	Tiristor diodo de condução inversa
	Tiristor diodo bidirecional
	Tiristor triodo, tipo não especificado Nota: Este símbolo é usado para representar um tiristor triodo de bloqueio inverso, se não for necessário especificar o tipo da porta.
	Tiristor triodo de bloqueio inverso, porta N (anodo controlado)
	Tiristor triodo de bloqueio inverso, porta P (catodo controlado)

	Tiristor triodo bloqueável, pela porta não especificada
	Tiristor triodo bloqueável pela porta N (anodo controlado)
	Tiristor triodo bloqueável pela porta P (catodo controlado)

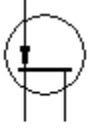
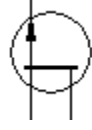
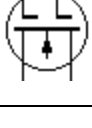
Simbolos gráficos de Tiristores (continuação)

	Tiristor tetrodo de bloqueio inverso
	Tiristor triodo bidirecional (Triac)
	Tiristor triodo de condução inversa, porta não especificada
	Tiristor triodo de condução inversa, porta N (anodo controlado)
	Tiristor triodo de condução inversa, porta P (catodo controlado)
	Tiristor triodo PNPN com conexão externa de comando (tiristor P)
	Tiristor triodo NPNP com conexão externa de comando (tiristor N)

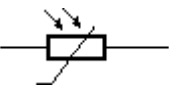
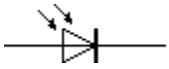
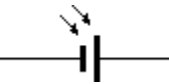
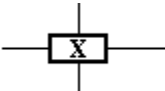
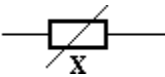
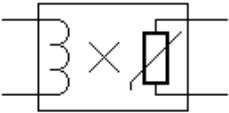
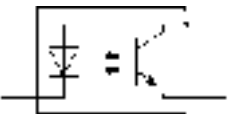
Simbolos gráficos de transistores bipolares

	Transistor PNP
	Transistor NPN com coletor conectado à envoltória
	Transistor NPN de avalanche
	Transistor de unijunção, com base tipo P
	Transistor de unijunção, com base tipo N
 ou	Transistor NPN, com base polarizada transversalmente
	Transistor PNIP com conexão à região intrínseca.
	Transistor PNIN com conexão à região intrínseca.

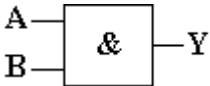
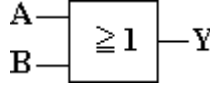
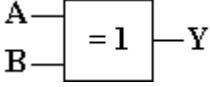
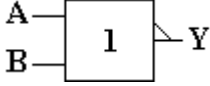
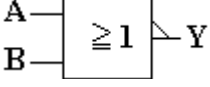
Símbolos gráficos de transistores de efeito de campo (FET), transistores unipolares

 Porta Fonte Coletor	Transistor de efeito de campo, porta conectada, com canal tipo N. Nota: As conexões da porta e da fonte devem estar alinhadas.
	Transistor de efeito de campo, porta conectada, com canal tipo P
	Transistor de efeito de campo, porta isolada, tipo a enriquecimento, uma porta, com canal tipo P, sem conexão ao substrato (IGFET).
	Transistor de efeito de campo, porta isolada, tipo a enriquecimento, uma porta, com canal tipo P, sem conexão ao substrato (IGFET).
	Transistor de efeito de campo, porta isolada, tipo a enriquecimento, uma porta, com canal tipo N, com substrato conectado internamente a fonte (IGFET)
	Transistor de efeito de campo, porta isolada, tipo a depleção, uma porta, com canal tipo N, sem conexão ao substrato (IGFET)
	Transistor de efeito de campo, porta isolada, tipo a depleção, uma porta, com canal tipo P, sem conexão ao substrato (IGFET)
	Transistor de efeito de campo, duas portas isoladas, tipo a depleção, com canal tipo N, com substrato conectado separadamente (IGFET)

Símbolos gráficos de dispositivos fotossensíveis e magnetossensíveis

	Resistor com variabilidade intrínseca dependente de luz - LDR
	Fotodiodo, Célula fotocondutora com condutividade
	Célula fotovoltaica
	Fototransistor NPN
	Fototransistor PNP
	Gerador Hall com quatro conexões
	Magnetorresistor, tipo linear
	Dispositivo de acoplamento magnético isolador magnético
	Dispositivo de acoplamento ótico, isolador ótico com diodo emissor de luz e fototransistor

Símbolos gráficos para diagramas lógicos

	Estágios associativos em geral No lugar de X inscrevem-se símbolos que caracterizam a associação
	Função E (AND)
	Função OU (OR)
	Função OU EXCLUSIVO (XOR)
	Função INVERSORA (NOT)
	Função NÃO E (NAND)
	Função NÃO – OU (NOR)

Leiautes

Desenho de circuito impresso (PCI)

Antes de iniciar o desenho de circuito impresso apresentaremos conceitos básicos importantes na elaboração desse circuito.

Pois, dependendo do leiaute do circuito impresso é necessário que o projetista tenha um profundo conhecimento da natureza elétrica do projeto.

Circuito impresso

O circuito impresso é constituído por uma placa de isolante, sobre a qual é adicionado um laminado de cobre impresso que interliga os componentes do circuito elétrico.

O nome circuito impresso é dado ao sistema devido a sua grande semelhança com uma impressão gráfica.

Trilhas de circuito impresso

As trilhas são constituídas por um conjunto de desenhos de filetes destinados a interconectar os componentes do circuito elétrico.

Ilhas de circuito impresso

Os desenhos de ilhas são formados por várias “bolinhas” na extremidade ou em pontos estratégicos das trilhas, contendo um furo. Esses furos servem para fixar os terminais dos componentes, à qual vai fixado através da soldagem após a fabricação da placa de circuito impresso. [esta frase está confusa]

Formato do desenho de ilhas (para PCI de única face)

Para a desenhar as ilhas de um leiaute de PCI pode-se escolher o formato redondo ou retangular. Os desenhos de ilhas devem possuir uma área útil em torno do furo, capaz de proporcionar uma boa soldagem do terminal do componente.

Embora não exista uma regra para dimensionar o tamanho da ilha é conveniente fazê-la proporcionalmente maior que o desenho das trilhas.

A escolha do tamanho da ilha deve ser feita de acordo com o componente e o diâmetro do furo.

O dimensionamento da ilha com uma área de soldagem muito pequena não proporciona uma boa soldagem o que pode provocar o descolamento do laminado pelo aquecimento da solda durante a soldagem do componente.

De modo geral, aconselha-se que o diâmetro da ilha seja o dobro da largura da pista.

Posicionamento das trilhas de circuito impresso

A configuração dos filetes depende de vários fatores específicos. O principal é a própria natureza do projeto do circuito impresso, a que se destina, ou seja, para cada circuito existem diferentes detalhes que devem ser considerados quando da elaboração do formato das trilhas condutoras.

Dependendo da natureza do projeto, o posicionamento do desenho das trilhas no leiaute de PCI pode ser fator importante no funcionamento do circuito após a sua confecção.

Desta forma, o projetista deve possuir conhecimento detalhado do circuito elétrico para desenhar a configuração das trilhas e escolher a melhor configuração a fim de obter uma boa qualidade de funcionamento do circuito após a execução do projeto.

O posicionamento do desenho das trilhas pode causar dois efeitos que são:

- Efeito da indutância entre as trilhas
- Capacitância entre as trilhas

O efeito da indutância é causado pelo posicionamento do desenho das trilhas no desenho da placa de circuito impresso. Este efeito é bem mais importante que os efeitos causados pela capacitância produzida entre as trilhas, embora possa parecer contrário.

Desenho de Leiaute de circuito impresso

A distribuição dos componentes sobre a placa num desenho de leiaute de circuito impresso nunca deve ser feita aleatoriamente. Ao contrário, deve obedecer a vários critérios, entre os quais são importantes a simplificação do traçado e a obediência aos parâmetros elétricos do circuito eletrônico a que se destina.

- **O primeiro critério**, mais simples e lógico, é a distribuição dos componentes nos leiautes da placa de circuito impresso que deve ser feita de forma a manter a mesma disposição dos componentes do diagrama elétrico. Deve formar um desenho homogêneo, ou seja, com os componentes distribuídos de forma a evitar aglomerações ou espaços vazios.

O desenho de leiaute deve ser elaborado com o mínimo possível de trilhas longas ou dando voltas, obtendo desta forma, caminhos de ligações mais curtos entre os componentes.

- **Segundo critério** é que o projetista de circuito impresso deve possuir razoável conhecimento de eletrônica, para que possa identificar a natureza do circuito, se é de alta ou baixa frequência, se possui correntes elevadas, se é digital ou analógico, etc.
- **Terceiro critério** a se levar em conta, são as distâncias entre os elementos (componentes) do circuito e a possível interação entre eles, tais como efeito térmico, capacitância entre elementos, efeito eletromagnético, irradiação de sinais de radiofrequência (osciladores e geradores de clock), etc.

Se não forem levados em consideração estes critérios na elaboração do desenho da placa de circuito impresso (PCI) pode haver perturbações imprevisíveis no funcionamento do circuito após a elaboração do leiaute da placa de circuito impresso.

Embora existam circuitos que funcionam perfeitamente mesmo se montados em placa de circuito impresso com os componentes distribuídos aleatoriamente num leiaute, ou seja, de forma que a montagem seja do tipo “**qualquer jeito**”, determinados circuitos, principalmente circuitos de alta frequência, só podem ser testados e melhorados quando já montados em placa, refazendo-se novamente o desenho de leiaute da PCI após o teste.

Dimensionamento da largura do desenho das trilhas

A largura e a extensão do desenho das trilhas, assim como o diâmetro do desenho das ilhas de conexão não deve ser uma escolha aleatória. Sabe-se, por exemplo, que, quanto maior a largura das trilhas, maior será a confiabilidade do circuito impresso, embora nem sempre seja possível respeitar totalmente este detalhe, principalmente quando se deseja projetar circuitos impressos com alta densidade de componentes.

Na verdade, a largura da trilha depende da ordem de grandeza das correntes envolvidas no circuito.

O efeito causado pela circulação da corrente elétrica no condutor manifesta-se de duas formas, devido à resistência elétrica da trilha:

- Criação de uma diferença de potencial (queda de tensão)
- Dissipação de calor por efeito JOULE (dissipação de potência)

Esses efeitos devem ser considerados na elaboração do leiaute da PCI, pois podem ser prejudiciais ao funcionamento dos circuitos após a sua confecção e montagem.

Leiaute para circuito impresso

O desenho de leiaute para circuito impresso pode ser traçado pelo método manual sobre a prancheta utilizando régua, gabaritos, decalques e tinta nanquim sobre folhas especiais para de desenho.

No entanto, com o advento da tecnologia da informática existem inúmeros Softwares de eletrônica que auxiliam no desenho de esquemas elétricos e desenhos de leiautes da PCI.

Esses programas são destinados a projetos de eletrônica e geram todas as documentações necessárias para a fabricação da PCI.

O Software de eletrônica é uma ferramenta poderosa que gera além de todos os leiautes da PCI, lista de material, arquivos para os furos de inserção de componentes em máquinas de comando numérico computadorizado (CNC), relatórios etc. permite também converter desenhos de esquema elétrico em desenhos de leiaute da PCI ou vice-versa de forma automática.

Para a fabricação da placa de circuito impresso pelo processo manual de desenhos de leiaute são necessários basicamente;

- Desenho de leiaute de mapa de componentes
- Desenho de leiaute do lado da solda

Através destes leiautes desenhados pelo método manual pode se gerar os demais documentos para a fabricação da PCI.

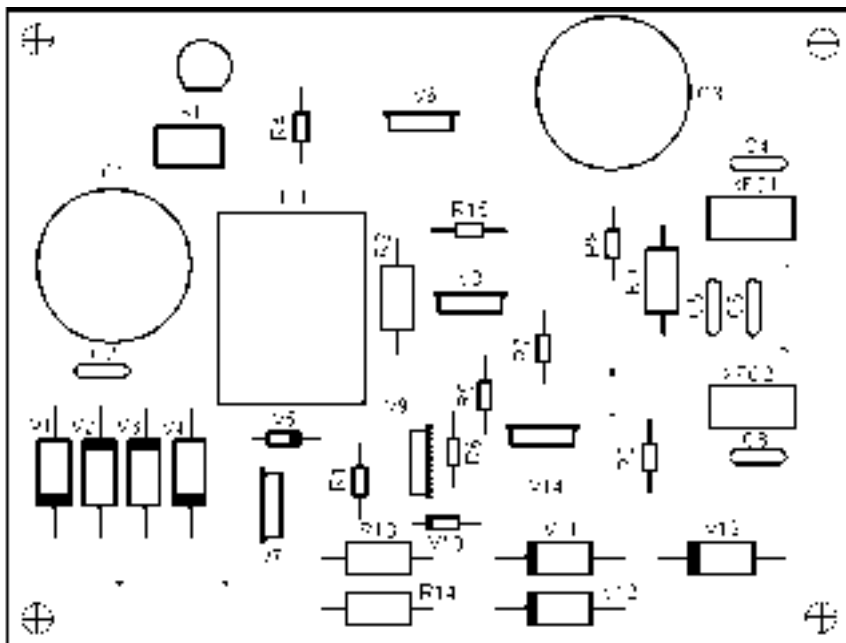
Em caso de utilização de software de eletrônica, os desenhos de leiaute de mapa de componentes e de leiaute do lado da solda geram automaticamente todos os demais documentos necessários para a fabricação da PCI.

Leiaute de mapa de componentes

O mapa de componentes é conhecido como desenhos de simbologia. Este desenho é o leiaute de componentes que será impresso na superfície da placa de circuito impresso e serve para a identificação dos componentes que vão ser inseridos na placa de circuito impresso durante a montagem do circuito.

O desenho de mapa de componentes é formado de um conjunto de símbolos gráficos de componentes de tamanho real com seus respectivos contornos e polaridades.

A figura abaixo mostra um leiaute de componentes de uma PCI.



Leiaute do lado de solda

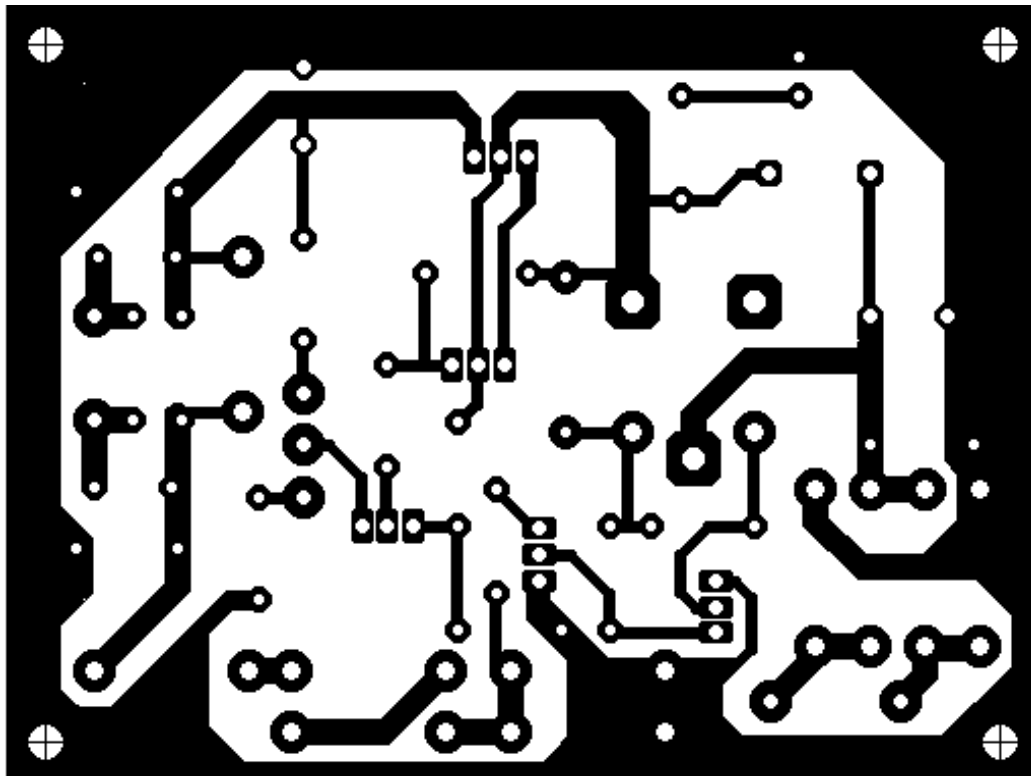
É o traçado condutor do lado da placa onde será efetuada a soldagem dos componentes, soquetes, terminais, etc. Esta face é a face oposta à do mapa de componentes. No caso de uma placa de dupla face, o lado da solda pode ser na face de componentes.

Para elaborar o traçado do lado da solda devemos tomar certos cuidados quanto ao acabamento da traçagem, do dimensionamento das trilhas e outros critérios.

Nos desenhos feitos manualmente, tanto o leiaute de mapa de componentes ou leiaute do lado da solda devem ser desenhados na escala de 4:1 ou 2:1 para posteriormente serem reduzidos à escala 1:1 a fim de reduzir as imperfeições da traçagem manual.

Na elaboração de leiautes por meio de software de eletrônica a escala usada é de 1:1. Na figura abaixo temos um exemplo de um desenho de leiaute do lado da solda de uma PCI.

Esta face é oposta a de leiaute de componentes.

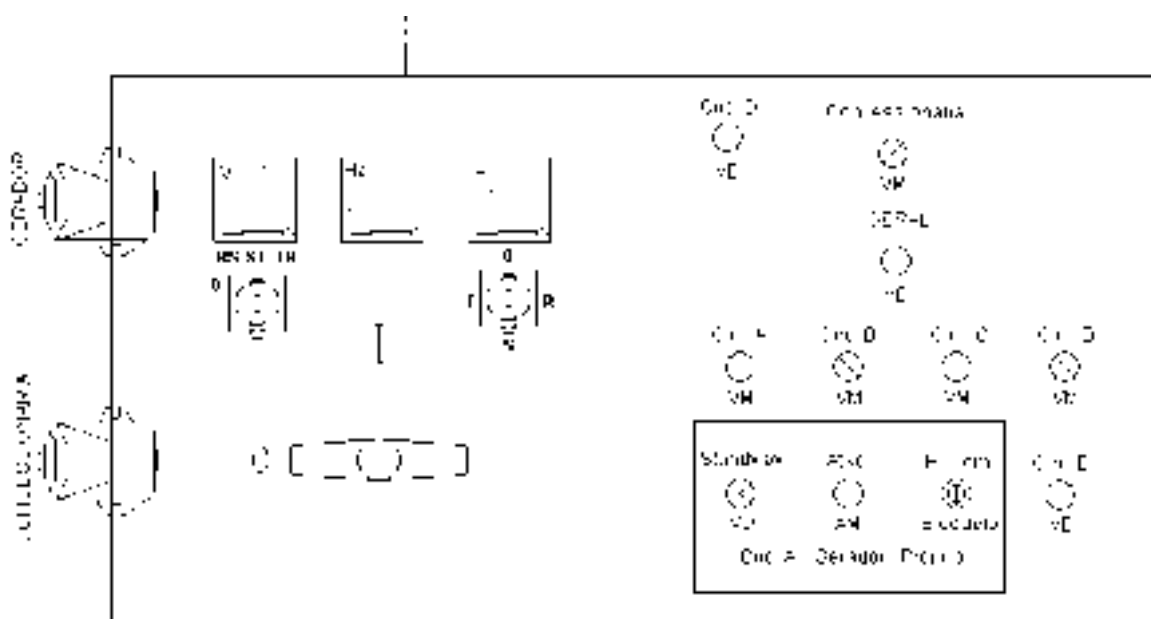


Leiaute de quadro de distribuição (QD)

Quadro de distribuição é um equipamento elétrico destinado a receber energia elétrica através de uma ou mais alimentações e distribuí-la a um ou mais circuitos, podendo também desempenhar funções de proteção, seccionamento, controle e ou medição [de quê?].

Um quadro de distribuição pode ser entendido como o “coração” de uma instalação elétrica, já que distribui energia elétrica por toda a edificação e acomoda os dispositivos de proteção dos diversos circuitos elétricos de acordo com a norma NBR IEC 60050 (826).

A figura a baixo mostra um exemplo de um desenho de leiaute de quadro de distribuição (QD).

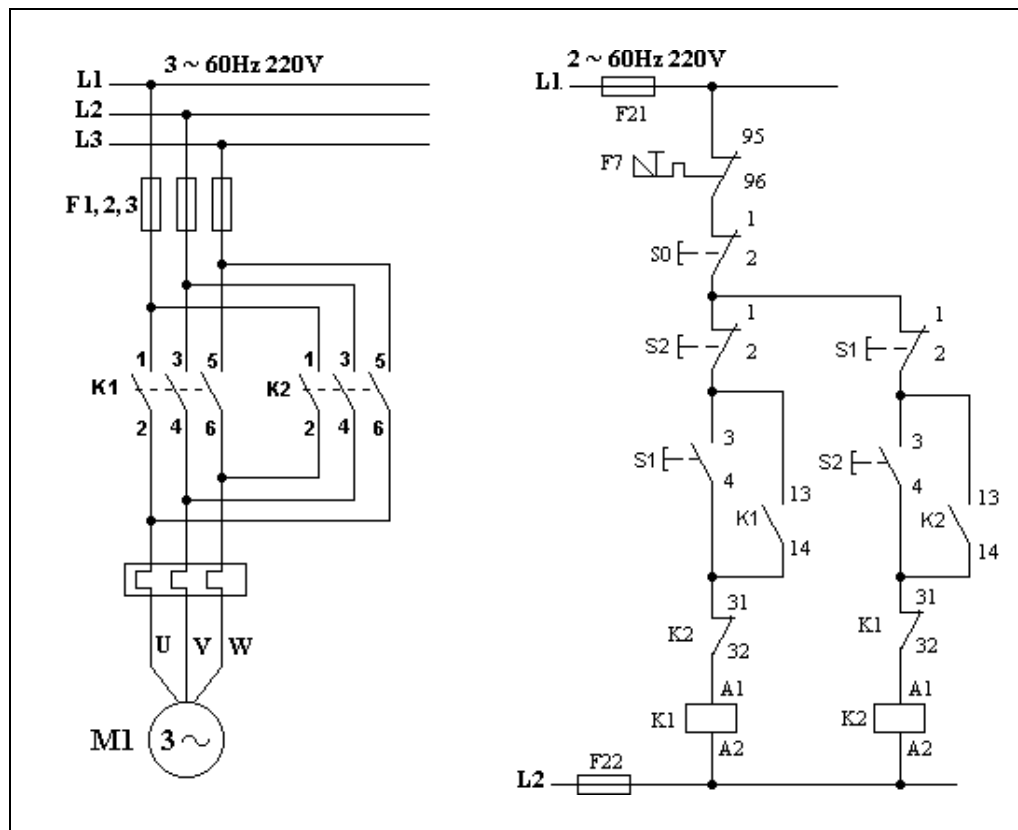


Leiaute de painel de comando

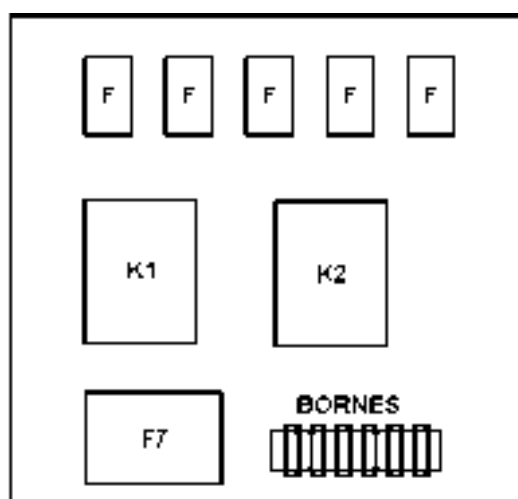
O desenho de leiaute de painel de comando é uma representação que identifica a localização física dos elementos a se tornar facilmente compreensível junto com o diagrama de execução (ou disposição).

Esse tipo de desenho de execução se origina da concepção de um projeto a partir de um diagrama de fácil compreensão.

Na figura abaixo temos a representação de um circuito de potência e comando com a finalidade de representar um leiaute de comando elétrico em execução.



Através da representação de um diagrama elétrico elabora-se um painel de comando conforme mostrado na figura que segue.



Rever referências bibliográficas, pois algumas delas faltam informações e estão fora das normas da ABNT.

Referências bibliográficas

ABNT. **Coletânea de normas de desenho técnico**. São Paulo: SENAI-DTE-DMD, 1990. 86 p. (Programa de Publicações Técnicas e Didáticas. Série organização e administração)

FRENCH, Thomas E.; VIERCK, Charles J. **Desenho técnico e tecnologia gráfica**. Porto Alegre: Globo, 1985. 1093 p.

PENTEADO, José de Arruda. **Curso de desenho para o curso de nível médio**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1986. 156 p.

SENAI-DR-SP. **Iniciação ao desenho**. 2 ed. São Paulo, 1991. 84 p.

_____. **Desenho com instrumentos**. 2.ed. São Paulo, 1991. 98 p.

CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações elétricas prediais**. 5.ed. São Paulo, 1998. 388 p.