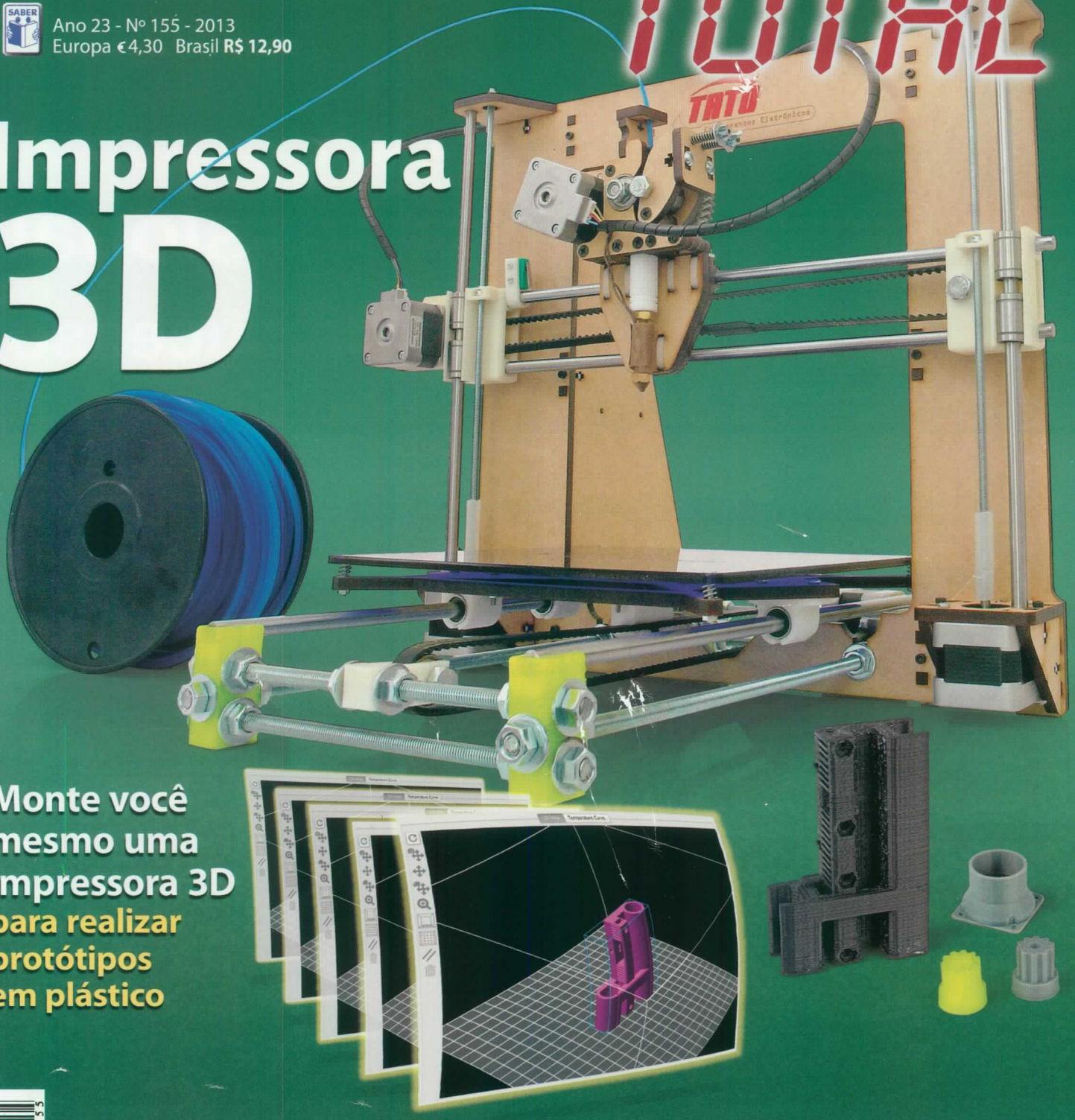
www.sabereletronica.com.br

ELETRÔNICA TOTAL

Ano 23 - Nº 155 - 2013
Europa €4,30 Brasil R$ 12,90

Impressora 3D



Monte você mesmo uma impressora 3D para realizar protótipos em plástico

Módulo de Voz ISD1932 aplicado à Robótica

Trabalhos Práticos com Arduino

Curso de Inglês para Eletrônicos

Eletrocardiograma (ECG): Monitore os batimentos cardíacos

ISSN 0103-4960



Estude Eletrônica, Eletrotécnica ou Telecomunicações na Sequencial

Na Sequencial, você aprende na prática e tem à sua disposição uma infraestrutura especialmente projetada para garantir o seu futuro profissional. Professores altamente qualificados, laboratórios com os mais modernos equipamentos e bibliotecas com acervo especializado garantem um ambiente de aprendizado rico e multidisciplinar.







Conheça os outros cursos técnicos da Sequencial:

Segurança do Trabalho - Estética
Enfermagem - Farmácia
Radiologia - Informática

www.sequencialctp.com.br



Unidade I
Estr. de Itapecirica, 3777 • Capão Redondo
CEP 05854-110 • São Paulo, SP
Tel.: (011) 5511-1717



Unidade II
Av. Teotonio Vilela, 3161 • Cid Dutra
CEP 04801-010 • São Paulo, SP
Tel.: (011) 5663-2828



Unidade III
Av. Marechal Tito, 6084 • Itaim Paulista
CEP 08115-000 • São Paulo, SP
Tel.: (011) 2156-1040

Editora Saber Ltda.
Diretor
Hélio Fittipaldi

ELETRÔNICA TOTAL

www.eletronicatotal.com.br
twitter.com/editora_saber

Editor e Diretor Responsável
Hélio Fittipaldi

Conselho Editorial
Luiz Henrique C. Bernardes;
Newton C. Braga

Revisão Técnica
Eutíquio Lopez

Designers
Carlos C. Tartaglioni;
Diego M. Gomes

Redação
Rafaela Turiani

Publicidade
Caroline Ferreira

Colaboradores
Filipe Pereira,
Francisco Bezerra Filho,
Luis Eduardo Palomino Bolivar,
Marcos Paulo Hirth,
Newton C. Braga,
Valdinei de Andrade Reis,
Wagner Rambo

PARA ANUNCIAR: (11) 2095-5339
publicidade@editorasaber.com.br

Capa
Arquivo Editora Saber

Impressão
EGB

Distribuição
Brasil: DINAP
Portugal: Logista tel.: 121 926-7800

ASSINATURAS
www.eletronicatotal.com.br
fone (11) 2095-5335/fax (11) 2098-3366
atendimento das 8:30 às 17:30h

Eletrônica Total é uma publicação bimestral da Editora Saber Ltda, ISSN 0103-4960. Redação, administração, publicidade e correspondência: Rua Jacinto José de Araújo, 315, Tatuapé, CEP 03087-020, São Paulo, SP, tel./ fax (11) 2095-5333. Edições anteriores (mediante disponibilidade de estoque), solicite pelo site **www.sabermarketing.com.br**, ou pelo tel. 2095-5330, ao preço da última edição em banca.

Associada da:

anatec
www.anatec.org.br
Associação Nacional das Editoras de Publicações Técnicas, Dirigidas e Especializadas

Editorial


Hélio Fittipaldi

Neste mundo volátil, globalizado e hiperconectado ocorrem mudanças muito rápidas, onde o seu emprego ou o seu negócio poderá não ter mais razão de ser. Aí entra-se na rua da amargura, pois na maioria das vezes não conseguimos enxergar o que se passa para podermos corrigir o rumo.

Quantos casos, o leitor mesmo presenciou e nem se deu conta!? Exemplos: fim das fitas K7, fim das videolocadoras, dos discos, dos CDs, das televisões com tubos de raios catódicos, das máquinas de escrever, das máquinas fotográficas com filmes etc...

Na eletrônica temos vários exemplos também, como as válvulas e uma infinidade de componentes. Por este motivo sempre tivemos a preocupação de indicar caminhos aos nossos leitores e desvendar as novas tecnologias.

Uma delas que deve causar uma ruptura é a das "impressoras de peças em 3D". Além de servirem na área de prototipagem, podem quebrar um galho com uma peça que você precise e no momento não consegue porque é um feriado prolongado e as lojas estão fechadas.

Já pensou que você poderia entrar no *site* do fornecedor e comprar o arquivo em CAD para fabricar uma peça na sua impressora, apenas pagando o custo dos centavos por uso do desenho?! Isto já é viável e logo veremos que você poderá fazer manutenção em sua casa com um custo muito baixo e a qualquer hora. Com isso, quantos empregos ou pequenas empresas de serviços de manutenção poderão deixar de existir!? Sendo otimista, quantas também poderão surgir!?

Assim sendo, apresentamos aos nossos leitores o artigo "Monte você mesmo uma Impressora 3D".

Hélio Fittipaldi

Submissões de Artigos
Artigos de nossos leitores, parceiros e especialistas do setor serão bem-vindos em nossa revista. Vamos analisar cada apresentação e determinar a sua aptidão para a publicação na Revista Saber Eletrônica. Iremos trabalhar com afinco em cada etapa do processo de submissão para assegurar um fluxo de trabalho flexível e a melhor apresentação dos artigos aceitos em versão impressa e online.

Índice

Trabalhos Práticos com Arduino – Parte 2 07
Inglês para Eletrônicos 10
Impressora 3D. Monte você mesmo uma impressora 3D para realizar protótipos em plástico 12
Processo de Multiplexação 16
Eletrocardiograma: Monitoramento dos Batimentos Cardíacos 19
As Principais Características dos Circuitos Sintonizados 22
Curso de Tecnologia e Montagem de Circuitos Eletrônicos 26
Estudo e Aplicação as Linhas de Transmissão 36
Sistemas Trifásicos 43
Perguntas e Respostas mais Frequentes sobre Componentes Eletrônicos 50
Módulo de Voz ISD1932 Aplicado à Robótica: Direct Mode 52
Antenas: Uma Análise sobre os Principais Tipos e Aplicações 62

Atendimento ao Leitor: atendimento@eletronicatotal.com.br

Os artigos assinados são de exclusiva responsabilidade de seus autores. É vedada a reprodução total ou parcial dos textos e ilustrações desta Revista, bem como a industrialização e/ou comercialização dos aparelhos ou ideias oriundas dos textos mencionados, sob pena de sanções legais. As consultas técnicas referentes aos artigos da Revista deverão ser feitas exclusivamente por cartas, ou e-mail (A/C do Departamento Técnico). São tomados todos os cuidados razoáveis na preparação do conteúdo desta Revista, mas não assumimos a responsabilidade legal por eventuais erros, principalmente nas montagens, pois tratam-se de projetos experimentais. Tampouco assumimos a responsabilidade por danos resultantes de imperícia do montador. Caso haja enganos em texto ou desenho, será publicada errata na primeira oportunidade. Preços e dados publicados em anúncios são por nós aceitos de boa fé, como corretos na data do fechamento da edição. Não assumimos a responsabilidade por alterações nos preços e na disponibilidade dos produtos ocorridas após o fechamento.

O Neuroestimulador CardioFit

Embora com aspecto parecido a um *MP3 player*, o dispositivo "CardioFit" não foi desenvolvido, porém, para fins de entretenimento. Esta inovação do instituto israelense BioControl Medical está sendo testada em 200 pacientes de 50 centros médicos norte-americanos. Ela consiste em um dispositivo de estimulação elétrica implantável, que foi projetado para melhorar a função cardíaca "congestiva".

Visto que a doença do coração é atualmente "rankeada" como a 1ª causa de morte no mundo, estima-se a existência de um mercado potencial no valor de US$ 4 bilhões. Esse aparelho representa uma nova fonte de esperança para milhões de pacientes.

O CEO da BioControl Medical, Ehud Cohen, explica que o CardioFit trata do desbalanceamento nos ramos "simpático" e "parassimpático" do sistema nervoso autônomo, que regulam a atividade muscular do coração.

Para visualizar o modo como esses ramos supostamente trabalham, ele sugere pensarmos no "sympathetic branch" como o acelerador de um automóvel, e no "parasympathetic" como o pedal do breque (freio).

"Caso o pedal do acelerador esteja fazendo o carro correr muito rápido, algumas drogas podem tratar isso – equivalendo a levantar o pé do pedal até o nível certo – diz o CEO. No entanto, o "pedal do freio" não pode ser tratado com drogas e é aí que entra o neuroestimulador".

O CardioFit estimula o nervo "vago" para ativar o sistema nervoso "parasympathetic". Este, por sua vez, alivia os sintomas HF (*heart failure*) e reverte a deterioração do órgão pelo disparo de mecanismos de cura no músculo cardíaco.

O Dr. Gregory Ewald, na qualidade de observador participante no estudo da Escola de Medicina da Washington University (St. Louis), afirma que o CardioFit consiste em um enfoque totalmente novo para o tratamento de falhas congestivas do coração,

"Nós sabemos que um marcador prematuro de HF (heart failure) provoca um desequilíbrio no sistema nervoso autônomo, e que ele contribui para o aumento da morbidez e mortalidade por doença cardíaca, mas temos sido capazes de tratar apenas um lado do problema com uso de prescrições médicas", disse Ewald. "Se o estudo do CardioFit comprovar-se vitorioso, ele poderá ser a chave para o conhecimento do tratamento e prevenção da progressão da doença cardíaca (HF).

A Weidmüller apresenta sua nova linha de conectores "OMNIMATE® para Sinais B2CF 3.50"

A Weidmüller apresenta a linha OMNIMATE® para sinais B2CF 3.50, um conector duplo com passo de 3,5 mm para PCI, incluindo o plugue-fêmea equipado com a tecnologia de conexão Push In e proteção contra o toque (*finger-safe*) no conector-macho. O novo conector torna possível a diminuição das soluções em até 30% em comparação com as soluções com conectores de passo 2,5 mm.

O fêmea em cor laranja está disponível com ou sem flanges nas laterais, assim como as travas tipo alavanca em preto; seu sistema de conexão Push In permite fios sólidos e cabos flexíveis com ou sem terminal tipo ilhós de 0,14 – 1,5 mm2. É possível conectar condutores de até 1,0 mm² crimpados com terminal ilhós isolados sem nenhuma dificuldade.

O diferencial da tecnologia de conexão - livre de manutenção – mola Push In inclui a segurança e o fácil manuseio, assim como o baixíssimo tempo de instalação. Retirada a isolação do cabo sólido ou feita a crimpagem do cabo flexível com ilhós, os condutores são inseridos facilmente no terminal.

Condutores flexíveis podem ser conectados ao se abrir o terminal - um simples acionamento empurrando o botão atuador, fácil de usar. Identificadores fáceis de instalar, encaixados ao botão atuador de cada conexão garantem que o equipamento elétrico está claramente e explicitamente identificado. A trava do tipo alavanca garante que o macho e o fêmea estão facilmente travados juntos, ou podem ser separados sem necessidade de ferramentas e sem prejudicar os contatos já soldados.

Com alta resistência à altas temperaturas, o conector-macho duplo está disponível nas versões 90° e 180°, assim como versões com as laterais fechadas e também com flanges para solda. Com pinos de 1,5 e 3,2 mm, os conectores-macho são projetados para solda tipo reflow ou onda.

Dados técnicos do conector- macho: 200 V / 10 A (IEC) e 150 V / 10 A (UL); Dados técnicos do plugue-fêmea: 320 V/10 A (IEC) e 300 V / 10 A (UL).

Versões de 4-36 polos da família OMNIMATE® para sinais B2CF 3.50 já estão disponíveis. Uma grande linha de acessórios como identificadores, guias de LED, acessórios para alívio de tensão nos cabos e elementos de codificação completam os itens a serem ofertados. O novo plugue-fêmea é compatível com os já tradicionais modelos-macho da linha Omnimate® das famílias S2L 3.50; S2L-SMT 3.50 e S2LD-THR 3.50.

Módulo de transmissão sem fios
para sensores indutivos

Muitos engenheiros mecânicos e engenheiros de produção conhecem o problema: para, por exemplo, determinar uma posição, é necessário que o sensor indutivo esteja fixo a uma peça móvel da máquina. No entanto, a instalação dos cabos de alimentação e de sinal é incrivelmente complexa, sendo necessários transportadores de cabos e rodas abrasivas.

Esta tarefa é mais fácil de realizar usando uma nova criação da área das tecnologias "Sem Fios" da empresa Steute. Para desempenhar essa tarefa é necessário usar o experimentado e testado sensor indutivo da Steute em combinação com um novo módulo de transmissão sem fios conectado ao sensor através de um conector *plug-in*.

O módulo é também compacto e robusto, e pode ser instalado muito próximo do sensor. O módulo transmite os sinais emitidos pelo sensor a uma unidade receptora, normalmente instalada na caixa de comandos, através do protocolo EnOcean que se encontra bem estabelecido na indústria e que já comprovou sua compatibilidade. O módulo da Steute apresenta várias versões com um, dois ou quatro canais. Pode ser, ainda, acrescentado um repetidor.

A distância entre o módulo transmissor e o receptor pode ser de até 30 m em espaços interiores e 300 m em espaços exteriores. A energia é fornecida ao módulo transmissor por uma bateria de longa duração.

Mesmo em ambientes exigentes que contenham superfícies radiantes e outros sistemas sem fios, como acontece muitas vezes em empresas industriais, os sensores sem fios da Steute garantem um elevado nível de segurança na transmissão.

Os sensores indutivos sem fios são cilíndricos e encontram-se disponíveis em três tamanhos - M12, M18 e M30 - todos eles em versões blindadas e não blindadas. Além disso, o módulo transmissor universal pode ser conectado a outros tipos de comutadores e sensores para que estejam preparados para receber transmissões via radiofrequência.



Guias Mangás

Cada título desta coleção de sucesso foi produzido combinando a ilustração de mangás com conhecimentos científicos e matemáticos, tornando a leitura e o estudo técnico divertido e agradável.



novasaber
www.novasaber.com.br

Instrutherm destaca o Testador de Cabos Modelo TC-250

A Instrutherm apresenta o testador de cabos modelo TC-250, um aparelho simples e eficaz com a habilidade de identificar cabos danificados, checar instalações e medir o comprimento de cabos LAN testados: UTP (par de cabos trançados desencapados), FTP (folha impressa), par de cabos trançados protegidos, abertos, curtos, invertidos, cruzados, coaxiais, dois, três e quatro pares de fios partidos. O instrumento identifica falhas e também o comprimento e mapeamento dos cabos.

O TC-250 possui *display* de cristal líquido (LCD) de 2 linhas e 16 caracteres, o que facilita a visualização. Tem escala de comprimento dos cabos de 1 a 350 m, resolução de 0,5 m, precisão de 5% + 1m, conectores de entrada RJ-45 e BNC com proteção resistente a toque de telefone e tensões de *loop*.

Com função de desligamento automático, o medidor é alimentado por 6 pilhas AAA de 1,5 V que vão acompanhadas do instrumento junto com estojo, cabo adaptador UTP categoria 5, acoplador fêmea RJ45F-RJ45F, cabo identificador #1 - para a verificação do mapa de fios - e manual de instruções. Como opcionais podem ser adquiridos estojo e maleta para transporte modelos ES-01 e MA-800.

Osram lança LED automotivo para iluminação externa

A multinacional alemã OSRAM, especializada em iluminação, acaba de lançar no mercado o OSLON Black, novo LED da área de semicondutores ópticos para sistemas de iluminação dianteira de veículos.

Equipado com alto nível de tecnologia, o componente oferece potente saída de luz, mesmo em temperaturas elevadas dos faróis; distribuição uniforme de estabilidade térmica; e luz de contraste, capaz de proporcionar eficiente visibilidade para que o condutor consiga ver o que tem à sua frente e seja visto. Confeccionado como multitarefas, o componente é extremante durável e ideal para iluminação à frente da estrada em situações de chuva e nevoeiro. Além disso, executa várias funções como farol baixo e eficiente iluminação nas curvas.

Ele contém um *chip* UX: 3, que fornece saída de luz alta, potência de 2,3 W, corrente de operação de 700 mA, alcançando um fluxo luminoso típico de 200 lm (a 25° C). Além disso, sua luminância, ou seja, o que o olho humano percebe como brilho, é de duas a cinco vezes maior que os LEDs da mesma classe, fator importante em soluções para sistemas de projeção automotiva.

"Antes do final de 2012, já encontraremos à venda automóveis e motocicletas com esses pequenos LEDs, responsáveis pelo sistema dianteiro de iluminação", ressalta Peter Knittl, Diretor da área Automotiva, LEDs e Semicondutores Ópticos da OSRAM.



Sony lança TV 4K 3D no Brasil

A Sony Brasil anunciou no dia 13/11/2012 o lançamento oficial da primeira TV 4K 3D do Brasil. Disponível para encomenda nas lojas físicas Sony Store a partir de dezembro, a XBR-84X905 reúne o que há de mais moderno em alta resolução, com uma tela grande de 84 polegadas e altíssima qualidade de som e imagem, oferecendo uma experiência de imersão inovadora ao consumidor brasileiro.

O modelo conta com painel LCD 4K (3840 x 2160 pixels), oferecendo uma resolução aproximada de 8,29 megapixels – equivalente a quatro vezes a resolução de uma TV Full HD (1920 x 1080 pixels). "Vistos a uma distância de 1,6 m, os pixels individuais não podem ser diferenciados pelo olho humano. Isso significa que os pixels efetivamente desaparecem ao se assistir imagens 4K, o que cria a experiência de assistir TV com os mesmos detalhes e resolução da vida real", explica Luciano Bottura, gerente de Comunicação da Sony Brasil.

O modelo também vem equipado com o processador de vídeo 4K X-Reality PRO, que possibilita desfrutar de imagens em sua forma mais fiel. Esta tecnologia oferece um ganho de qualidade e redução de ruído nas imagens, independentemente de sua resolução.

Trabalhos Práticos com o Arduino

Parte 2

Dando continuidade ao artigo publicado na edição 153, que apresenta soluções práticas com uso da placa Arduino, neste caso na versão Duemilanove, veremos neste artigo mais alguns projetos: um pisca-pisca com LEDs; um interruptor sinalizador com LEDs; e um circuito de leitura do funcionamento de um botão através de resistores de pull-up ou pull-down

Filipe Pereira

Utilização de vários LEDs

Neste trabalho é possível criar um pisca-pisca com LEDs e um interruptor sinalizador. Veja na **figura 1**.

Atenção! É importante referir que os LEDs devem estar ligados em paralelo. O resistor pode ser de outro valor como, por exemplo, 330 Ω ou 470 Ω. Essa modificação alterará o brilho do LED.

Acompanhe nas **figuras 2 e 3**. Execute o programa mostrado no **box 1**.

Comentário ao programa: Como temos o LedPin1 em estado HIGH (Ligado, 5 V) e o LedPin2 no estado LOW (Baixo, 0 V) temos um fluxo de elétrons num sentido. Como o LED é um diodo e como tal permite apenas a passagem de corrente num sentido (ele é polarizado), temos apenas um LED ligado.

Execute o programa modificado do **box 2**.

Comentário deste novo código: Com a mudança do HIGH para o LOW no LedPin1 e LedPin2, temos o outro LED ligado.

Modifique de novo o programa. Execute o programa indicado no **box 3**.

Realização de um projeto mais complexo

Montar na *breadboard* um botão e um resistor (pode ser de valor diferente), conforme mostra a **figura 4**. Execute o novo programa indicado no **box 4**.

Comentário deste novo código: É feita a leitura do botão e uma condição é criada:

1° Caso o botão não esteja pressionado, o LedPin1 deve estar ligado. Fez-se a combinação para que o "vermelho" esteja ligado.

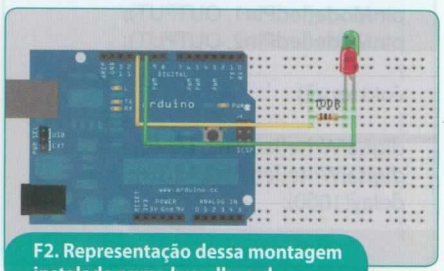
2° Caso contrário, o LedPin2 deve ficar ligado. Ajustou-se para que o "verde" esteja ligado.

Box 1

```
/*
Programa desenvolvido ...
*/
int ledPin1 =11;
int ledPin2 =10;
void setup()
{
pinMode(ledPin1, OUTPUT);
pinMode(ledPin2, OUTPUT);
}
void loop()
{
digitalWrite(ledPin1, HIGH);
digitalWrite(ledPin2, LOW);
delay(1000);
}
```



F1. Aspecto da montagem real do Pisca-Pisca com LEDs, usando-se uma placa do Arduino Duemilanove.



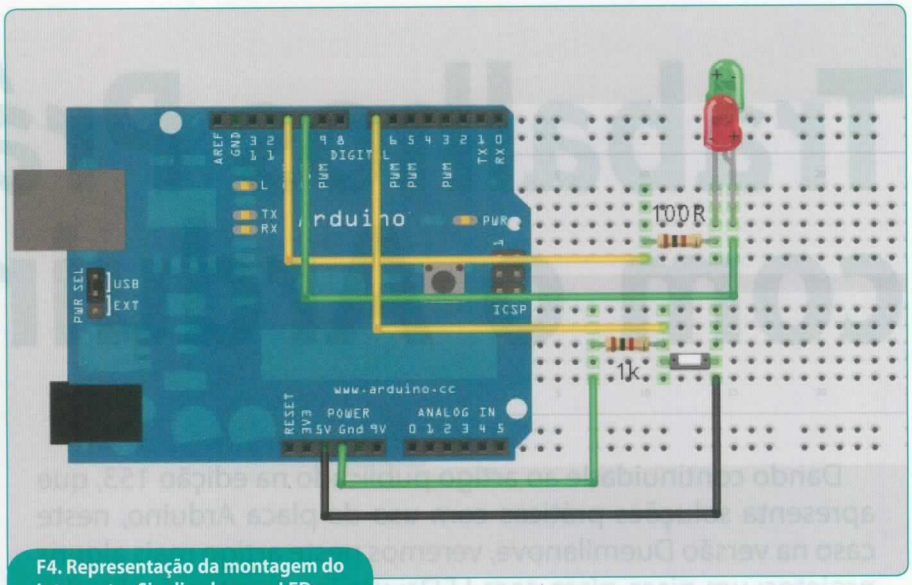
F2. Representação dessa montagem instalada numa breadboard.



F3. Vista do Pisca-Pisca com LEDs em funcionamento.



F5. Aspecto da montagem real desse Interruptor Sinalizador.



F4. Representação da montagem do Interruptor Sinalizador com LEDs.

Então, quando não pressionamos o botão, o LED Vermelho indica que está desligado; e quando o pressionamos, o LED Verde indica que está ligado.

Trata-se, assim, de um interruptor que indica quando um equipamento está sendo usado ou não.

Observe a **figura 5**.

Botões, Arduino e Resistores de Pull-up e Pull-Down

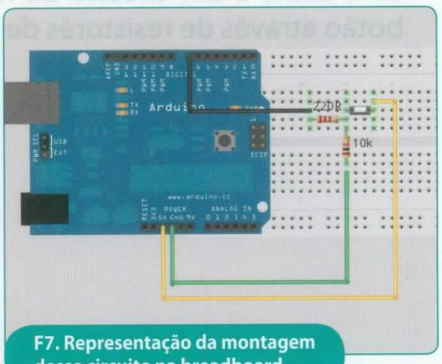
Ao fazer a leitura de um botão com uma das portas do Arduino (**figura 6**), é importante estabelecer como a porta deve ler o valor. Por exemplo:

1° Caso: Porta do Arduino inicialmente no nível lógico baixo (0 V), e ao pressionarmos um botão termos uma entrada no nível lógico alto (5 V).

2° Caso: Porta do Arduino inicialmente em nível lógico alto (5 V), e ao pressionarmos um botão termos uma entrada de nível lógico baixo(0 V).



F6. Vista da montagem real do circuito dos Resistores de Pull-up e Pull-down.



F7. Representação da montagem desse circuito na breadboard.

Bem... O que fazer e em que condições isso acontece? Como programar

Box 2

```
/* Programa desenvolvido ...*/
int ledPin1 =11;
int ledPin2 =10;
void setup()
{
pinMode(ledPin1, OUTPUT);
pinMode(ledPin2, OUTPUT);
}
void loop()
{
digitalWrite(ledPin1, LOW);
digitalWrite(ledPin2, HIGH);
delay(1000);
}
```

Box 3

```
/*
Programa desenvolvido por...
*/
int ledPin1 =11;
int ledPin2 =10;
void setup()
{
pinMode(ledPin1, OUTPUT);
pinMode(ledPin2, OUTPUT);
}
void loop()
{
digitalWrite(ledPin1, HIGH);
digitalWrite(ledPin2, LOW);
delay(1000);
digitalWrite(ledPin1, LOW);
digitalWrite(ledPin2, HIGH);
delay(1000);
}
```

Box 4

```
/* Programa desenvolvido por...*/
int ledPin1 = 11;
int ledPin2 = 10;
int Botao1 = 7;
int val=0;
void setup()
{
pinMode(ledPin1, OUTPUT);
pinMode(ledPin2, OUTPUT);
pinMode(Botao1, INPUT);
}
void loop()
{
val = digitalRead(Botao1);
if(val==LOW)
{
digitalWrite(ledPin1, HIGH);
digitalWrite(ledPin2, LOW);
}
Else
{
digitalWrite(ledPin1, LOW);
digitalWrite(ledPin2, HIGH);
}
}
```

para interpretar cada situação? Vamos verificar esta situação, passo a passo:

Monte o circuito na sua *breadboard*. Veja a **figura 7**.

Execute o programa do **box 5**.

Agora, clique no ícone Serial Monitor (**figura 8**).

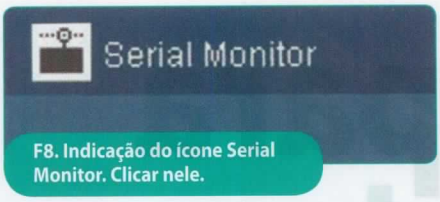
Aparecerá na tela a imagem mostrada na **figura 9**.

Ao pressionar o botão, acontecerá o visto na **figura 10.**

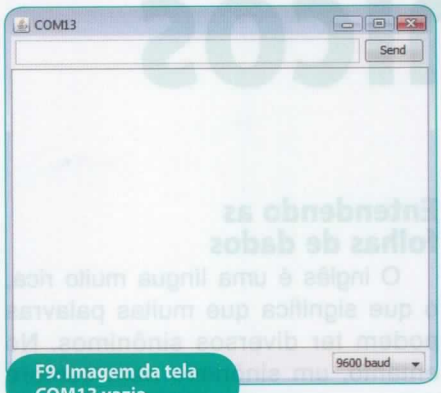
Comentário sobre o Programa e o Circuito:

O programa faz a leitura constante de um botão e somente em nível lógico alto (5 V) mostra na tela que detectou algo.

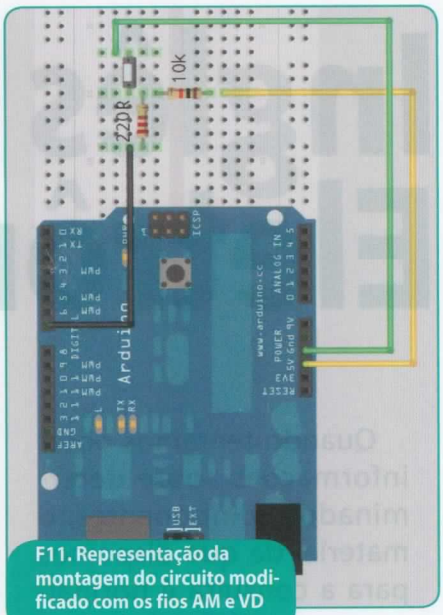
Temos, então, o caso de um resistor em pull-down, pois mantém em nível baixo a porta quando o botão não é pressionado.



F8. Indicação do ícone Serial Monitor. Clicar nele.



F9. Imagem da tela COM13 vazia.



F11. Representação da montagem do circuito modificado com os fios AM e VD trocados de posição.

Vamos fazer algumas modificações?

Monte o circuito na sua breadboard (**figura 11**). Atenção: Os fios amarelo e verde estão em posições contrárias ao circuito anterior.

Execute o programa do **box 6**:

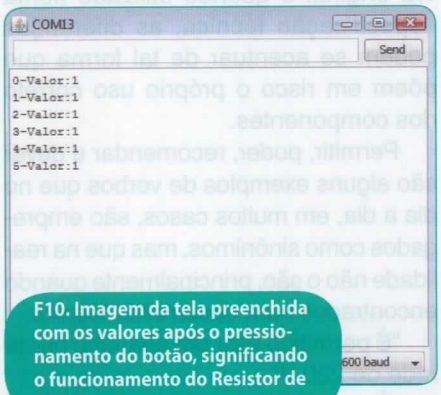
Agora, clicar no ícone Serial Monitor novamente (visto na **figura 8**).

Aparecerá a seguinte imagem na tela (vista na **figura 9**):

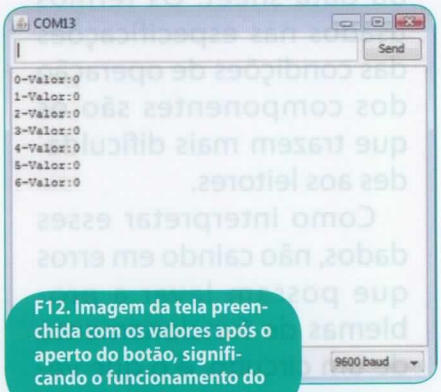
Ao pressionar o botão, acontecerá isto: (veja na **figura 12**)

Comentário sobre o Programa e o Circuito: O programa faz a leitura constantemente do botão e somente em nível lógico baixo (0 V) mostra na tela que detectou algo.

Temos agora o caso de um resistor em pull-up, pois mantém em nível alto a porta quando o botão não é pressionado.



F10. Imagem da tela preenchida com os valores após o pressionamento do botão, significando o funcionamento do Resistor de Pull-down.



F12. Imagem da tela preenchida com os valores após o aperto do botão, significando o funcionamento do Resistor de Pull-up.

Conclusão

Sendo o Arduino uma ferramenta muito fácil de usar e de baixo custo, acabamos de utilizá-la em alguns projetos simples usando componentes discretos como LEDs, resistores e botões, conforme foi visto no artigo. Esperamos que as soluções apresentadas tenham sido proveitosas para os leitores, no sentido de ajudá-los para um melhor conhecimento dessa incrível plataforma. Bom trabalho! T

Box 5

```
/*
Botões, Arduino e Resistores de Pull-
    -up e Pull-Down
*/
int BotaoPino = 7; // pino a ser lido
int val= 0;
int i=0; //Variavel para incremento
void setup()
{
pinMode(BotaoPino, INPUT);
Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
val= digitalRead(BotaoPino);
delay(100);
if(val!=0)
{
Serial.print(i++);
Serial.print("-Valor:");
Serial.println(val);
}
}
```

Box 6

```
/*
Botões, Arduino e Resistores de Pull-
    -up e Pull-Down
*/
int BotaoPino = 7; // pino a ser lido
int val= 0;
int i=0; //Variável para incremento
void setup()
{
pinMode(BotaoPino, INPUT);
Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
val= digitalRead(BotaoPino);
delay(100);
if(val!=1){
Serial.print(i++);
Serial.print("-Valor:");
Serial.println(val);
}
}
```

Inglês para Eletrônicos

Newton C. Braga

Quando tentamos obter informações sobre determinados componentes, o material de que dispomos para a consulta é normalmente uma "folha de dados" ou data-sheet. Os termos usados nas especificações das condições de operação dos componentes são os que trazem mais dificuldades aos leitores.

Como interpretar esses dados, não caindo em erros que possam levar a problemas de funcionamento de um circuito, é o que veremos em mais um artigo desta série.

Entendendo as folhas de dados

O inglês é uma língua muito rica, o que significa que muitas palavras podem ter diversos sinônimos. No entanto, um sinônimo nem sempre tem o mesmo significado que a palavra original e quando utilizado numa especificação técnica, as diferenças podem se acentuar de tal forma que põem em risco o próprio uso correto dos componentes.

Permitir, poder, recomendar e dever são alguns exemplos de verbos que no dia a dia, em muitos casos, são empregados como sinônimos, mas que na realidade não o são, principalmente quando encontrados num documento técnico.

"É permitido ligar um aparelho numa rede de 220 V."

"É possível ligar um aparelho numa rede de 220 V."

"É recomendável ligar um aparelho numa rede de 220 V."

"Deve-se ligar um aparelho numa rede de 220 V."

Será que todas essas frases têm o mesmo significado? Se em português fica claro que existem diferenças, é evidente que em inglês também (para os verbos usados nos mesmos casos).

Assim sendo, para os verbos *shall* (dever), *must* (precisar), *should* (poder), *may* (dever), *can* (poder) e *will* (esperar), a tradução, se incorreta, ou a interpretação, se incorreta, poderão levar a resultados desastrosos. Uma tradução que vise simplesmente tornar "mais elegante" um texto, ou evitar uma repetição de palavras pode causar sérios problemas, pois eles não têm os mesmos significados nos documentos técnicos de Eletrônica.

Se levarmos em conta que as especificações detalhadas em um documento técnico, como uma folha de dados de um componente, é que vão determinar seu uso correto num projeto, é evidente que a interpretação correta do que nela está especificado não admite erros.

O texto em inglês, dado a seguir, mostra como são definidos os verbos em questão:

- ***Shall:*** *Verbal form used to indicate requirements strictly to be followed in order to conform to the standard and from which no deviation is permitted, unless accepted by all involved parts.*
- ***Should:*** *Verbal form used to indicate that among several possibilities one is recommended as particularly suitable, without mentioning or excluding others, or that certain course of actions is preferred but not necessarily required.*
- ***May:*** *Verbal form used to indicate a course of action permissible within the limits of the standard.*

Verbo	Tradução	Significado
Shall	Deve	Uma exigência
Must	Precisa	Essencial para o funcionamento
Should	Deve	Uma recomendação
May	Pode	Permissível
Can	Pode	É possível
Will	Deve	Uma expectativa ou promessa

T1. Tabela de uso de verbos.

- ***Can:*** *Verbal form used to statements of possibility and capability whether material, physical or casual."*

Traduzindo:

- ***Shall* (deve):** Forma verbal usada para indicar exigências que devem ser seguidas estritamente para estar de acordo com o padrão (ou especificação), e da qual nenhum desvio é permitido, a não ser que seja aceito por todas as partes envolvidas (no caso de acordos).
- ***Should* (pode):** Forma verbal utilizada para indicar que entre diversas possibilidades, uma é recomendada como particularmente apropriada sem mencionar ou excluir outras, ou que um certo curso de ações é preferido, mas não necessariamente exigido.
- ***May* (deve):** Forma verbal empregada para indicar um curso de ações permitido dentro dos limites do padrão (ou especificação).
- ***Can* (pode):** Forma verbal usada para afirmações de possibilidade e capacidade, tanto material, física como casual.

De uma forma geral, podemos estabelecer a seguinte tabela de uso (**tabela 1**).

Quando um *data-sheet* / indica que um componente precisa ("must") ser usado com uma certa tensão de alimentação, isso significa que se for usada tensão diferente, ele se queimará.

Por outro lado, se um componente deve ("should") ser alimentado com certa tensão, isso significa que ele eventualmente funcionará se alimentado com outras tensões, mas não se garante o desempenho dado pelas especificações.

Ainda, se o mesmo *data-sheet* indicar que o componente deve ("will") queimar-se caso seja alimentado com tensão diferente da indicada, isso significa que se espera que tal fato vá acontecer.

Um texto de exemplo

"The main processor ***may*** *operate at 1.8 volts; the external memory or memory transfer section* ***may*** *operate at 3.3 volts. This means the 5.0 volt supply* ***must*** *not be less than 2.7 volts when the 3.3 volt supply is operational".*

Vocabulário

Deviation - desvio
Conform - conformidade, estar conforme
Standard - padrão
Suitable - apropriado
Several - diversas

Acrônimos

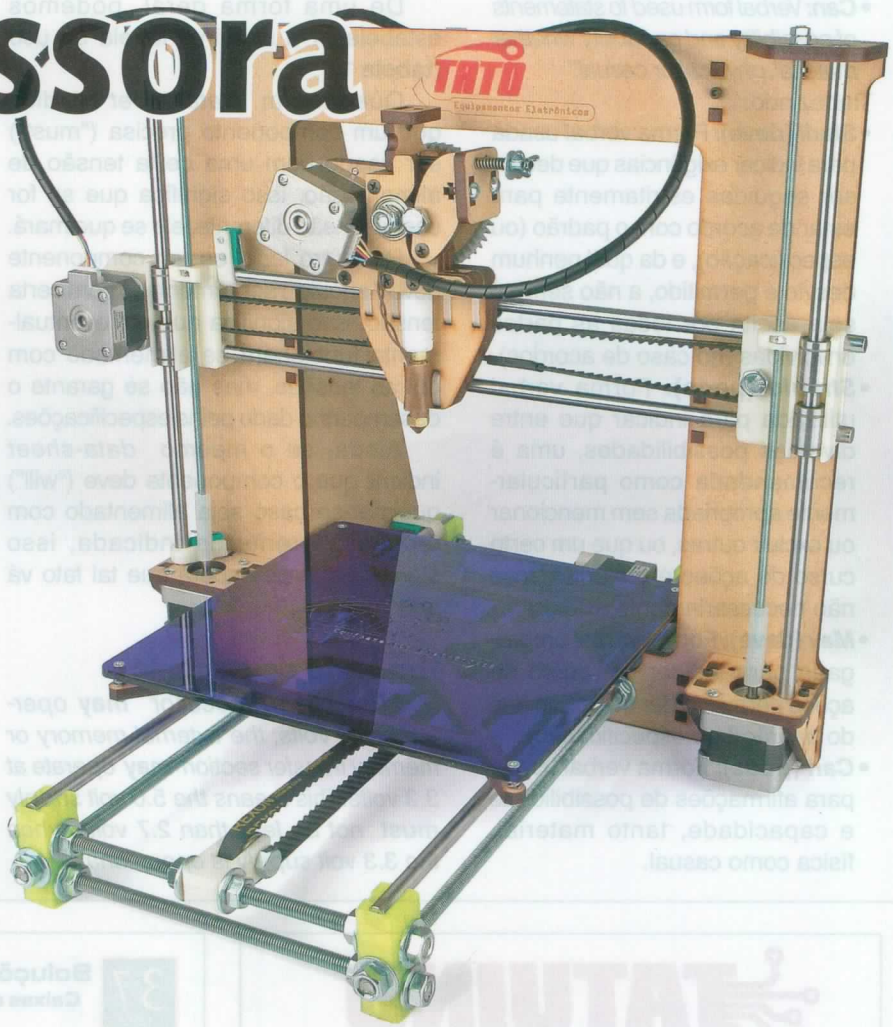
ANSI - American National Standard Institute – Instituto Americano de Normas e Padrões
BS - British Standards – Padrões Britânicos
DVM - Digital Voltmeter – Voltímetro digital
DV - Design Verification – Verificação de projeto
EL - Experience Level – Nível de Experiência
EIA - Electronic Industries Association – Associação das Indústrias Eletrônicas
MA - Mechanical Advantage - Vantagem Mecânica

Observe que neste texto temos duas afirmações permissivas e uma obrigatória! T





Impressora 3D



A tecnologia nos surpreende a cada dia, mesmo nos dias de hoje quando o custo cai, e, rapidamente, um contingente enorme de pessoas aderem. É o que está acontecendo com as impressoras 3D que imprimem peças em plástico. Isto provocará uma mudança estrutural no comércio de certas peças.

Hélio Fittipaldi

Agora os leitores podem ter fácil acesso a uma máquina de prototipagem em 3D, a já famosa Impressora 3D, que tanto tem atraído a atenção de todos aqueles que precisam fazer protótipos de uma peça ou de diversas que irão compor o projeto final. É muito útil também quando se precisa de uma única peça de reposição difícil de encontrar no mercado para se fazer um reparo. Podemos indicá-la para se utilizar como o negativo para fazer moldes ou criar moldes simples sem muitos detalhes para *blisters* em *vacuum forming*. O uso em maquetes de prédios e até para o pessoal que gosta de fazer dioramas faz com que o profissional destas áreas ganhe tempo para se dedicar mais aos pequenos detalhes e ao acabamento primoroso e pintura.

Vislumbramos também a sua utilização em escolas particulares e no SENAI para aulas práticas com equipamento de custo muito acessível para as oficinas das escolas, aumentando a experiência dos alunos para entrar no mercado de trabalho com maior conhecimento técnico e prático. O treinamento em projetos executados com softwares CAD *open source* ou até em softwares proprietários, é mais efetivo quando se pode executar fisicamente a peça.

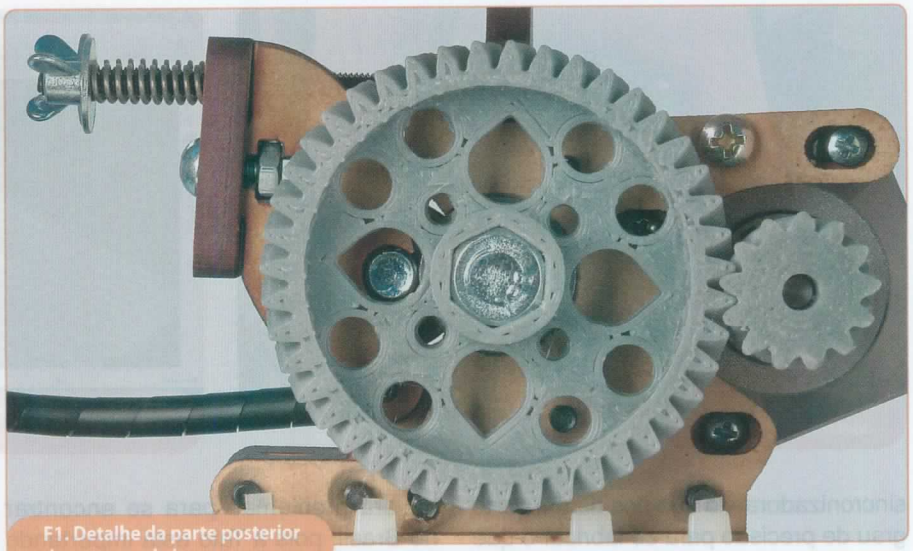
Nos últimos dois anos esta área de prototipagem tem crescido muito devido às necessidades do mercado atual. A nossa Redação acabou encontrando uma, fabricada no Brasil pela Tato, que tem a vantagem de ter o *kit* da máquina para o leitor montar, ou se quiser, já comprá-la montada. As diversas partes também são oferecidas individualmente para a aquisição, no *site* da Tato (**www.tato.ind.br**). Segundo o engenheiro Octávio Nogueira, dessa empresa, nos últimos anos foi feita uma pesquisa no mercado mundial para avaliar os projetos Open Source nesta área, aproveitar o melhor de cada um e desenvolver um modelo para a Tato. Assim foi escolhido o melhor de cada um, visando ter o preço mais baixo possível (apesar dos altíssimos impostos) e que o projeto fosse simples, mas o mais avançado possível.

A vantagem é que esta máquina tem um preço muito acessível frente às comerciais que chegam a custar 10 a 20 vezes mais, dependendo do modelo e do fabricante. Estas máquinas do tipo da Tato, que você mesmo pode montar, custam na faixa de R$ 2.200,00 a R$ 3.500,00.

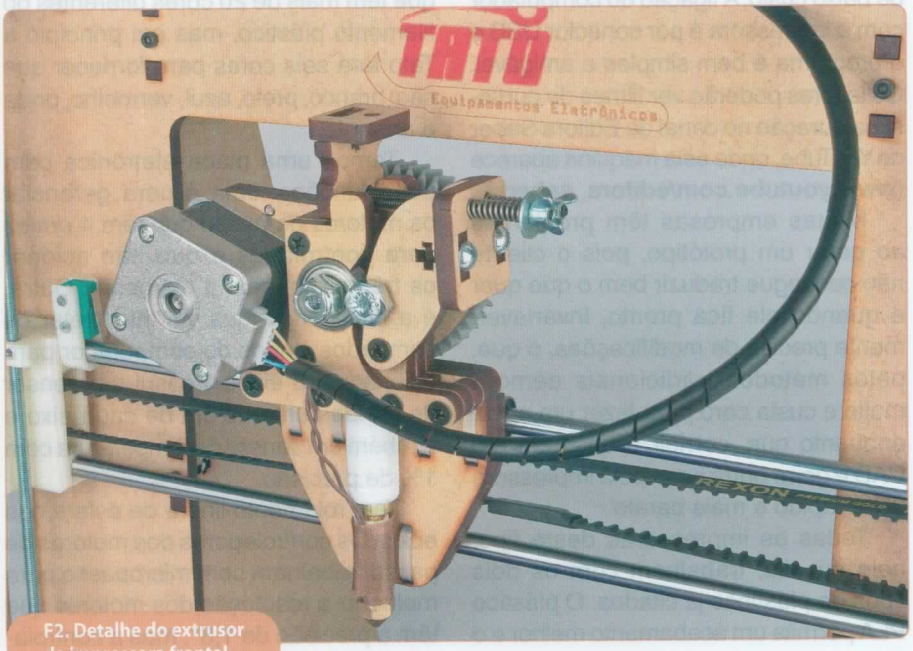
A impressora 3D faz o protótipo em 2 tipos de plástico: o PLA e o ABS, depositando camada sobre camada de plástico ou ABS derretido e fazendo o protótipo ir crescendo da base para o topo da peça projetada. Como a máquina é feita aqui no Brasil, não há problemas de reposição de peças, pois temos qualquer peça avulsa que se queira adquirir para pronta entrega. Quando pensamos em desenvolver este projeto, disse Octávio, foi pensando num público mais amplo possível desde escolas passando por arquitetura, chegando na indústria e em todos os ramos dela que podem utilizar a máquina como, por exemplo, no cinema que em cenas de destruição do cenário se usa maquetes miniaturas para dar mais realismo e até mesmo para algum personagem que precisa ser substituído em alguma cena, constituindo-se em um recurso mais barato e realista nestas situações.

Tudo começa quando se tem a ideia da peça que se quer fazer e aí é só utilizar qualquer software de CAD, inclusive os gratuitos (open source), onde se pode executar o desenho em 3D. Depois, é só exportar o arquivo para a máquina que fabrica a peça desenhada. Primeiro, ela interpreta o desenho em 3D e fatia o desenho da peça em camadas como se fosse folhas de papel com espessura de 0,4 a 0,25 milímetros. A seguir ela vai construindo a peça com o plástico derretido, camada sobre camada, como se fossem uma pilha de folhas de papel onde você recorta o desenho e põe uma folha em cima da outra. Cada camada depositada sobre a outra vai se fundindo, tornando a peça bem resistente. Se for necessário um bom acabamento no protótipo é só lixar e depois passar massa plástica (que é vendida em qualquer loja de tintas), dar outra lixada e pintar.

Esta máquina tem uma estrutura bem rígida, com eixos retificados, e a movimentação é feita com correias



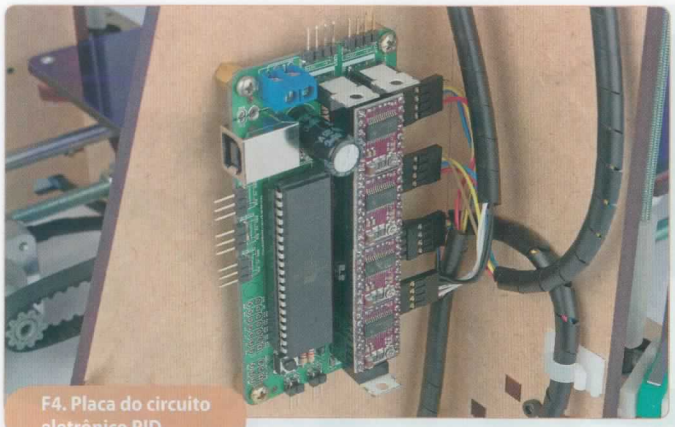
F1. Detalhe da parte posterior do extrusor da impressora.



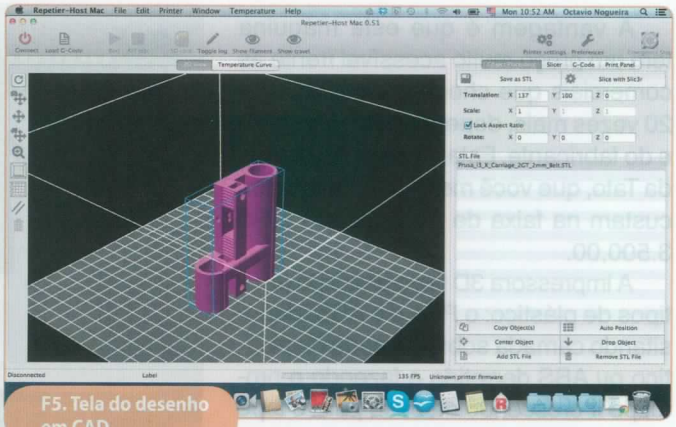
F2. Detalhe do extrusor da impressora frontal.



F3. Peças executadas no protótipo da máquina.



F4. Placa do circuito eletrônico PID.



F5. Tela do desenho em CAD.

sincronizadoras, o que nos dá um certo grau de precisão para se fabricar o que se pretende mesmo sendo uma máquina de baixo custo. A ligação do computador com a impressora é por conector USB e o programa é bem simples e amigável. Os leitores poderão ver filmes de curtíssima duração no canal da Editora Saber no YouTube, onde esta máquina aparece (**www.youtube.com/editora_saber**).

Muitas empresas têm problemas ao gerar um protótipo, pois o cliente não consegue traduzir bem o que quer e quando ele fica pronto, invariavelmente precisa de modificações, o que, pelos métodos tradicionais demora muito e custa caro para fazer um novo, enquanto que, corrigir o desenho em CAD e gerar outra peça pela impressora 3D é rápido e mais barato.

Todas as impressoras deste tipo, hoje em dia, trabalham com os dois tipos de plásticos já citados. O plástico PLA permite um acabamento melhor e o ABS uma rigidez maior. O preço destes dois tipos é bem accessível e não haverá problemas para se encontrar no Brasil, pois a Tato está importando este material. A vantagem do PLA é que tem mais de 20 cores diferentes do filamento plástico, mas em princípio a Tato terá seis cores para fornecer que são: branco, preto, azul, vermelho, prata e amarelo.

Temos uma placa eletrônica com duas funções: uma é para gerenciar os motores de passo que têm 4 *drives* para controlá-los e que irão acionar os três eixos mais a extrusora. Outra, é a inteligência que vai interpretar os comandos vindos do computador para acionar os 3 eixos. Possui um sensor de fim de curso no fim de cada eixo e também um sensor de temperatura com 1% de precisão.

Tem rolamento linear de esfera nos eixos. Os controladores dos motores de passo trabalham com micropasso para melhorar a resolução dos motores que têm a precisão de 1,8°, mas a controladora utiliza 1/32, então fica 1,8° dividido por 32 que é a precisão alcançada.

O extrusor funciona aquecendo a ponta onde será derretido o filamento plástico, e trabalha com 180° de temperatura com um controle PID para manter a temperatura constante. O modelo de fácil acesso foi feito para ser aberto e se trocar facilmente o filamento, pois existem várias cores e isto dá mais versatilidade ao construir o protótipo colorido. O bico injetor possui alguns diâmetros diferentes para se usar o mais adequado em trabalhos que têm certas exigências de detalhes.

Conforme disse o engenheiro Octávio: "No uso educacional frequentemente ela opera com muitas pessoas em volta, que podem mexer na máquina e apresentar algum problema. Assim buscamos uma configuração de fácil acesso para se intervir, nestes casos, mais rapidamente no conserto."

O modelo atual permite protótipos com um cubo de 200 milímetros, mas a Tato já está planejando lançar daqui algum tempo a versão com cubo de 400 milímetros e como a linguagem da



F6. Fixação dos eixos guia da extrusora.



F7. Parte traseira da impressora e correia dentada.

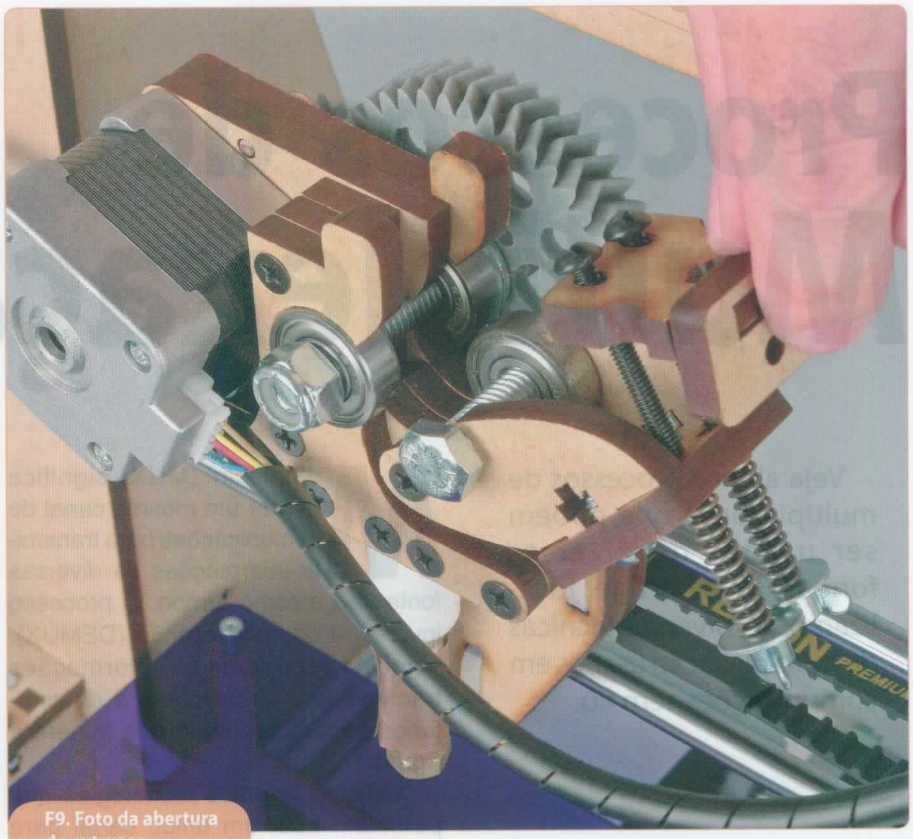


F8. Detalhe da parte frontal.

impressora é a mesma das máquinas CNC, haverá uma troca da cabeça injetora de plástico por uma cabeça fresadora que é bastante simples, de baixo custo e muito útil em aulas de usinagem de peças em cera. A Tato tem a solução mais barata do mercado e, além disso, é "duas em uma": só máquina Impressora 3D ou Fresadora para usinagem com apenas a troca da cabeça.

A Tato também estuda fornecer um acessório que é um leitor de cartão SD com um pequeno painel de LCD. Assim, você poderá colocar diversos desenhos no cartão SD, conectar à máquina, escolher pelo painel qual deseja imprimir, e dar o comando sem precisar do computador para isto.

Este projeto foi criado baseado no projeto Open Source, da Prusa, que é do Josef Prusa e já está na versão 3.0. Existem vários projetos derivados deste em outros países (todos abertos também) e o da Tato é um desenvolvimento diferente destes, mas baseado neles, onde foi buscado o melhor de cada um.



F9. Foto da abertura do extrusor.



Monte você mesmo uma impressora 3D e construa protótipos em plástico!

Diversas opções de kits (ferragens, estrutura,...) até impressora montada



TATO Equipamentos Eletrônicos

www.tato.ind.br

Processos de Multiplexação

Veja alguns processos de multiplexação que podem ser usados de diversas formas. Neste artigo, focalizamos as diversas técnicas de multiplexação usadas em comunicações sem fio.

Newton C. Braga

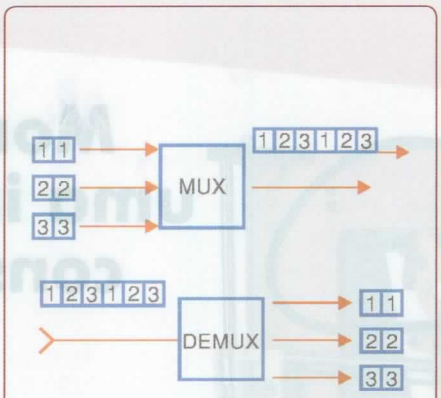
Multiplexar (MUX) significa utilizar um mesmo canal de comunicações para transmitir informações de diversas fontes ao mesmo tempo. O processo inverso, a demultiplexação (DEMUX), significa recuperar as informações transmitidas, enviando-as a destinatários separados, conforme sugere a **figura 1**.

Existem diversas tecnologias que permitem usar um único canal para transmitir informações de diversas fontes. E é sobre essas tecnologias que trataremos a seguir.

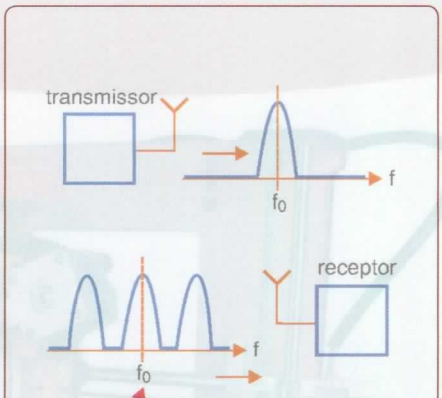
Multiplexação em Frequência

Um processo de multiplexação de frequência, seria o *Frequency Division Multiple Access* ou FDMA. Nele, a faixa que é ocupada pelo sinal é dividida em canais, cada qual tendo uma largura definida e centralizado em uma frequência dentro dessa faixa, conforme mostra a **figura 2**.

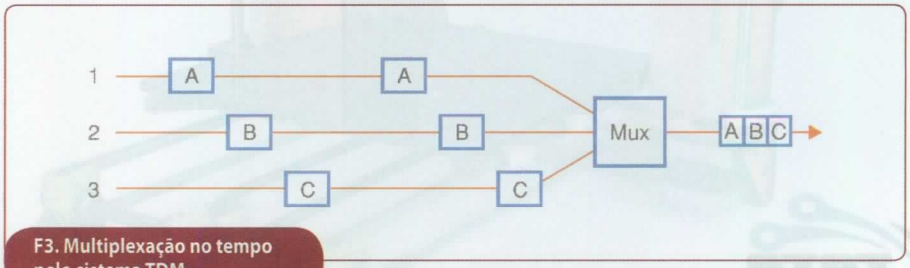
Essa tecnologia é bastante antiga, tendo sido usada desde 1900. O principal requisito para se utilizar desta é que tanto o transmissor quanto o receptor devem ter uma faixa estreita de sintonia, ou seja, devem ser de alta seletividade.



F1. Os processos de multiplexação e demultiplexação.



F2. Multiplexação em frequência pelo processo FDMA.
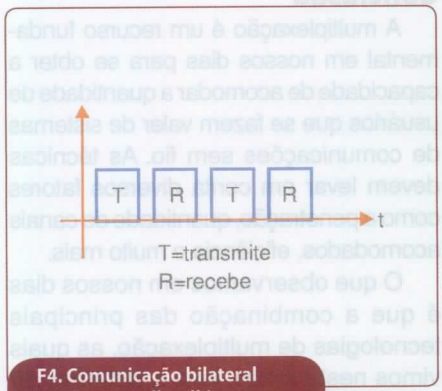


F3. Multiplexação no tempo pelo sistema TDM.

Multiplexação no Tempo
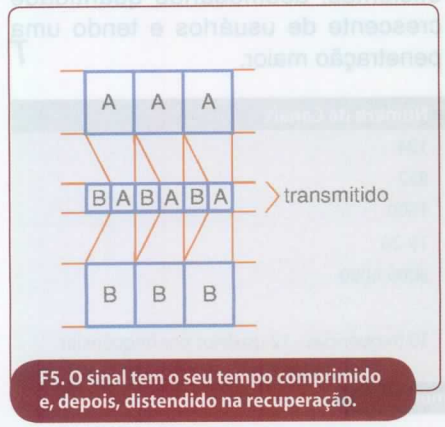
Neste caso temos o sistema denominado *Time-Division Multiplexing* ou TDM. Nele, os sinais ocupam a mesma frequência, mas um de cada vez, havendo uma distribuição de uso no tempo - veja a **figura 3**.

O exemplo mais simples desse processo de multiplexação é o *Time Division Duplex*, ou TDD. Nele, temos uma comunicação bilateral (entre duas estações), operando na mesma frequência. Quando uma transmite, o que é determinado pelo pressionar do botão "falar" na estação A, a outra (B) recebe. Quando a estação B deve transmitir, A tem seu botão "falar" solto, e agora a estação B é que precisa ter o botão "falar" pressionado. É o sistema usado normalmente nos *walk-talkies* comuns, conforme ilustra a **figura 4**.

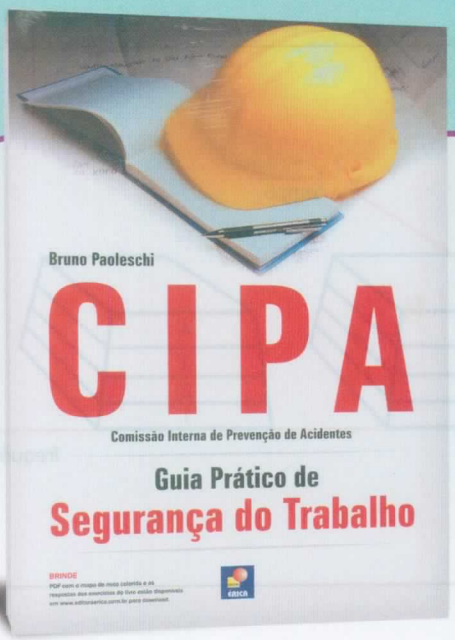
Evidentemente, trata-se de um processo muito lento e de baixa capacidade. A comutação de diversos sinais, ocupando parcelas de tempo muito curtas, aumenta sua velocidade e capacidade. Neles, o sinal tem o seu tempo comprimido (veja a **figura 5**), e depois,



F4. Comunicação bilateral usada nos walk-talkies.



F5. O sinal tem o seu tempo comprimido e, depois, distendido na recuperação.



CIPA

Ensina como criar o mapa de riscos, identificar uma área insalubre ou perigosa, os riscos, a necessidade e a importância dos EPIs e EPCs e uma introdução ao Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT).



Controladores Lógicos Programáveis

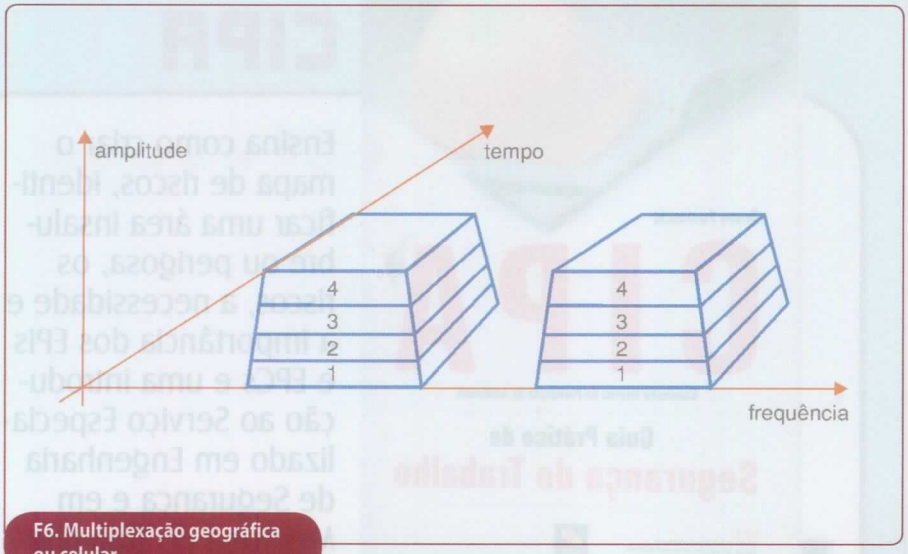
Indispensável a técnicos, tecnólogos e engenheiros que atuam nas áreas de automação, mecatrônica e eletrotécnica, além de profissionais que desejam manter-se atualizados. Apresenta exemplos resolvidos nos CLPs Allen-Bradley, Schneider Electric e Siemens, além de implementações em um controlador que segue a norma IEC 61131-3.



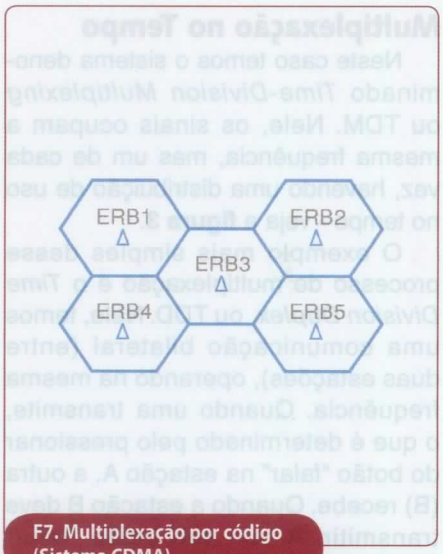
Curso de Eletrônica Digital

Basta observar os anúncios de empregos em jornais para se perceber a importância atual desse ramo da Ciência: em todos os casos onde encontramos ofertas relacionadas com a informática, manutenção, automação industrial, telecomunicações e muitos outras funções técnicas vemos como exigência principal o domínio da eletrônica digital.

novasaber
www.novasaber.com.br



F6. Multiplexação geográfica ou celular.



F7. Multiplexação por código (Sistema CDMA).

novamente distendido na recuperação, de modo a não haver interrupção perceptível.

Multiplexação por Código

O exemplo mais comum dessa tecnologia é o CDMA. Nesse sistema, diversos usuários compartilham um mesmo canal com uma frequência fixa. A largura do canal é de apenas 1,28 MHz. Nele os sinais são codificados e transmitidos em sequências diferentes de tal modo que o receptor possa reconhecer a que canal pertence cada uma. Esse reconhecimento é baseado em sequências que identificam os blocos de informação. A **figura 6** mostra como isso é feito.

No CDMA, a quantidade de canais é limitada a 64 no *link* direto, mas não existe limite para o número inverso.

Multiplexação Geográfica

Uma outra forma de se obter multiplexação é pelo processo geográfico ou celular, conforme visto na **figura 7**.

Se pares de usuários estiverem longe o suficiente uns dos outros, poderão usar a mesma frequência.

Esse sistema é usado pelas estações de rádio e TV, de certa forma, já que existem estações que ocupam as mesmas frequências, mas operando em regiões diferentes do país.

Entretanto, o exemplo mais comum é o da telefonia móvel celular, em que as estações radiobase determinam a área de atuação, ou célula, e a ocupação de uma determinada faixa de frequências.

Modos Combinados de Multiplexação

Na prática, os diversos modos de multiplexação que vimos podem operar combinados. Por exemplo, o GSM usa FDMA, TDMA e FDD e geográfico. Por outro lado, o DECT usa o FDMA, TDD e multiplexação geográfica. Veja a **tabela 1**.

Penetração e Eficiência

Definimos penetração como a capacidade de um sinal poder avançar sem muitos problemas em um meio de grande atenuação, grande nível de ruído e interferência.

Um exemplo pode ser dado, quando comparamos os *pagers* com os telefones celulares. Os pagers podem receber sinais mesmo em condições difíceis como, por exemplo, dentro de construções com grandes estruturas metálicas enquanto os celulares falham.

O tipo de modulação usado pelos pagers permite a detecção dos sinais sob condições de mínima intensidade. A maioria usa a modulação FSK, que é mais fácil de demodular.

No entanto, a eficiência de um celular é maior, no sentido de que ele proporciona uma comunicação completa nos dois sentidos.

Conclusão

A multiplexação é um recurso fundamental em nossos dias para se obter a capacidade de acomodar a quantidade de usuários que se fazem valer de sistemas de comunicações sem fio. As técnicas devem levar em conta diversos fatores como a penetração, quantidade de canais acomodados, eficiência e muito mais.

O que observamos em nossos dias é que a combinação das principais tecnologias de multiplexação, as quais vimos neste artigo, leva a sistemas de comunicações sem fio cada vez mais eficientes, acomodando quantidade crescente de usuários e tendo uma penetração maior.

	Ano da Introdução	Modulação	Número de Canais
GSM900	1992	TDMA	124
NADC	1992	TDMA	832
PDC	1993-1994	TDMA	1600
CDMA	1995-1997	CDMA	19-20
DCS1800	1993	TDMA	3000-6000
PHS	1993-1995	TDMA/TDD	-
DECT	1993	TDMA/TDD	10 frequências - 12 usuários por frequências
TETRA	1995	TDMA	-

T1. Alguns tipos de multiplexação em sistemas de comunicação.

Eletrocardiograma: Monitoramento dos batimentos cardíacos

Este artigo tem como finalidade mostrar o comportamento dos componentes eletrônicos utilizados para análise de pequenos sinais elétricos emitidos pelo corpo humano. A aquisição de dados (sinais elétricos) é realizada pelo circuito mostrado a seguir, sendo que o mesmo amplifica os sinais emitidos pelo coração e temos como resultado a característica do sinal de um eletrocardiograma.

Luis Eduardo Palomino Bolivar
Marcos Paulo Hirth
Valdinei de Andrade Reis

O ECG (Eletrocardiograma) é o registro das variações de pequenos sinais elétricos emitidos pelo coração em atividade. É de grande importância, para a medicina em geral, o acompanhamento desses sinais para detectar possíveis anormalidades em pacientes.

Podemos observar neste artigo, o esquema e os materiais utilizados no circuito eletrônico, os métodos utilizados para aquisição dos dados, juntamente com a apresentação do eletrocardiograma do paciente em tempo real.

O Eletrocardiograma

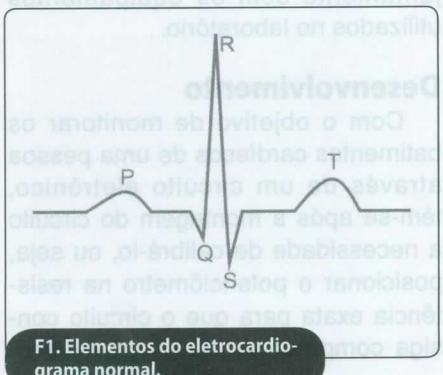
Durante sua atividade o coração age como um gerador de correntes elétricas, as quais se espalham nos músculos dele próprio, gerando potenciais elétricos cuja evolução no espaço e tempo podem ser medidos. Assim funciona o eletrocardiograma, que nada mais é do que o registro da variação do potencial elétrico nos músculos do coração.

O ECG é constituído de ondas características (P, Q, R, S, T), as quais correspondem a eventos elétricos das atividades do músculo cardíaco. Essas formas de ondas são apresentadas na **figura 1.**

A onda P é causada pelos potenciais elétricos gerados quando os átrios se despolarizam, antes da contração atrial. O complexo QRS é causado pelos potenciais gerados quando os ventrículos se despolarizam, antes de sua contração. A onda T é causada pelos potenciais gerados quando os ventrículos se recuperam do estado de despolarização.

Ritmo Cardíaco

Analisando os períodos dos batimentos cardíacos chegamos ao ritmo cardíaco, que nos mostra a frequência da repetição desses intervalos. Esse ritmo pode ser observado e analisado pela medicina para detectar possíveis arritmias, ou seja, anormalidades apresentadas pelo coração.



F1. Elementos do eletrocardiograma normal.

Normalmente, pequenas variações podem ocorrer. Podemos perceber e registrar alterações do ritmo cardíaco ou da frequência. A frequência normal dos batimentos cardíacos é de 60 até 100 ciclos, ou batidas, por minuto. Em crianças, esses números costumam ser um pouco mais elevados. Nas alterações de ritmo cardíaco, os batimentos apresentam alterações do tempo que decorre entre um batimento e o outro.

As alterações do ritmo cardíaco ou das conduções dos estímulos podem ser letais (morte súbita), podem ser sintomáticas (síncopes, tonturas, palpitações), ou podem ser assintomáticas.

Métodos

Para registrar as pequenas variações dos sinais elétricos emitidos pelo corpo humano, foi montado um circuito que amplifica o sinal do coração e utilizados eletrodos fixados em locais específicos na pele do paciente para registrar esses sinais. Foram fixados três eletrodos, sendo um acima e outro abaixo do coração, e o terceiro no punho. Esses eletrodos estão ligados ao circuito eletrônico que amplifica em 1000 vezes o sinal. Observamos no osciloscópio e no computador o ECG do paciente.

Arquitetura do Hardware

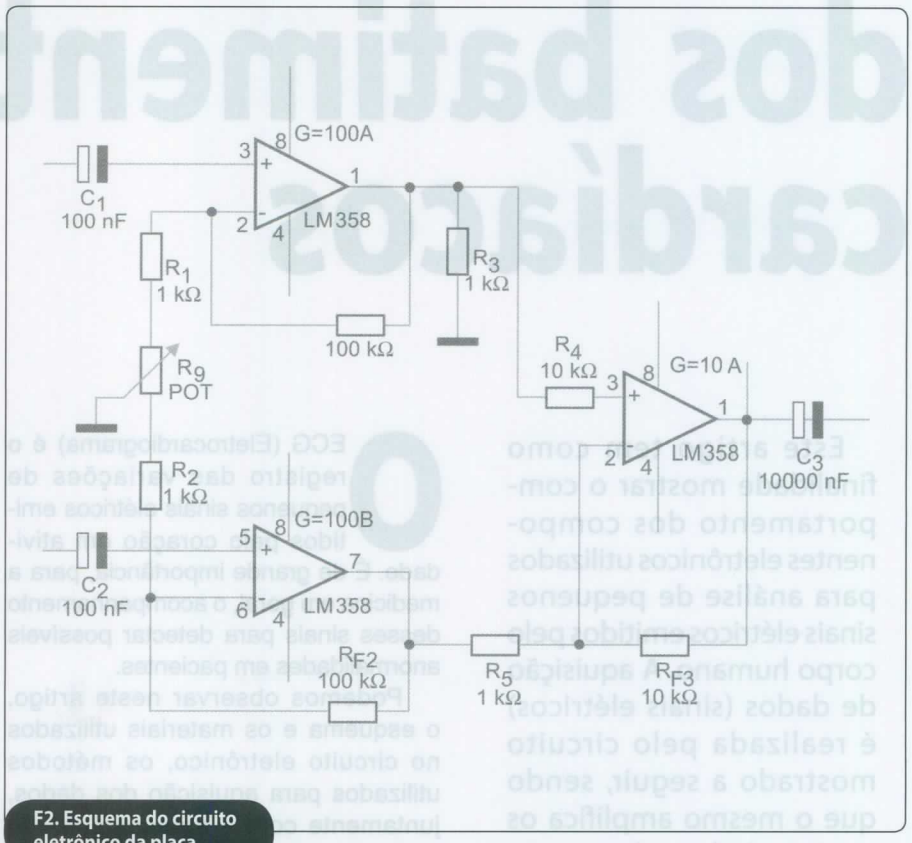
O hardware do sistema foi montado com amplificadores operacionais, resistores, capacitores e potenciômetro. Podemos observar na **figura 2** o esquema elétrico do circuito. Os amplificadores operacionais utilizados foram os do tipo LM-358.

Observa-se na **figura 3** o circuito eletrônico montado na *protoboard,* juntamente com os equipamentos utilizados no laboratório.

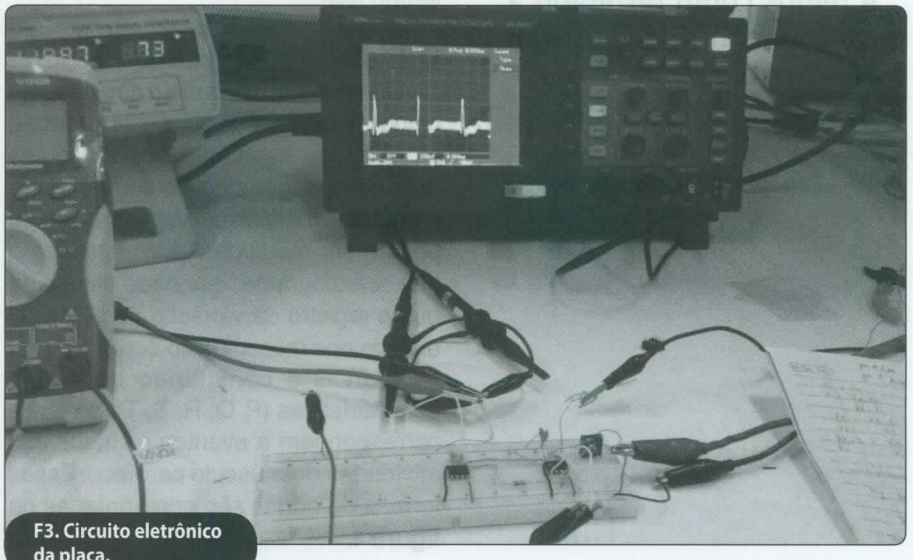
Desenvolvimento

Com o objetivo de monitorar os batimentos cardíacos de uma pessoa através de um circuito eletrônico, têm-se após a montagem do circuito a necessidade de calibrá-lo, ou seja, posicionar o potenciômetro na resistência exata para que o circuito consiga comparar os sinais de entrada. Nesse ponto foi utilizado um gerador de sinais, configurado para gerar uma senoide com frequência de 15 Hz e uma tensão de 7 mV, ligado nas duas entradas do circuito e ajustado o potenciômetro até a saída ser muito próxima de zero, isso foi possível pois como temos dois sinais idênticos entrando no circuito, um anula o outro e por isso temos zero na saída.

Depois de calibrado o circuito, fixamos os eletrodos no paciente, conectamos os dois eletrodos fixados próximo do coração nas duas entradas e o eletrodo do braço no terra do circuito. Os amplificadores vão amplificar os sinais de entrada coletados do coração, comparar a diferença de potencial medida e, na saída, conseguimos observar o ECG do paciente.



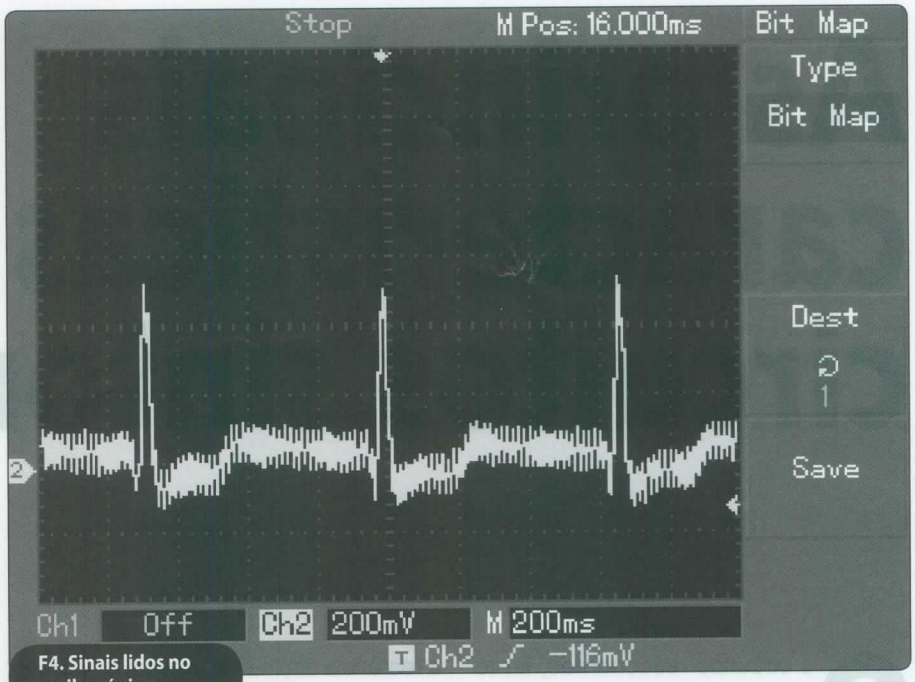
F2. Esquema do circuito eletrônico da placa.



F3. Circuito eletrônico da placa.

Esses eletrodos captam os pequenos sinais emitidos pelo coração que são amplificados 100 vezes nos amplificadores 1 e 2. As saídas dos amplificadores 1 e 2 estão ligadas às entradas do terceiro amplificador, onde se compara os dois sinais de entrada e se amplifica 10 vezes. Assim, podemos observar um sinal com maior amplitude e consequentemente mais visível. A saída do amplificador 3 liga-se no osciloscópio, e temos o sinal emitido pelo coração em tempo real.

No osciloscópio pode-se observar o eletrocardiograma do paciente, mostrado na **figura 4**.



F4. Sinais lidos no osciloscópio.

Placa National Instruments

Através da placa de aquisição de dados da National Instruments NI 6024E é possível fazer a interface entre o circuito eletrônico e o sistema de aquisição de dados. Os dados lidos e amplificados pelo sistema eletrônico são enviado para a interface do hardware, onde há uma comunicação com o software instalado no computador.

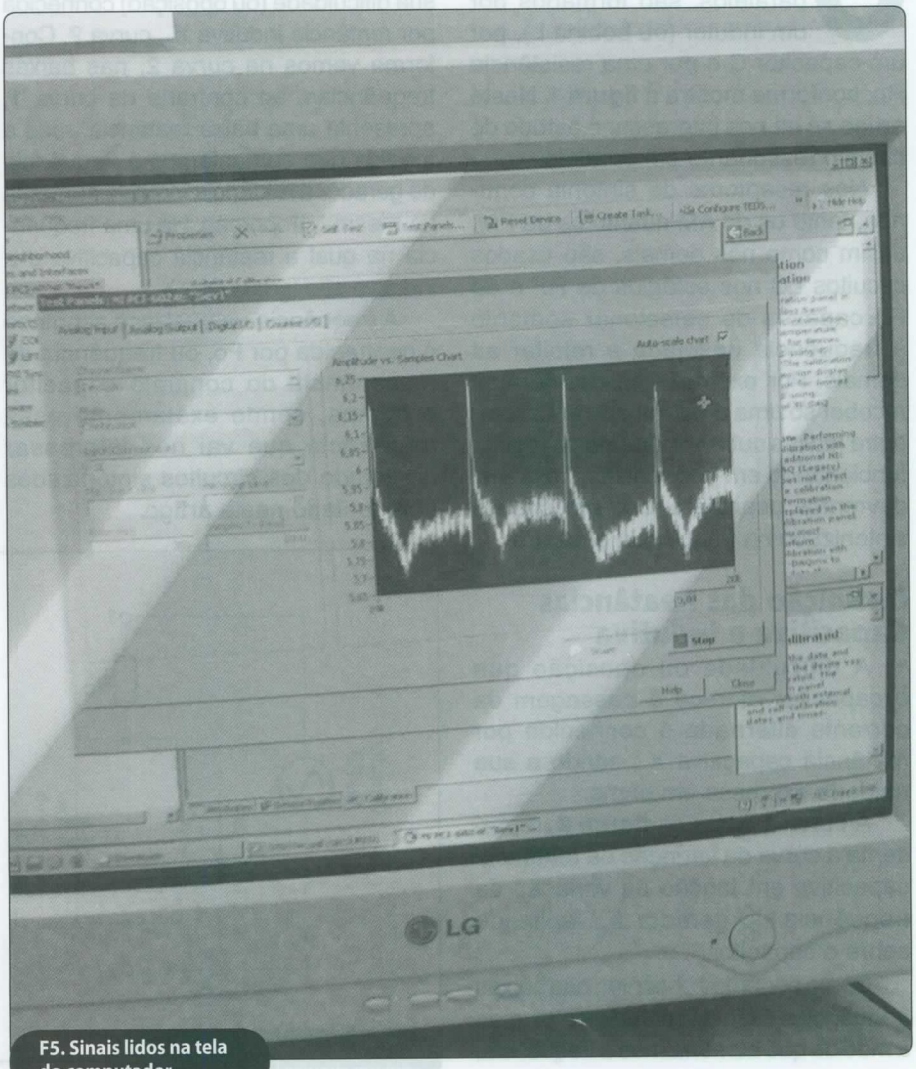
Esse sinal então é mostrado na tela do computador e se pode efetuar leituras dos sinais emitidos pelos batimentos cardíacos, inclusive sua frequência e amplitude (**figura 5**).

Conclusão

É possível ver que no circuito proposto, temos a finalidade de observar o comportamento dos equipamentos eletrônicos utilizados na análise de pequenos sinais elétricos emitidos pelo corpo humano, finalidade essa comprovada pelas respostas obtidas nos sistemas de leitura dos sinais amplificados pelos componentes instalados no circuito.

É necessário considerar os ruídos apresentados junto com o sinal do ECG, pois utilizamos um circuito eletrônico simples para a aquisição dos pequenos sinais.

Nota-se que mesmo tendo ruído junto com o sinal, pode-se efetuar leituras em tempo real do comportamento dos batimentos cardíacos de qualquer pessoa, viabilizando analisar a frequência e amplitude do sinal emitido. T



F5. Sinais lidos na tela do computador.

As principais características dos circuitos sintonizados

Francisco Bezerra Filho

Os circuitos ressonantes, tanto os do tipo série como os paralelos, são formados por um indutor (ou bobina L), por um capacitor C e por uma resistência Rp, conforme mostra a **figura 1.** Neste artigo só irá nos interessar o estudo do circuito ressonante em paralelo.

Nos receptores de sintonia contínua, tanto os de AM quanto os de FM, assim como nos demais, são usados circuitos LC nos estágios de RF e de FI, capazes de selecionar somente a frequência desejada e rejeitar as demais. Por exemplo, se desejarmos receber só uma determinada emissora, entre muitas outras operando na região, funcionando em frequências próximas, devremos usar para isso um circuito sintonizado na frequência desejada.

Definição das Reatâncias Capacitiva e Indutiva

A dificuldade ou oposição que o capacitor oferece à passagem da corrente alternada é conhecida por reatância capacitiva X_C, sendo a sua unidade expressa em ohms.

A curva 1, vista na **figura 2,** representa a curva da variação da reatância capacitiva em função da variação da frequência do gerador F_G, aplicado sobre o capacitor.

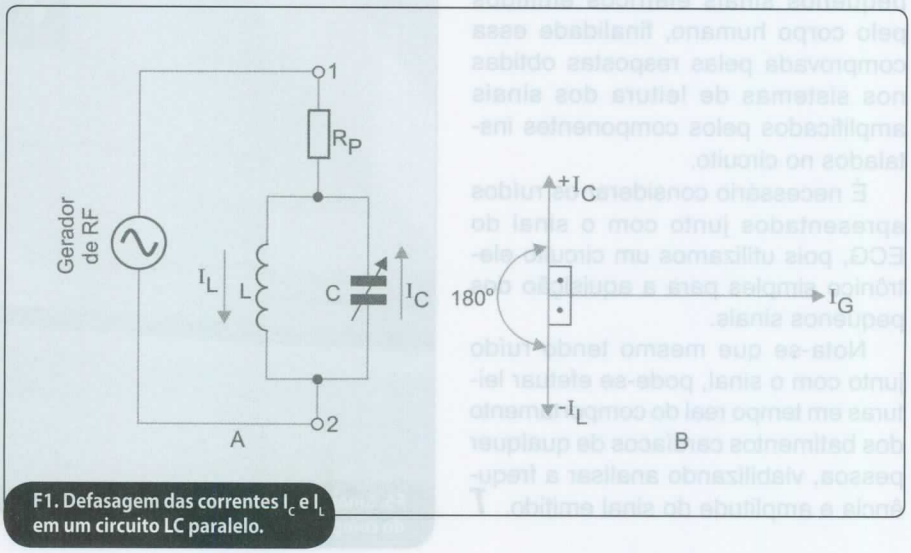
Como podemos observar, nas baixas frequências essa dificuldade é alta, mas à medida que aumentamos a frequência, a reatância diminui na mesma proporção. O mesmo acontece com a bobina, sendo sua dificuldade (ou oposição) conhecida por reatância indutiva X_L, curva 2. Conforme vemos na curva 2, nas baixas frequências, ao contrário da curva 1, apresenta uma baixa reatância, mas à medida que aumentamos a frequência do gerador a reatância indutiva aumenta na mesma proporção. Há uma frequência na qual a reatância capacitiva e a indutiva são iguais (X_C=X_L).

A frequência na qual isso acontece é conhecida por Fo, ou frequência de ressonância do conjunto capacitor e bobina, sendo exatamente essa frequência que vai nos interessar no estudo dos circuitos sintonizados apresentado neste artigo.

Propriedades dos circuitos ressonantes em paralelo

O circuito visto na figura 1 é formado por um capacitor C, por um indutor L, ambos ligados em paralelo e por uma resistência Rp, ligada em série com ambos. A associação por sua vez é alimentada por um gerador de radiofrequência, operando em alta frequência, que gera a frequência Fg.

As correntes que irão circular através de cada elemento da associação estão defasadas de 90°, sendo que a corrente Ic está adiantada de +90°, ao passo que a corrente I_L está atrasada de -90°, ambas em relação à corrente do gerador I_G, conforme ilustra a **figura 1b**. Em consequência disso, as correntes Ic e I_L, estão defasadas entre si de



F1. Defasagem das correntes I_c e I_L em um circuito LC paralelo.

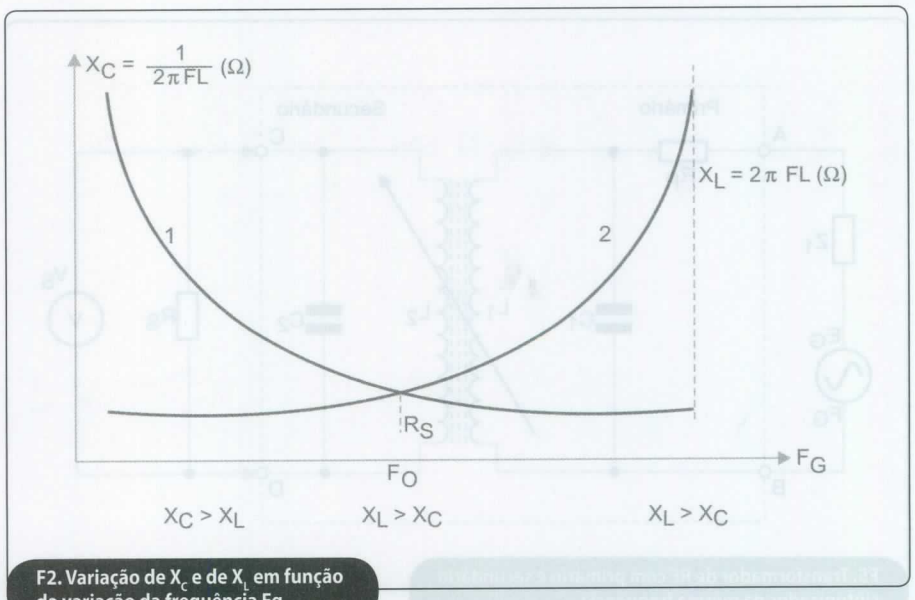
180°. Considerando se em Fo, $X_L=X_C$, as correntes também serão iguais e opostas em cada braço, sendo que uma cancela a outra.

Assim, em Fo, a corrente que irá circular pelo circuito será mínima ou nula. Com isso o gerador irá ver entre os pontos 1 e 2, conforme a figura 1, um circuito de alta impedância ou simplesmente um circuito em aberto. Então, em um circuito ressonante em paralelo, em Fo, a impedância atinge seu valor máximo, curva 1, e a corrente que irá circular pelo circuito seu valor mínimo, curva 2, vide **figura 3**.

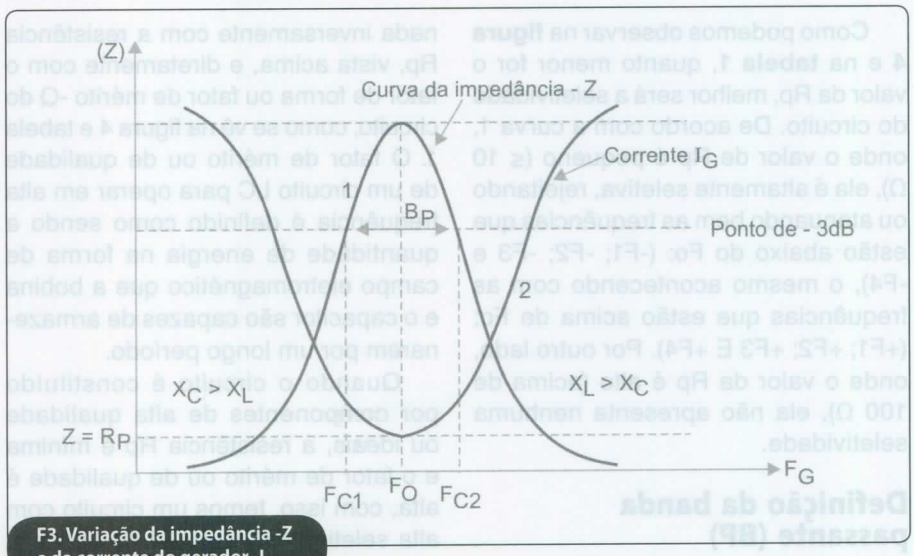
Já nas frequências que estão acima e abaixo de Fo, o mesmo não acontece, isto é, a impedância começa a diminuir em ambos os lados da curva. Nas frequências posicionadas abaixo de Fo, há uma predominância da parte capacitiva sobre a parte indutiva, nesta região $X_C > X_L$; nas frequências que estão acima de Fo ocorre o contrário, há uma predominância da parte indutiva sobre a capacitiva $X_L > X_C$. A resistência Rp, ligada em série com o circuito LC, figura 1, é uma resistência fictícia, ela representa a resistência do capacitor mais a resistência da bobina. Só lembrando que essas resistências só se manifestam nas altas frequências.

A resistência do capacitor é formada por duas componentes: a resistência de fuga e a resistência de dissipação, ambas ocorrendo no dielétrico do capacitor. Quando é usado um capacitor de boa qualidade, próprio para operar em altas frequências, como o de mica ou de cerâmica, suas resistências de fuga e de dissipação são mínimas.

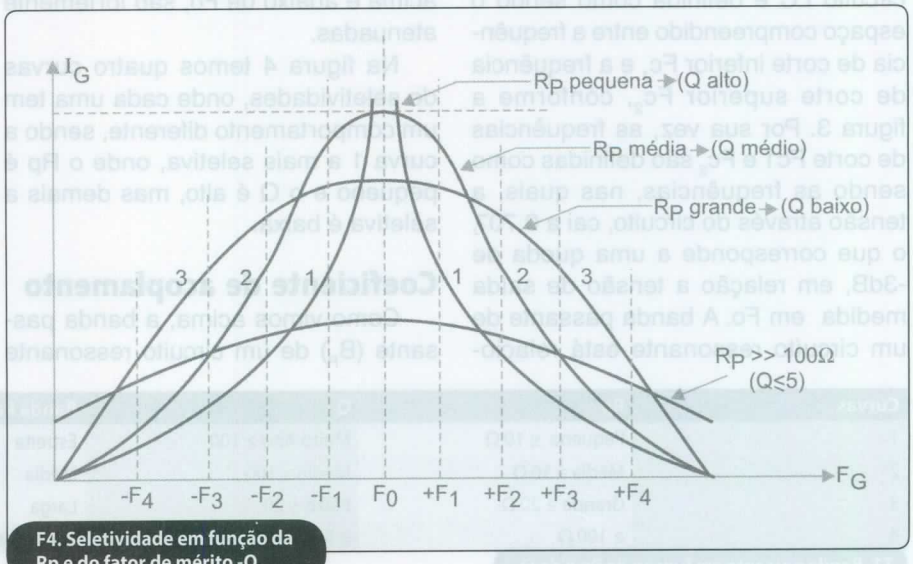
O mesmo acontece com o fio usado na confecção da bobina, por melhor que seja a sua condutividade, nunca é zero, sempre há uma pequena resistência que aparece nas altas frequências. Normalmente é usado um fio de cobre com banho de platina, com o objetivo de baixar a resistência. O valor da Rp é uma somatória das duas resistências vistas acima: do capacitor e da bobina. A Rp vai influenciar diretamente na seletividade do circuito, que, por sua vez ,vai depender da qualidade dos componentes usados: capacitor e bobina.



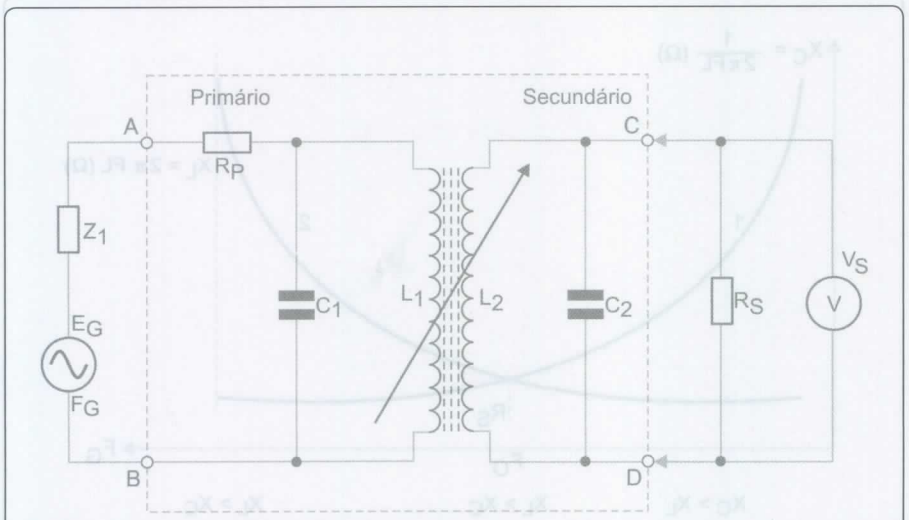
F2. Variação de X_C e de X_L em função da variação da frequência Fg.



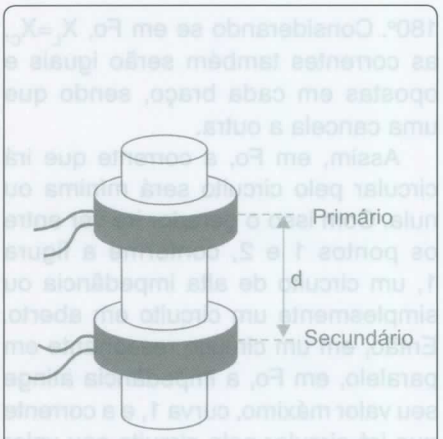
F3. Variação da impedância -Z e da corrente do gerador -I_G.



F4. Seletividade em função da Rp e do fator de mérito -Q.



F5. Transformador de RF com primário e secundário sintonizados na mesma frequência.



F6. Coeficiente de acoplamento em função da distância "d".

Como podemos observar na **figura 4** e na **tabela 1**, quanto menor for o valor da Rp, melhor será a seletividade do circuito. De acordo com a curva 1, onde o valor de Rp é pequeno (≤ 10 Ω), ela é altamente seletiva, rejeitando ou atenuando bem as frequências que estão abaixo do Fo: (-F1; -F2; -F3 e -F4), o mesmo acontecendo com as frequências que estão acima de Fo: (+F1; +F2; +F3 E +F4). Por outro lado, onde o valor da Rp é alto (acima de 100 Ω), ela não apresenta nenhuma seletividade.

Definição da banda passante (BP)

A banda passante (BP) de um circuito LC é definida como sendo o espaço compreendido entre a frequência de corte inferior Fc_1 e a frequência de corte superior Fc_2, conforme a figura 3. Por sua vez, as frequências de corte Fc1 e Fc_2 são definidas como sendo as frequências, nas quais, a tensão através do circuito, cai a 0,707, o que corresponde a uma queda de -3dB, em relação a tensão de saída medida em Fo. A banda passante de um circuíto ressonante está relacionada inversamente com a resistência Rp, vista acima, e diretamente com o fator de forma ou fator de mérito -Q do circuito, como se vê na figura 4 e tabela 1. O fator de mérito ou de qualidade de um circuito LC para operar em alta frequência é definido como sendo a quantidade de energia na forma de campo eletromagnético que a bobina e o capacitor são capazes de armazenarem por um longo período.

Quando o circuito é constituído por componentes de alta qualidade ou ideais, a resistência Rp é mínima e o fator de mérito ou de qualidade é alta, com isso, temos um circuito com alta seletividade, curva 1 da figura 4, com isso as frequências que estão acima e abaixo de Fo, são fortemente atenuadas.

Na figura 4 temos quatro curvas de seletividades, onde cada uma tem um comportamento diferente, sendo a curva 1 a mais seletiva, onde o Rp é pequeno e o Q é alto, mas demais a seletiva é baixa.

Coeficiente de acoplamento

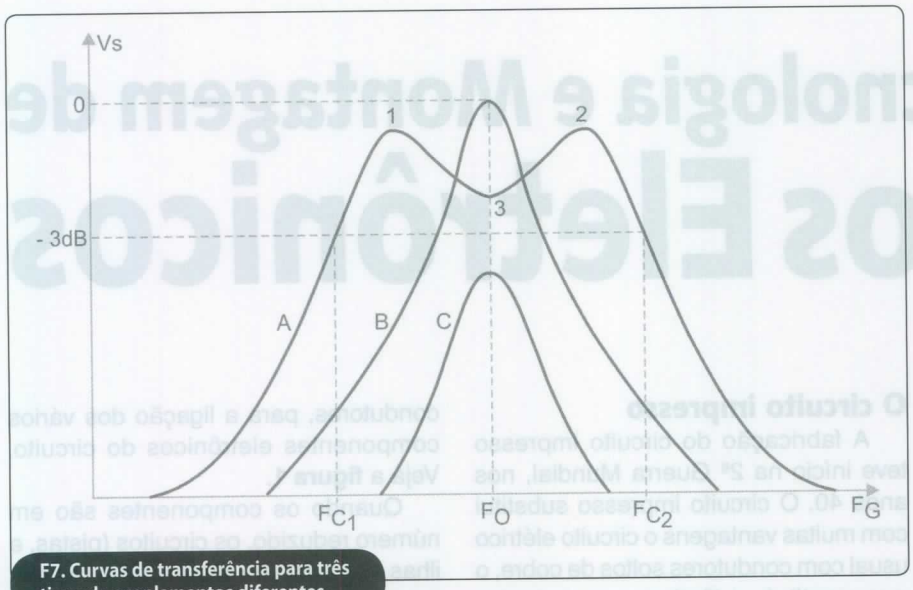
Como vimos acima, a banda passante (B_P) de um circuito ressonante paralelo dependia de dois fatores: da Rp e do Q e, uma vez montado o circuito, tínhamos pouca possibilidade de variá-la. Mas através do processo de variação da distância "d", isso é possível.

Quando temos um transformador de RF, com ambos os enrolamentos sintonizados na mesma frequência, vide **figura 5,** o processo de transferência de energia do primário para o secundário ocorrerá através do processo de acoplamento mútuo (ou indutivo) que há entre os enrolamentos. Se variarmos a distância "d" que há entre os enrolamentos, poderemos variar a banda passante do circuito, tornando-a mais larga ou mais estreita, isso dependerá da variação do grau de acoplamento entre eles. O grau de acoplamento, por sua vez, é definido como sendo a quantidade de energia do primário que será transferida para o secundário pelo efeito do acoplamento mútuo, ou seja, pela aproximação ou afastamento dos enrolamentos.

Lembramos ainda, que: tanto o primário quanto o secundário têm propriedades próprias, assim como B_P, Rp e Q, porém, quando aproximamos um

Curvas	Rp	Q	Banda Passante (BP)	Seletividade
1	Pequena ≤ 10 Ω	Muito Alto ≥ 100	Estreita	Boa
2	Média ≅ 10 Ω	Médio ≅ 100	Média	Média
3	Grande ≥ 20 Ω	Baixo ≤ 20	Larga	Péssima
4	≥ 100 Ω	≤ 5	Super Larga	Nenhuma

T1. Banda passante em função da Rp e do Q.



F7. Curvas de transferência para três tipos de acoplamentos diferentes.

do outro, as propriedades são alteradas devido à influência do acoplamento mútuo que há entre os mesmos.

A máxima transferência de energia entre o primário e o secundário do transformador ocorre quando todas as linhas de força do campo eletromagnético geradas no primário cortam, isto é, envolvem todo o enrolamento do secundário. A energia transferida, é inversamente proporcional à distância "d": quanto maior ela for, menos energia será transferida, vide **figura 6**.

Em função da distância "d", há pelo menos três tipos de acoplamentos possíveis, cada um com suas próprias particularidades, como será visto a seguir.

Super acoplado

Quando dois enrolamentos estão muito próximos um do outro, há a máxima transferência de energia devido à aproximação entre eles, curva A vista na **figura 7**.

Podemos observar que neste tipo de acoplamento há dois picos de tensões máximas em posições simétricas, sendo um acima e o outro abaixo de Fo, pontos 1 e 2, e uma vala em Fo, ponto 3. O surgimento da vala neste tipo de acoplamento é explicado da seguinte maneira: a resistência Rp presente tanto no primário como no secundário, que só aparece na ressonância (Fo), absorve a energia por efeito Joule, transformando a energia elétrica em energia térmica, já abaixo e acima de Fo, o mesmo não acontece.

Esse tipo de acoplamento apresenta uma banda passante bastante larga, (curva A), sendo por isso, muito usado nos receptores de banda larga, FM e TV.

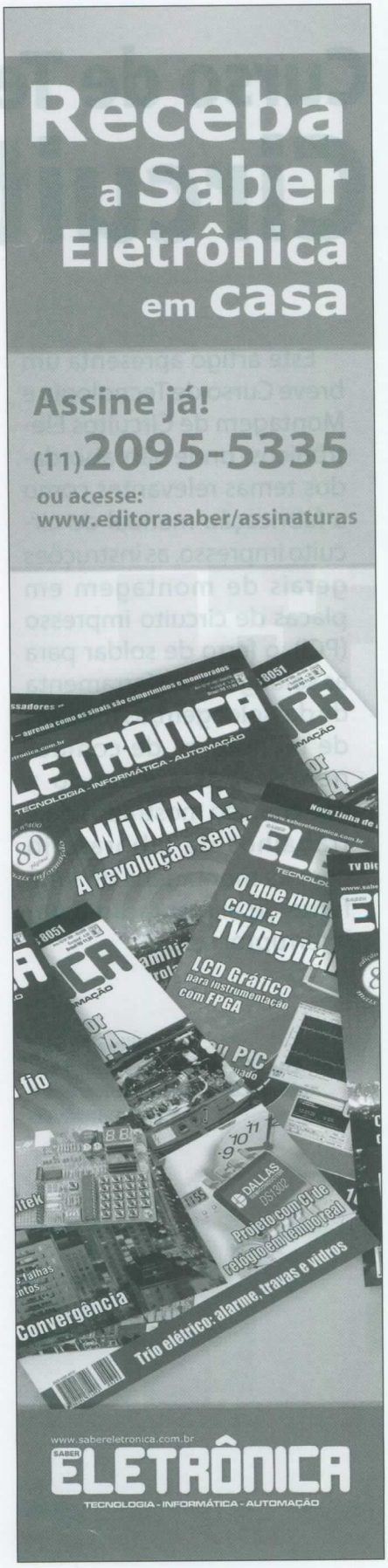
Acoplamento normal

Quando os dois enrolamentos estão mais afastados, a quantidade de energia transferida é bem menor em relação o caso anterior. A máxima transferência ocorre em Fo, onde aparece um pico de tensão máxima, apresentando uma banda passante mais estreita, curva B. Em consequência temos uma boa seletividade, rejeitando ou atenuando bem as frequências que estão acima e abaixo de Fo. Este tipo de acoplamento é muito usado em equipamentos que operam em ondas curtas como, por exemplo, em receptores de AM e de SSB.

Acoplamento crítico

Quando os dois enrolamentos estão frouxamente acoplados, ou seja, um muito afastado do outro, há pouca energia transferida do primeiro para o secundário, curva C.

A curva de transferência é muito estreita com pouca energia transferida. Este tipo de acoplamento é muito pouco usado na prática.



Curso de Tecnologia e Montagem de Circuitos Eletrônicos

Este artigo apresenta um breve Curso de Tecnologia e Montagem de Circuitos Eletrônicos, onde são abordados temas relevantes como a fabricação manual do circuito impresso, as instruções gerais de montagem em placas de circuito impresso (PCI), o ferro de soldar para as soldagens e a ferramenta de dessoldagem, as técnicas de montagem de componentes, etc. Fechando a matéria, são mostrados dois trabalhos de laboratório com as montagens de uma fonte de alimentação e um interruptor óptico.

Filipe Pereira
Prof. Eng. Eletrotécnica, eletrônica, automação, telecomunicações e energias renováveis

O circuito impresso

A fabricação do circuito impresso teve início na 2ª Guerra Mundial, nos anos 40. O circuito impresso substitui com muitas vantagens o circuito elétrico usual com condutores soltos de cobre, o que constituía autênticos emaranhados de fios que tornavam difícil a detecção e reparação de avarias.

O circuito impresso é muito utilizado na aparelhagem elétrica, máquinas elétricas, computadores, telecomunicações, etc.

Existem no mercado fundamentalmente dois tipos de placas, a placa normal e a placa pré-sensibilizada. A diferença entre as duas reside no fato da placa pré-sensibilizada ter uma camada de verniz sobre todo o cobre, cuja função é permitir usar uma técnica para efetuar a impressão do circuito na placa de circuito impresso. A placa normal apresenta apenas o cobre sobre a base isoladora.

A placa de circuito impresso (PCI) ou "pressed circuit board (PCB, em inglês) é constituída por uma base de material isolante revestida, numa ou nas duas faces, por uma fina camada de cobre onde vão ser desenhadas as pistas (ou trilhas), que substituem os condutores, para a ligação dos vários componentes eletrônicos do circuito. Veja a **figura 1**.



F1. A placa de circuito impresso PCI (ou PCB).

Quando os componentes são em número reduzido, os circuitos (pistas, e ilhas ou *pads*) são impressos numa das faces e os componentes são colocados na outra face, com os seus terminais passando nos furos para serem soldados nas ilhas ou pads, fazendo-se assim os contatos elétricos. Atente para o **box 1**.

Quando os circuitos têm muitos componentes utiliza-se a placa de circuito impresso de dupla face ou até em multicamadas, isto é, várias camadas sobrepostas e ainda a tecnologia SMT (*Surface Mounted Technology*) que utiliza componentes SMD (*Surface Mounted Devices*), que são componentes soldados diretamente nas pistas. Observe a **figura 2**.

O material utilizado na fabricação das placas é um material isolante como a baquelite, a resina epóxi, a fenolite, a fibra de vidro, a composite, a cerâmica etc.

A espessura mais comum das placas está normalizada e pode ter os seguintes valores: 1 mm, 1,5 mm, 2,2 mm e 3 mm.

O material das pistas ("trace" em inglês) é, geralmente, o cobre. O cobre é colocado sobre a placa numa camada muito fina, cuja espessura tem os seguintes valores: 0,035 mm e 0,07 mm.

A largura mínima das pistas é de 0,30 mm.

Sendo a espessura do cobre fixa, então a largura da pista varia de uma

Box 1

A ilha é a área de soldagem do terminal do componente. Pista (ou trilha) é a ligação elétrica entre duas ou mais ilhas.

forma diretamente proporcional à intensidade da corrente que a irá percorrer. Um mau dimensionamento da pista pode fundi-la devido a sobrecarga ou aquecimento excessivo.

Na **tabela 1** indica-se a relação entre largura, espessura das pistas e intensidade máxima admitida.

A separação entre pistas ("air gap", em inglês) é função da tensão entre elas, de acordo com os valores indicados na **tabela 2**.

No espaçamento de pistas deve-se considerar o valor mínimo de 0,8 mm.

No software (por exemplo, o Eagle) que se pode utilizar para a fabricação de circuitos impressos, os valores vêm frequentemente em polegadas ("inches", em inglês) onde: 1 polegada = 2,54 cm. Também é utilizada a abreviatura "mil" que tem o significado de milésimo de polegada.

A distância entre terminais ("raster" em inglês)) é um múltiplo de 2,54 milímetros, quer dizer a décima parte de uma polegada. A título de exemplo, os capacitores com dielétrico de plástico de uso comum têm uma separação entre terminais de 5,08 mm e os circuitos integrados têm uma separação entre terminais de 2,54 mm.

As brocas a serem utilizadas para a furação das placas de epóxi devem ser de carboneto de tungstênio ou de aço rápido.

Os diâmetros dos furos a serem realizados na PCI devem estar de acordo com a seguinte tabela, dada na **tabela 3**.

Acompanhe a seguir o processo de fabricação manual de circuitos impressos, o **box 2** mostra sua constituição.

Utilizando canetas para desenhar as pistas

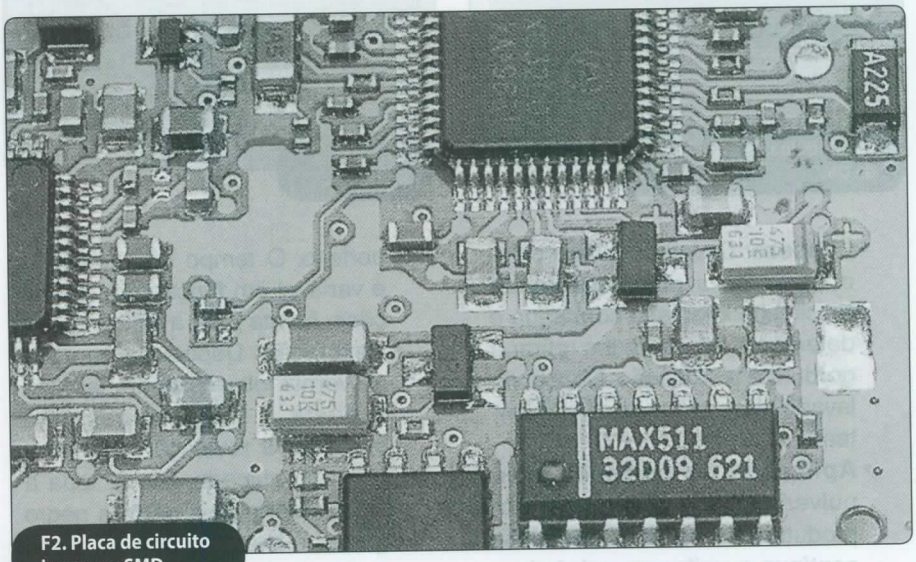
- A construção de um circuito impresso obriga a ter o desenho da ligação dos componentes. Devemos copiá-lo e colá-lo na face de cobre. Proceder depois às furações com broca de 1 mm de diâmetro.
- Descolado o papel da placa, lava-se bem a mesma e desenha-se o circuito na face de cobre, com caneta própria.
- A operação seguinte consiste em mergulhar a placa em percloreto de ferro (400 g de $Fe Cl_4$ por 1 litro de H_2O) e aguardar de 30 a 60 minutos que desapareça o cobre excedente (cobre não protegido pela tinta).
- Deve-se em seguida lavar bem em água corrente e retirar com solvente (álcool) a tinta usada para as pistas.
- O circuito impresso está finalmente pronto para a implantação e soldagem dos componentes.

Técnica do verniz fotorresistente

Para pôr em prática esta técnica é necessário ter o seguinte material: original do circuito impresso (em vegetal ou acetato), placa de circuito impresso, substância fotorresistente (ex. Positv 20), lâmpada de ultravioleta, soda cáustica e percloreto de ferro:

Box 2

O circuito impresso é constituído por uma placa de resina plástica ou fibra de vidro, revestida numa ou em ambas as faces com uma fina lâmina de cobre.



F2. Placa de circuito impresso SMD.

Dimensionamento das pistas		
Largura (mm)	Intensidade máxima permitida (A)	
	Espessura de 0,035 mm	Espessura de 0,07 mm
0,5	2,7 amperes	4,3 amperes
0,7	3,8	5,0
1	4,3	7,7
1,5	6	10,3
2	8	13
2,5	9	14,2
3	10,5	17
6	25	35

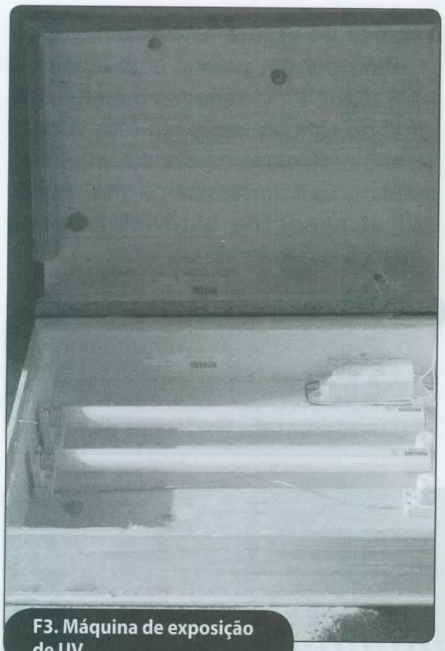
Tabela 1

Função da tensão					
0,5 mm	0 a 50 V	1 mm	100 a 170 V	1,2 mm	171 a 250 V

Tabela 2

Aplicação do furo	Diâmetro do furo (em mm)
Componentes de uso corrente (resistores, capacitores, diodos)	1 mm
Transistor	0,8 mm
Ligadores para circuito impresso	1,25 mm
Parafusos de fixação	3,5 mm

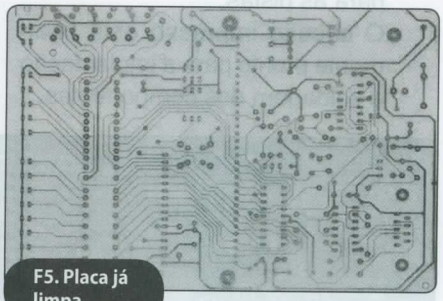
Tabela 3



F3. Máquina de exposição de UV.



F4. Processo de revelação do desenho da PCI.



F5. Placa já limpa.

- **Limpeza**: Devemos lavar cuidadosamente a placa destinada ao circuito impresso com água e detergente capaz de lhe retirar a gordura e a oxidação. Depois de lavada, deve secar-se convenientemente a placa.
- **Aplicação da camada**: Deve pulverizar-se a placa com um produto fotorresistente de forma contínua e uniforme, cobrindo a totalidade da superfície cobreada.
- **Secagem**: Devemos proceder a uma secagem lenta e progressiva. Podemos utilizar uma estufa, inicialmente em temperaturas inferiores a 40 °C na qual introduzimos a placa, subindo depois para 70 °C. A duração da operação varia entre 15 e 20 minutos. Há quem utilize com bom resultado um secador de cabelo. Veja o **box 3**.
- **Exposição**: Obtêm-se os melhores resultados utilizando lâmpadas de quartzo ou de vapor de mercúrio. Cobre-se a placa com o original (positivo) do circuito impresso. Deve pressionar-se bem o original (em vegetal ou acetato) com a ajuda de um vidro acrílico (o vidro normal absorve mais as radiações ultravioletas) de forma a obter um contato perfeito. O tempo de exposição é variável em função das condições. Atente para a **figura 3**.
- **Revelação**: Depois da camada de verniz fotorresistente ter sido exposta à luz, é necessário proceder à revelação do desenho não atacado, isto é, toda a área coberta pela parte a negro (pistas e ilhas) do original. Essa revelação faz-se numa solução reveladora de 7 a 9 gramas de soda cáustica dissolvida num litro de água. O tempo varia segundo a espessura da camada a revelar e o uso dado ao revelador. O tempo de revelação situa-se entre 10 segundos (revelador novo) e 1 minuto. Finalmente, deve lavar-se cuidadosamente a placa. Observe a **figura 4.**
- **Remoção do cobre excedente**: A substância a utilizar para ataque químico ao cobre não deverá atacar o verniz fotorresistente que reserva o circuito impresso. É vulgar a utilização de percloreto de ferro. O tempo que a placa deve permanecer no banho varia segundo a densidade e temperatura deste, bem como com a espessura do cobre a retirar. Como base aconselhamos de 30 a 60 minutos, podendo no entanto acelerar-se o processo com o aquecimento do banho e a sua agitação. Depois da operação realizada, deve lavar-se cuidadosamente a placa. **Figura 5.**
- **Acabamento**: Finalmente limpa-se a face cobreada do circuito com um solvente (acetona ou álcool) para retirar o verniz fotorresistente. Seca-se com cuidado e procede-se à furação com brocas de 1 mm de diâmetro. Para evitar a oxidação das pistas de cobre poder-se-á aplicar um "spray" qualquer de resina acrílica (ex. Plastic - Spray 70) que permite a soldagem posterior.

Observações

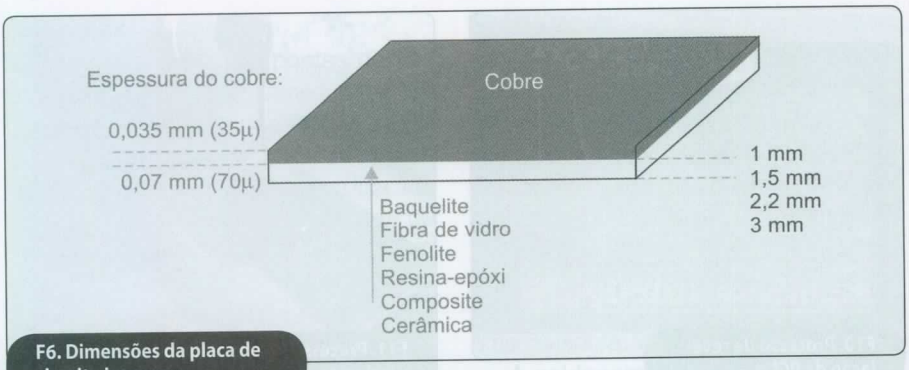
- As placas pulverizadas com verniz fotorresistente e que aguardam um tempo prolongado para serem expostas aos raios ultravioletas, devem ser armazenadas em local escuro e fresco.
- As placas não devem ser expostas à luz ultravioleta antes das lâmpadas terem atingido a sua plena intensidade luminosa (2 a 3 minutos após serem ligadas à corrente). Deve utilizar-se óculos de segurança em presença da luz ultravioleta.
- Não se deve juntar revelador novo ao já usado.
- A revelação está terminada quando, a olho nu, se notam claramente as pistas e o escurecimento do revelador. É conveniente agitar a placa durante a revelação.
- A placa deposita-se no percloreto de ferro com a face de cobre para cima para que se possa observar a evolução do processo.

Placa de circuito impresso (PCI ou PCB)

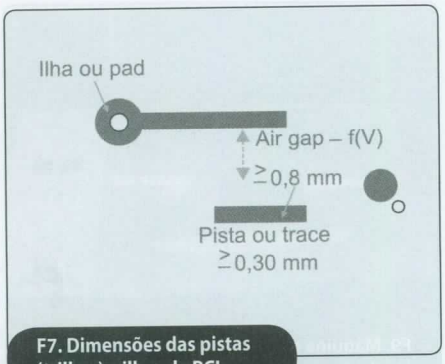
- Placa normal
- Placa pré-sensibilizada
- Monoface

Box 3

Se forem usadas placas de circuito impresso pré-sensibilizadas, não é necessário contemplar os três pontos referidos anteriormente.

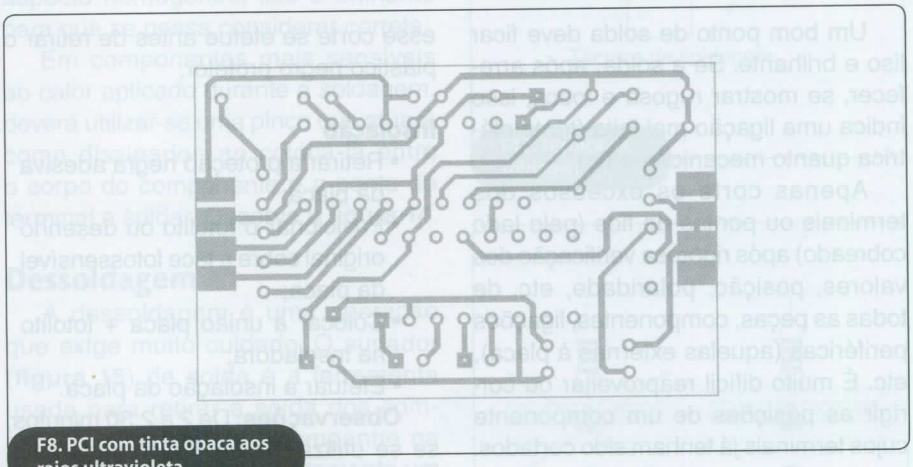


F6. Dimensões da placa de circuito impresso.



F7. Dimensões das pistas (trilhas) e ilhas da PCI.

- Dupla face
- Multicamadas: Atente para a **figura 6**.
- Ilhas e Pistas (**figura 7**)
- Componentes eletrônicos
- Raster múltiplo de 2,54 mm
- Polegada ou inch: 1"(polegada) = 2,54 cm = 25,4 mm



F8. PCI com tinta opaca aos raios ultravioleta.

Instruções para montagens

A seguir veja algumas instruções gerais para montagens eletrônicas.

Componentes

Em todos os circuitos, dos mais simples aos mais complexos, existem basicamente dois tipos de componentes: os polarizados e os não polarizados. Os componentes não polarizados são na sua grande maioria, resistores e capacitores comuns. Não importa a sua posição, só é necessário saber o seu valor (e outros parâmetros) e ligá-lo no lugar certo do circuito.

Os principais componentes dos circuitos são, na maioria das vezes, polarizados, ou seja, os seus terminais têm posição certa e única para serem ligados ao circuito. Entre tais componentes destacam-se os diodos, LEDs, tiristores, TRIACs, transistores, capacitores eletrolíticos, circuitos integrados, etc. É muito importante que, antes de se iniciar qualquer montagem se identifique corretamente os terminais, já que qualquer inversão na altura das soldagens ocasionará o não funcionamento do circuito, além de eventuais danos no próprio componente.

Ligar e soldar

Deve ser utilizado sempre ferro de soldar leve, de ponta fina e de baixa potência (máximo 30 W). A solda também deve ser fina, de boa qualidade e de baixo ponto de fusão. Antes de iniciar a soldagem, a ponta do ferro deve ser limpa, removendo-se qualquer oxidação ou sujeira ali acumulada. Depois de limpa e aquecida, a ponta do ferro deve ser levemente estanhada (espalhando-se um pouco de solda sobre ela), o que facilitará o contato térmico com os terminais.

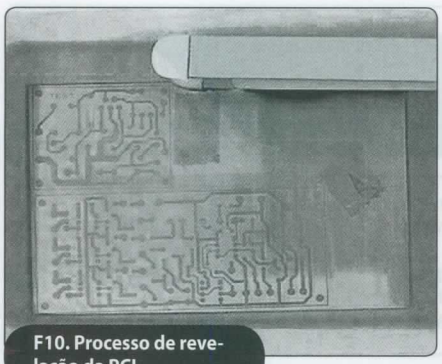
As superfícies cobreadas das placas de circuito impresso devem ser rigorosamente limpas (com lixa fina ou palha de aço) antes das soldagens. O cobre deve estar brilhante, sem qualquer resíduo de oxidação, sujeira, gorduras, etc. (que possam dificultar as boas soldagens). Notar que, depois de limpas, as ilhas e pistas cobreadas não devem mais ser tocadas com os dedos, pois, a gordura e ácidos contidos na transpiração humana (mesmo que as mãos pareçam limpas e secas) atacam o cobre com grande rapidez, prejudicando as boas soldagens. Os terminais dos componentes também devem estar limpos (se preciso, raspe-os com uma lâmina ou estilete, até que o metal fique limpo e brilhante) para que a solda "pegue" bem.

Verificar sempre se não existem defeitos nas pistas de cobre da placa. Verificada alguma falha, ela deve ser remediada antes de se colocarem os componentes na placa. Pequenas falhas no cobre podem ser facilmente recompostas com uma gotinha de solda cuidadosamente aplicada. Já eventuais curto-circuitos entre ilhas ou pistas, podem ser removidos raspando-se o defeito com uma ferramenta de ponta afiada.

Durante a soldagem, evite sobreaquecer os componentes (que podem danificar-se pelo calor excessivo desenvolvido numa soldagem muito demorada). Se uma soldagem não corre bem nos primeiros 5 segundos, retire o ferro, espere a ligação arrefecer e tente novamente, com calma e atenção.

Evite excesso de solda (que pode gerar corrimentos e curto-circuitos) ou falta de solda (que pode ocasionar má ligação).


F9. Máquina de insolação.


F10. Processo de revelação da PCI.


F11. Processo de colocação do percloreto de ferro.

Um bom ponto de solda deve ficar liso e brilhante. Se a solda, após arrefecer, se mostrar rugosa e fosca, isso indica uma ligação mal feita (tanto elétrica quanto mecanicamente).

Apenas corte os excessos dos terminais ou pontas de fios (pelo lado cobreado) após rigorosa verificação dos valores, posição, polaridade, etc. de todas as peças, componentes, ligações periféricas (aquelas externas à placa), etc. É muito difícil reaproveitar ou corrigir as posições de um componente cujos terminais já tenham sido cortados.

Utilização de uma placa de circuito impresso pré-sensibilizada

Veja as características da placa no **box 4**.

Características do fotolito a utilizar

A qualidade do fotolito que utilizarmos na insolação incidirá diretamente na qualidade do circuito que obteremos. O suporte sobre o qual se deve realizar o circuito deve ser totalmente transparente, ou permeável à luz ultravioleta. O desenho do circuito terá que ser realizado com tinta opaca aos raios ultravioleta.

Manipulação da placa

A placa vem protegida com um plástico negro e adesivo, opaco à luz ultravioleta, que nos permite armazená-la e manipulá-la sem necessidade de tomar precauções especiais. Se a placa tem de ser cortada, recomendamos que esse corte se efetue antes de retirar o plástico negro protetor.

Box 4: Características da placa

Placa pré-sensibilizada positiva
Espessura do estratificado FR4: 16/10
Espessura da baquelite: 15/10
Espessura da lâmina de cobre: 35 µm

Insolação

- Retirar a proteção negra adesiva da placa;
- Posicionar o fotolito ou desenho original sobre a face fotossensível da placa;
- Colocar a união placa + fotolito na insoladora;
- Efetuar a insolação da placa.

Observações: De 2 a 2,30 minutos, se se utiliza um fotolito transparente. De 2,30 a 4 minutos, se se utiliza papel vegetal. Acompanhe a **figura 9**. Sempre que possível deve-se utilizar luz ultravioleta. Se não for possível, usar luz branca e multiplicar os tempos indicados por dois. Recomendamos que efetue testes com troços pequenos da placa.

Revelação

- Verter o revelador para a placa positiva numa tina.
- Imediatamente depois de insolar a placa, introduza-a no revelador de forma que fique totalmente coberta, agitar a placa com uma pinça.
- Toda a resina fotossensível que foi exposta à luz ultravioleta desaparecerá em menos de 2 minutos.
- Se não vai fazer o ataque químico da placa imediatamente, deve lavar a placa com água abundante. Observe a **figura 10**.

Ataque químico com percloreto de ferro

- Verter o percloreto de ferro numa tina e introduzir nela a placa.
- O tempo necessário ao ataque químico será de 15 minutos aproximadamente, variando em função da temperatura a que se faz o banho. Repare na **figura 11**.

Incidentes e suas soluções

Não se consegue a revelação, ou só se consegue em parte:

- Aumentar o tempo de insolação
- Temperatura muito baixa (recomendamos que seja superior a 20 °C)
- Revelador saturado, mudá-lo.

Aparecem muitos cortes:

- Original defeituoso.
- Mau contato durante a insolação.

Desaparece toda a emulsão ao revelar:

- Diminuir o tempo de insolação.
- O desenho do original não é suficientemente opaco.

Pistas finas depois da revelação:

- Diminuir o tempo de insolação.
- Mau contato durante a insolação.
- Parece revelada, mas não se grava:
- Aumentar o tempo de revelação.

Ferro de soldar

Potência máxima: 30 watts (ferro leve e ponta fina).

- O ferro de soldar deve permitir substituir a ponta.
- A temperatura da ponta do ferro de soldar atinge temperaturas da ordem dos 400 °C.

Solda

Usar soldas com ligas 60/40 ou 63/37 (estanho/chumbo). Solda fina de baixo ponto de fusão.

Soldagens

Todos os terminais, pontas de fios ou partes metálicas envolvidas devem ser rigorosamente limpas. Partes oxidadas ou sujas podem ser raspadas com uma lâmina ou esfregadas com lixa fina até que o metal fique brilhante, livre de qualquer depósito que possa dificultar uma boa soldagem.

Para ligar terminais ou fios diretamente uns aos outros, depois de limpos eles devem ser provisoriamente fixados (ainda que levemente) entre si.

Antes de começar a soldagem, o ferro deve ser ligado e deve deixar-se aquecer até atingir o ponto máximo de calor. Sempre que necessário deve limpar-se a ponta do ferro com uma esponja ligeiramente umedecida.

Encoste primeiro a ponta aquecida do ferro na junção a ser feita. Um ou dois segundos são suficientes para que as partes metálicas envolvidas atinjam a temperatura necessária. Em seguida, encoste o fio de solda na junção (não na ponta do ferro). Se a junção estiver limpa e aquecida corretamente, a solda funde-se e espalha-se uniformemente, realizando-se uma ligação perfeita.

Os semicondutores (diodos, LEDs, transistores, circuitos integrados, etc.) e os capacitores eletrolíticos não "gostam" do calor excessivo, então evite encostar a ponta aquecida do ferro diretamente no corpo do componente, ou mesmo num terminal num ponto muito próximo do corpo do componente.

Em qualquer caso, a soldagem não pode demorar mais do que uns 5 segundos. Se por qualquer motivo não conseguir soldar durante esses 5 segundos, deve afastar o ferro de soldar e esperar que a ligação esfrie e, tentar novamente, com mais cuidado. Algumas ligações são difíceis de se realizar rapidamente. Nesse caso deve usar-se uma ferramenta que permita desviar o calor do corpo do componente.

Para diagnosticar a qualidade do ponto de solda obtido basta observar se o ponto de solda ficou liso e brilhante. Se isso ocorrer, a soldagem está boa. Se, contudo, o ponto de solda ficou rugoso e fosco, a soldagem não está boa.

Soldagem

A soldagem é uma operação importante na montagem dos diversos componentes eletrônicos na placa de circuito impresso. Desta operação depende muitas vezes, o bom funcionamento do dispositivo. Para soldar convenientemente, deve aquecer com o ferro de soldar o terminal do componente ao qual está encostado também o fio de solda. Veja as **figuras 12 e 13.**

A soldagem deverá apresentar um aspecto homogêneo, liso e brilhante para que se possa considerar correta.

Em componentes mais sensíveis ao calor aplicado durante a soldagem, deverá utilizar-se uma pinça que atuará como dissipador, ao colocá-la entre o corpo do componente e a ponta do terminal a soldar. Observe a **figura 14**.

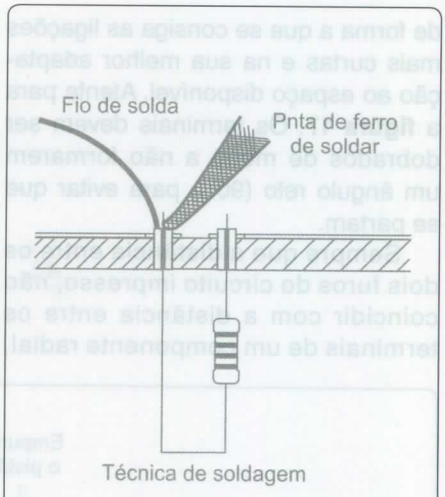
Dessoldagem

A dessoldagem é uma operação que exige muito cuidado. O sugador (**figura 15**) de solda é a ferramenta usada para retirar a solda dos componentes no circuito. Acompanhe na **figura 16** como usar corretamente um sugador para retirar um componente do circuito:

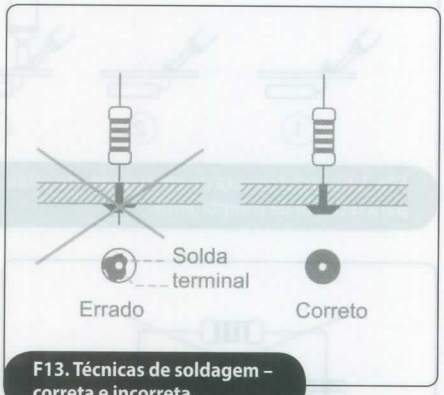
- Encostar a ponta do ferro de soldar na solda que se pretende retirar.
- Derreter bem a solda no terminal do componente.
- Empurrar o pistão do sugador e colocá-lo na posição vertical, bem em cima da solda sem retirar o ferro de soldar.
- Apertar o botão do sugador. O pistão volta para a sua posição inicial e a ponta aspira a solda derretida para dentro do sugador.
- Retirar o ferro de soldar e o sugador simultaneamente. Agora, o componente está com o terminal solto. Se ainda ficar alguma solda a segurar o terminal do componente, deverá repetir-se a operação.

Técnica de montagem dos componentes

Antes de se proceder à montagem dos componentes no circuito impresso, é necessário preparar os seus terminais



F12. Técnica de soldagem.



F13. Técnicas de soldagem – correta e incorreta.



F14. Utilização de uma pinça para atuar como dissipador.

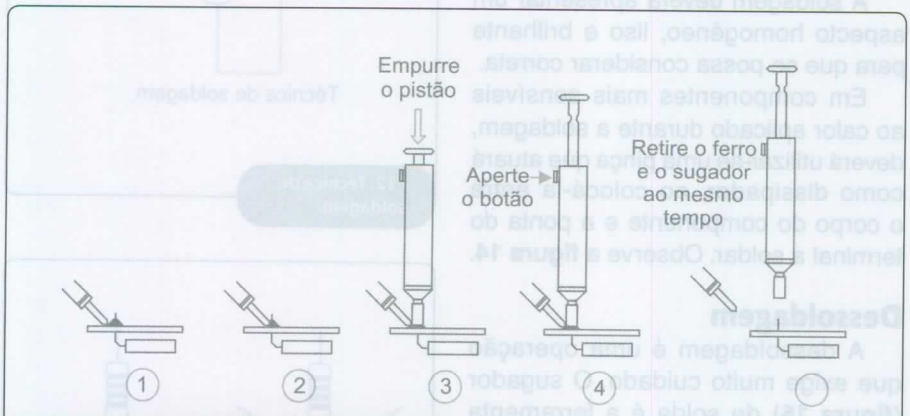


F15. Um sugador usado na dessoldagem.

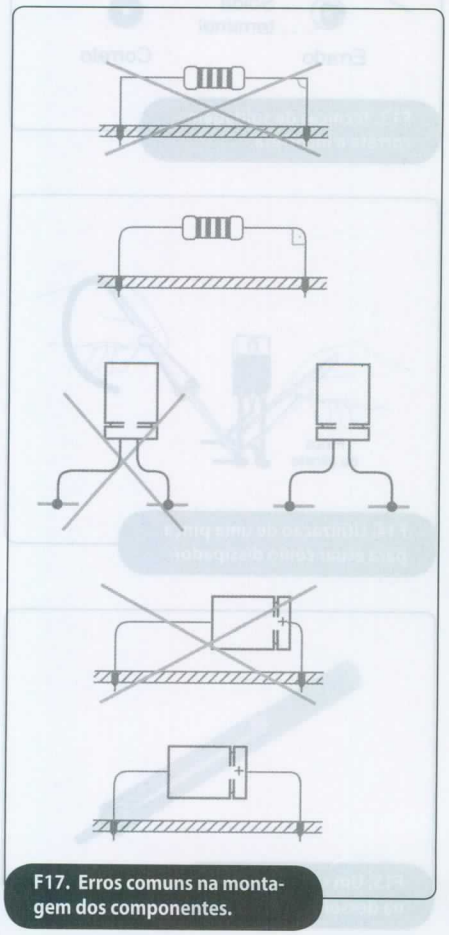
de forma a que se consiga as ligações mais curtas e na sua melhor adaptação ao espaço disponível. Atente para a **figura 17**. Os terminais devem ser dobrados de modo a não formarem um ângulo reto (90°), para evitar que se partam.

Sempre que a distância entre os dois furos do circuito impresso, não coincidir com a distância entre os terminais de um componente radial, deverá efetuar-se uma dupla dobragem do terminal. Com a finalidade do circuito apresentar uma estética adequada, os terminais deverão ficar colocados de uma forma simétrica em relação ao corpo do componente.

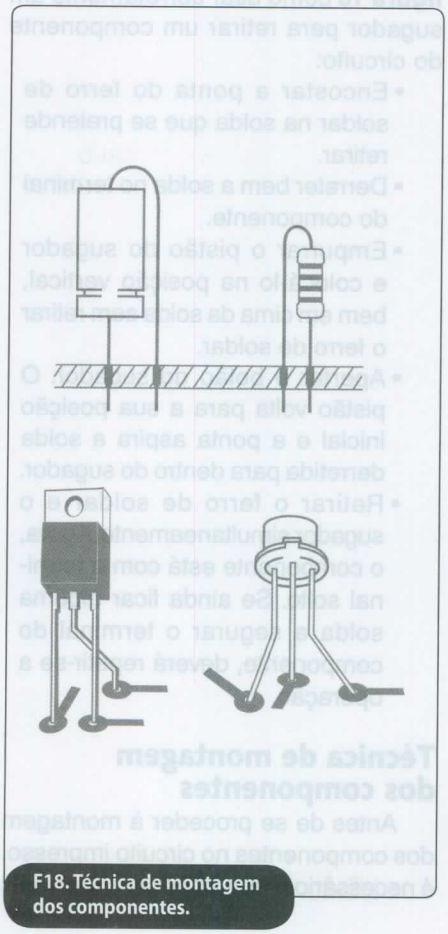
Os capacitores e resistores sempre que seja conveniente, no nível de montagem, poderão ficar dispostos verticalmente. Quanto aos transistores, poderão ser montados na placa como ilustra a **figura 18**. Visualize, agora, o **box 5**.



F16. Utilização correta de um sugador de solda para retirada de componente.



F17. Erros comuns na montagem dos componentes.



F18. Técnica de montagem dos componentes.

Limitações da versão *freeware*:

- Área máxima da placa (*board*): 100 mm x 80 mm
- Uma só folha para o esquema elétrico.
- Aplicável, no máximo, para placa de dupla face.

Como utilizar o programa

Acompanhe as duas etapas de utilização do programa:

1ª Etapa

- Desenhar o esquema elétrico
- Fichários de extensão *.sch

Recomenda-se: Usar a grelha de 0,1" (2,54 mm) porque as bibliotecas de componentes do programa estão definidas para este valor.

Para saber as dimensões dos componentes, a partir do seu valor ou código, aconselha-se comprá-lo e medi-lo, procurando nas bibliotecas de componentes do programa: (Na utilização de componentes das bibliotecas do programa, aparecem alguns dados que não serão de leitura evidente. Por exemplo, é fornecida a seguinte informação: 27 mm x 10 mm, grid 22,5 mm, que significa que as dimensões são as seguintes, ver **figura 19**), o que mais se aproxima dessas dimensões.

Para verificação do esquema deve correr o ERC (*Electrical Rule Check*) e deve corrigir os eventuais erros apontados.

2ª Etapa

- Desenho das pistas na PCI
- Fichários de extensão *.brd

Recomenda-se: Depois de posicionar os componentes na placa, pode utilizar-se o ícone Ratsnest para otimizar as ligações entre os componentes. Depois de realizada a otimização das ligações, pode utilizar-se o ícone Auto (Se a placa for de face única (monoface), na janela "Autorouter Setup" e na caixa "Preferred Directions" selecionar a opção N/A (not available) na camada "TOP". (Na PCI monoface, Top é o lado dos componen-

Box 5: Eagle - Síntese

Para obter uma versão freeware: **http://www.cadsoft.com**

tes e Bottom é o lado das pistas/solda). para criar as pistas de forma automática.

Poder-se-á alterar a espessura das pistas com o ícone Change/Width, selecionando a espessura desejada. Seguidamente, é necessário clicar nas pistas para alterar a sua espessura.

Se for necessário voltar das pistas às ligações, selecione o ícone Ripup e clique duas vezes em cada pista.

Procedimentos a serem observados nas montagens

- Obter em livros/revistas da especialidade, ou via Internet, a montagem de eletrônica que pretende executar.
- Simular, se possível, o funcionamento do circuito eletrônico para comprovar/testar a operacionalidade da montagem. Utilizar para este efeito um programa de simulação, como por exemplo o Multisim, o Microcap, o Microsim-Pspice Evaluation ou outro.
- Adquirir todos os componentes numa loja da especialidade. Caso indiquem a falta de algum dos componentes, aguarde que o obtenham antes de os comprar. Deve ter atenção se os componentes vendidos têm as características recomendadas, e se o circuito aceita ou não equivalentes.
- Testar com um multímetro todos os componentes possíveis.
- Executar a montagem prática numa protoboard e testar o seu funcionamento. Se necessário, fazer pequenos ajustes ou melhoramentos.
- Desenhar o esquema da montagem prática com o software adequado, por exemplo o Eagle, o Ultiboard, o Tango, o Pcad ou outro. Depois de desenhado o esquema, passar para o desenho das pistas da placa de circuito impresso.
- Pelo processo da fotoimpressão, passar o desenho das pistas para a placa de cobre.
- Furar a placa, inserir os componentes e soldá-los na placa de circuito impresso.

Trabalho laboratorial 1

Montar uma fonte de alimentação numa placa multicamada.

Introdução teórica

A fonte de alimentação é um dispositivo que permite alimentar, a partir da rede elétrica (230 volts alternados), um aparelho que funcione com baixa tensão contínua.

Uma fonte de alimentação é constituída por quatro partes: transformador (transforma a tensão de 230 V numa tensão inferior), retificador (transforma a corrente alternada em corrente contínua), filtro (amortiza as oscilações) e o regulador (mantém constante a tensão de saída).

Circuito proposto

O transformador (TR) é constituído por um núcleo de ferro com dois enrolamentos: um deles (o primário) tem um maior número de espiras com um fio de menor secção e é a ele que se aplica a tensão de 230 V; o outro (o secundário) é aquele que dá a tensão de saída mais baixa (por exemplo 9 volts).

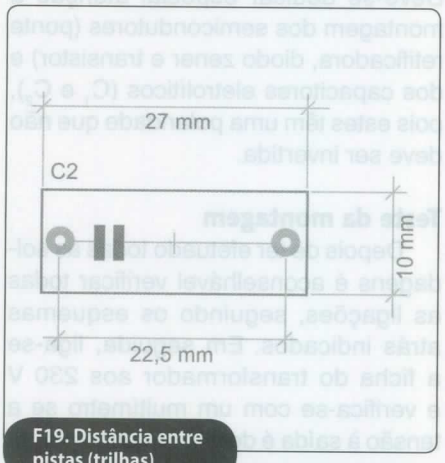
O retificador (P1) é constituído por uma ponte de diodos (normalmente chamada ponte retificadora). Estas pontes possuem quatro terminais em que dois estão marcados com o sinal ~, aos quais se deve aplicar a tensão alternada (saída do transformador); os outros dois estão marcados com os sinais + e – que são o polo positivo e negativo (da tensão contínua já retificada).

O filtro é normalmente constituído por um capacitor eletrolítico (C_1) de grande capacidade, que no seu regime de carga e descarga consegue eliminar as ondulações da tensão contínua saída do retificador.

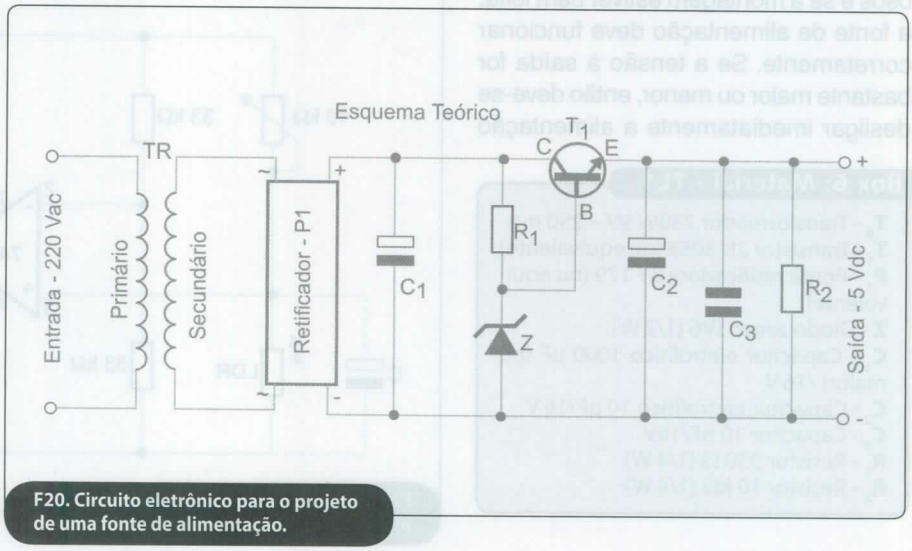
O regulador é normalmente constituído por um transistor (T_1) que consegue manter constante a tensão de saída devido a ter uma polarização fixada por um diodo zener (Z). Acompanhe na **figura 20.**

Funcionamento

A tensão alternada de 9 volts obtida no secundário do transformador é retificada pela ponte P_1 e filtrada pelo capacitor C_1, que tem uma capacidade suficientemente elevada para reduzir a ondulação da tensão contínua. O zener Z mantém na base do transistor T_1 uma tensão constante de 5,6 volts, sendo o transistor o elemento ativo da regulação.



F19. Distância entre pistas (trilhas).



F20. Circuito eletrônico para o projeto de uma fonte de alimentação.

O resistor R_1 polariza o zener, fazendo passar por ele uma corrente de cerca de 20 mA. O capacitor C_2 tem por função estabilizar a tensão de base do transistor e o capacitor C_3 elimina o ruído de radiofrequência. O resistor R_2 normalmente chamado de carga simulada, obriga o circuito a debitar em vazio uma corrente de 0,5 mA para que nessas condições a tensão se mantenha estabilizada. Veja a figura 20 e o **box 6**.

Montagem

A execução desta montagem é bastante simples, mas exige cuidados especiais para quem está iniciando-se na eletrônica. É aconselhada a montagem dos componentes sobre uma placa de circuito impresso segundo o desenho das pistas. **Figura 21**. Segue-se o desenho que representa a implantação dos componentes na placa de circuito impresso. **Figura 22**. Deve-se dedicar especial atenção à montagem dos semicondutores (ponte retificadora, diodo zener e transistor) e dos capacitores eletrolíticos (C_1 e C_2), pois estes têm uma polaridade que não deve ser invertida.

Teste da montagem

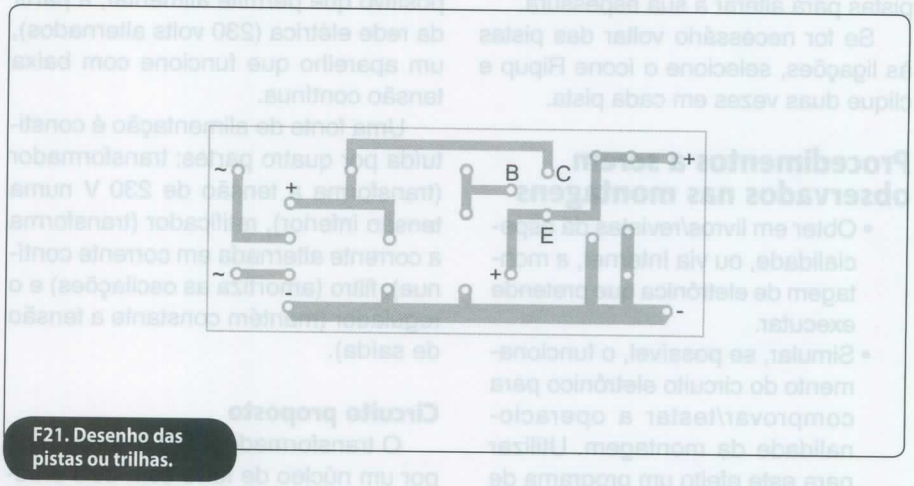
Depois de ter efetuado todas as soldagens é aconselhável verificar todas as ligações, seguindo os esquemas atrás indicados. Em seguida, liga-se a ficha do transformador aos 230 V e verifica-se com um multímetro se a tensão à saída é de 5 V. Em princípio, se os componentes não estiverem defeituosos e se a montagem estiver bem feita, a fonte de alimentação deve funcionar corretamente. Se a tensão à saída for bastante maior ou menor, então deve-se desligar imediatamente a alimentação de 230 V e verificar novamente todas as ligações à procura de soldas mal feitas, ou de componentes montados em posições erradas.

Se em seguida e ao voltar a ligar a alimentação, não aparecerem os 5 V desejados à saída, então devem-se fazer as seguintes verificações:

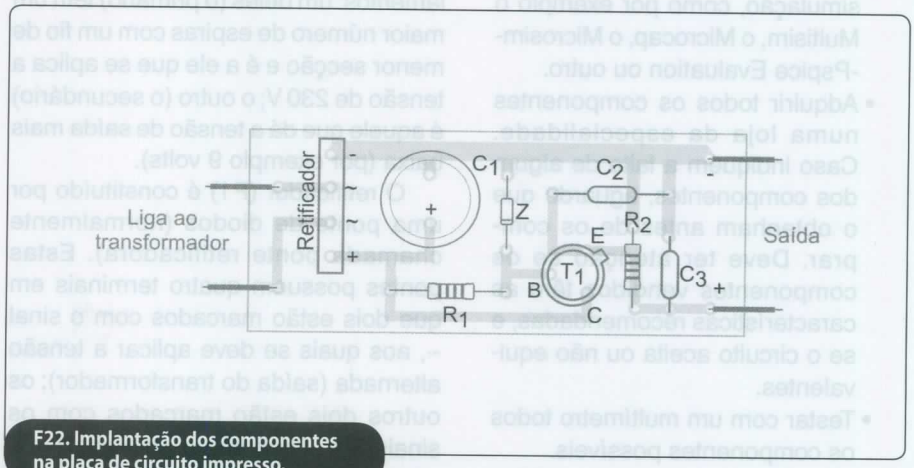
- Com o transformador ligado, medir a tensão alternada no secundário (deve ser maior que 7 V e menor que 12 V.

Box 6: Material - TL1

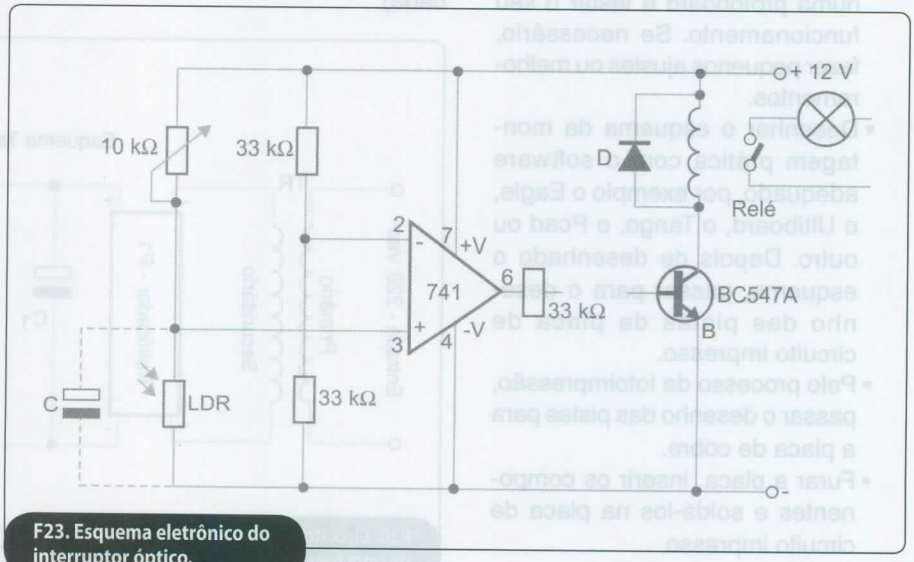
T_R - Transformador 230V/ 9V – 250 mA
T_1 - Transistor 2N 3053 (ou equivalente)
P_1 - Ponte retificadora BY 179 (ou equivalente)
Z - Diodo zener 5V6 (1/2 W)
C_1 - Capacitor eletrolítico 1000 µF (ou maior) /16 V
C_2 - Capacitor eletrolítico 10 µF/16 V
C_3 - Capacitor 10 nF/16V
R_1 - Resistor 330 Ω (1/4 W)
R_2 - Resistor 10 kΩ (1/4 W)



F21. Desenho das pistas ou trilhas.



F22. Implantação dos componentes na placa de circuito impresso.



F23. Esquema eletrônico do interruptor óptico.

- Medir a tensão contínua entre os terminais do capacitor eletrolítico C_1 (deve ser maior que 9 V e menor que 16 V).
- Medir a tensão contínua nos terminais do diodo zener, que deve ser próxima de 5,6 V.

Trabalho laboratorial 2

O segundo projeto irá abordar a montagem de um interruptor óptico numa placa multicamada.

Circuito proposto

Acompanhe na **figura 23** o esquema de circuito proposto.

Introdução teórica

LDR - *light dependent resistor* - resistor dependente da luz - às escuras apresenta uma resistência da ordem dos 20 MΩ; luz ambiente normal, 2 kΩ; luz fortemente incidente, 100 Ω.

Amplificador operacional trabalhando como comparador : a entrada inversora tem uma tensão fixa de referência de 6 V.

Se o LDR estiver iluminado, a sua resistência é baixa, a tensão na entrada não inversora é inferior a 6 V, logo (riscar o que não interessa):

- A saída do AMP OP estará alto/baixo
- O relé estará ativado/desativado
- Se a carga for uma lâmpada, estará acesa/apagada

Quando a intensidade luminosa diminui:

- A resistência do LDR sobe/desce
- A tensão na entrada não inversora é maior/menor que a tensão de referência
- A saída do AMP OP ficará alto/baixo
- O relé ficará ativado/desativado
- E a lâmpada acende/apaga

O potenciômetro permite um ajuste da sensibilidade do circuito para a intensidade luminosa pretendida para a comutação do circuito. Se trocarmos o LDR pelo potenciômetro, o funcionamento é o inverso, e o circuito poderá ser utilizado para comandar iluminação de emergência.

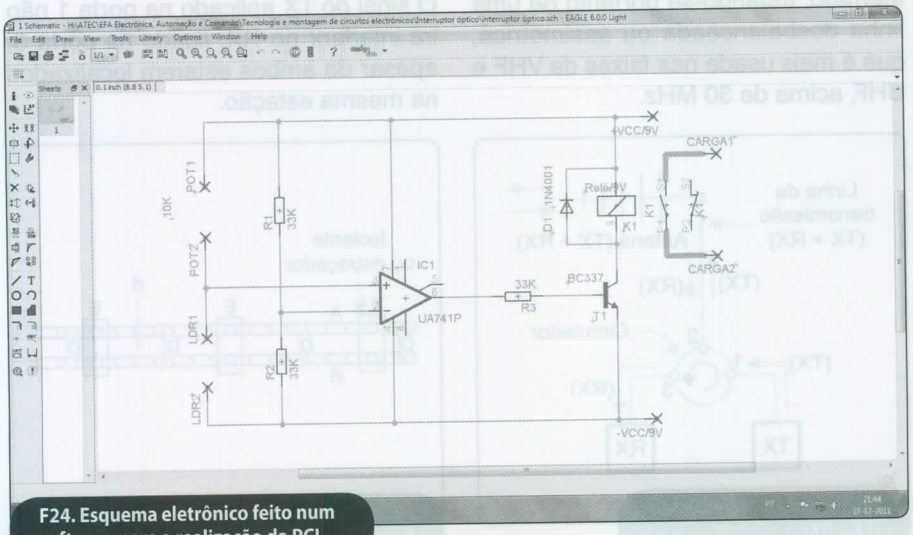
Em qualquer das versões, experimentar colocar um capacitor eletrolítico de 100 µF em paralelo com o LDR. O que acontece? Justificar.

Montagem

A execução desta montagem é bastante simples, mas exige cuidados especiais para quem está iniciando-se com a eletrônica. É aconselhada a montagem dos componentes sobre uma placa de circuito impresso segundo o desenho das pistas. Tente realizar no software Eagle o desenho das pistas de acordo com a **figura 24.**

Box 7: Material - TL2

Placa de circuito impresso - dupla face
LDR
3 Resistores - 33 kohms - 1/8W
AMP OP - uA741
Diodo - 1N4001
Relé para PCI - 12 VDC - 1NA/ 1NC
Lâmpada - 12 VDC/ 250mA
Potenciômetro - 10 kΩ



F24. Esquema eletrônico feito num software para a realização da PCI.

Procurando um público qualificado para o seu produto?



Anuncie na

MECATRÔNICA Atual
Automação Industrial de Processos e Manufatura

A número 1 em Automação Industrial
Tel.: (11) 2095-5339
publicidade@editorasaber.com.br
www.mecatronicaatual.com.br

Estudo e aplicação das linhas de transmissão

Apresentação das principais características das linhas de transmissão bifilares e das coaxiais. Cálculo das impedâncias dessas LTs. Aplicação delas na transmissão de RF.

Francisco Bezerra Filho

Apesar das linhas de transmissão serem muito usadas no campo das telecomunicações, em diversas aplicações, neste artigo iremos estudar sua aplicação na função de transferir energia RF da saída do transmissor (TX) para a antena, no caso da transmissão; e da antena para a entrada do receptor (RX) no caso da recepção. Nestas funções, são usados dois tipos de linhas de transmissão: a bifilar e a coaxial.

A linha do tipo bifilar é mais utilizada até a frequência de 30 MHz por radioamadores, em radiodifusão (tanto em ondas médias como em ondas curtas) e em muitas outras atividades. A linha bifilar, pelo fato de nenhum dos seus condutores serem aterrados, é considerada como sendo uma linha balanceada ou simétrica. Ao contrário da linha coaxial, onde normalmente seu segundo condutor ou blindagem é aterrado, tratando-se portanto de uma linha desbalanceada ou assimétrica, que é mais usada nas faixas de VHF e UHF, acima de 30 MHz.

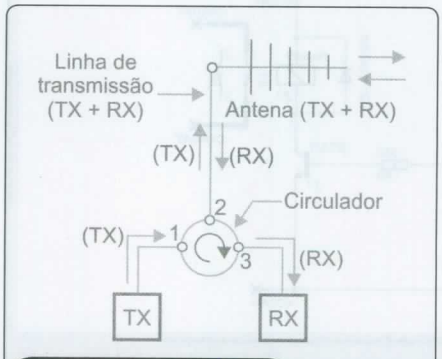
Só lembramos que: no caso de comunicação ponto a ponto, onde está envolvido de cada lado um transmissor (TX) e um receptor (RX), como por exemplo no sistema de telefonia, é colocado na saída do conjunto (TX + RX) um circulador que permite usar a mesma linha tanto na transmissão como na recepção. Trata-se de um elemento passivo feito a base de ímã orientado, onde o sinal só circula no sentido da flecha, vide **figura 1**.

O sinal aplicado em uma porta só tem acesso à porta adjacente, sempre no sentido da flecha. Por exemplo, o sinal do TX aplicado à porta 1 só tem acesso à porta 2, sendo sua potência mandada para a antena através da linha. Por sua vez, o sinal recebido pela antena, aplicado na porta 2, só tem acesso à porta 3, de onde é aplicado à entrada do RX. Neste sistema, as portas 1 e 3, estão totalmente isoladas. O sinal do TX aplicado na porta 1 não irá interferir no RX, ligado na porta 3, apesar de ambos estarem localizados na mesma estação.

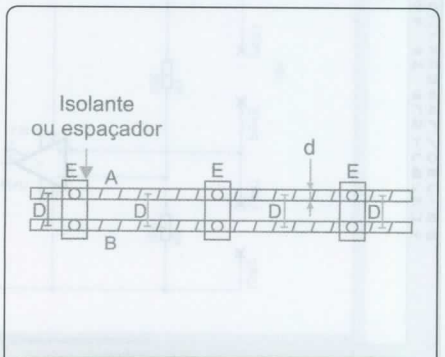
Adquira o mais completo livro sobre manutenção de fornos de micro-ondas do Autor, à venda na Gráfica D&F:

Rua Santa Efigênia, nº 295
1º andar – Sala 103

Fone: (011) 3337-2391
(falar com Fábio)



F1. Sistema de transmissão (TX + RX).



F2. Linha de transmissão do tipo bifilar, formada por dois condutores A e B.

Características das Linhas do Tipo Bifilar

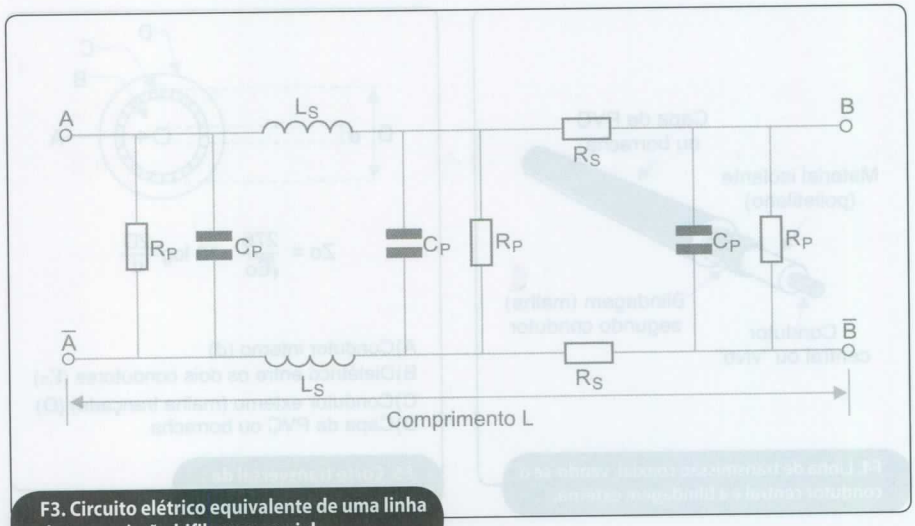
As linhas do tipo bifilar são formadas basicamente por dois condutores de cobre, latão ou alumínio, paralelos, ambos com bitola acima de 2,5 mm (Ø ≥ 2,5 mm) estendidos no espaço, tendo o ar como dielétrico. Observe **figura 2**.

Os condutores paralelos são separados entre si através de espaçadores a base de material isolante, como por exemplo baquelite, acrílico, fibra de vidro ou porcelana, que ao mesmo tempo que isola um condutor do outro, dá o espaçamento desejado entre eles. A grande vantagem das linhas bifilares é a facilidade na sua construção, podendo ser projetadas e instaladas por qualquer técnico com conhecimento básico em linha de transmissão. Daí o fato das mesmas serem usadas pela maioria dos radioamadores do mundo inteiro. Por outro lado, pelo fato da mesma não ser blindada, sua grande desvantagem é provocar com isso perdas muito elevadas, por irradiação externa, que aumentam com o aumento da frequência transmitida. Pela mesma razão, devemos evitar de passar duas ou mais linhas contendo informações diferentes, uma ao lado da outra, sob o risco das informações de uma linha interferirem nas informações transmitidas pela a outra linha.

Também devemos evitar de passá-las próximas de objetos metálicos para que não ocorra absorção das informações por elas transmitidas.

Definição das impedâncias das linhas bifilares

A impedância (Zo) da linha bifilar é definida como sendo a resistência que o TX vê na sua saída, ou ainda, representa a dificuldade que os sinais de altas frequências encontram para propagar-se através dela. O seu valor será determinado em função da distância "D" que há entre os condutores, do diâmetro "d" dos mesmos e do dielétrico do meio que os separam; no caso das linhas bifilares, o dielétrico é o próprio ar e, como sabemos, ele é unitário ($\xi_o = 1$), portanto, a impedância só dependerá da distância "D" entre os condutores e do diâmetro ou bitola "d" dos mesmos.



F3. Circuito elétrico equivalente de uma linha de transmissão bifilar ou coaxial.

Só lembramos que: a impedância neste tipo de linha costuma variar de 150 a 900 Ω.

Pelo fato da linha ser formada por dois condutores, esses, em altas frequências, se comportam como sendo as placas de um capacitor (C_P) tendo o ar como dielétrico, ligado em paralelo com o sinal; por outro lado, os fios se comportam como sendo uma bobina Ls ligada em série com o sinal, **figura 3**. O conjunto todo, agora se comporta como sendo um circuito LC, operando em alta frequência.

Cálculo da impedância (Zo) em uma linha bifilar

A impedância de uma linha bifilar pode ser calculada através da aplicação da fórmula **(1)** vista abaixo:

$$Z_0 = \frac{276}{\sqrt{\xi_o}} \cdot 10 \log_{10} \frac{2D}{d}$$

D = Distância entre os condutores, valor medido de centro a centro, vide **figura 2**.
d = Diâmetro dos condutores A e B.
ξ_o = Constante do dielétrico do meio que os separa.

Para facilitar a aplicação da fórmula, os valores de "D" e "d" devem ser expressos na mesma unidade. A seguir é dado um exemplo prático da aplicação da fórmula (1), vista acima.

Dados: D = 375 mm; d = 5 mm; ξ_o = 1 (ar) e Z_0 = ?:

$$Z_0 = \frac{276}{\sqrt{1}} \cdot 10 \log_{10} \frac{2 \cdot 375}{5} =$$

$$\frac{276}{1} \cdot 10 \log_{10} \frac{750}{5} =$$

$$276 \cdot 10 \log_{10} 150 =$$

$$276 \cdot 2{,}176 = 600 \therefore Z_0 = 600\,\Omega$$

Outra possibilidade de determinar-se a impedância é medindo-se o valor da bobina L e do capacitor C por unidade de comprimento, através da aplicação da fórmula **(2)** vista abaixo.

Só lembramos que essa fórmula é válida tanto para linha bifilar como coaxial, consideradas sem perdas, vista na sequência. Quanto aos valores de L e C, só é possível determiná-los em laboratório especializado equipado com instrumentos apropriados para essa finalidade, como por exemplo: gerador de RF e ponte RLC para medir indutância e capacitância em altas frequências.

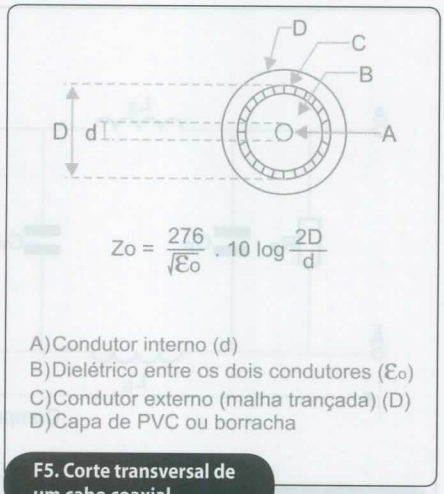
Então, sendo dada como exemplo uma LT, considerada sem perdas, com um comprimento de 100 metros, onde L=12μHe e C=2,13nF, foram medidos os seguintes valores:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \rightarrow \sqrt{\frac{12 \times 10^{-6}\,H}{2{,}13 \times 10^{-9}\,F}} \rightarrow$$

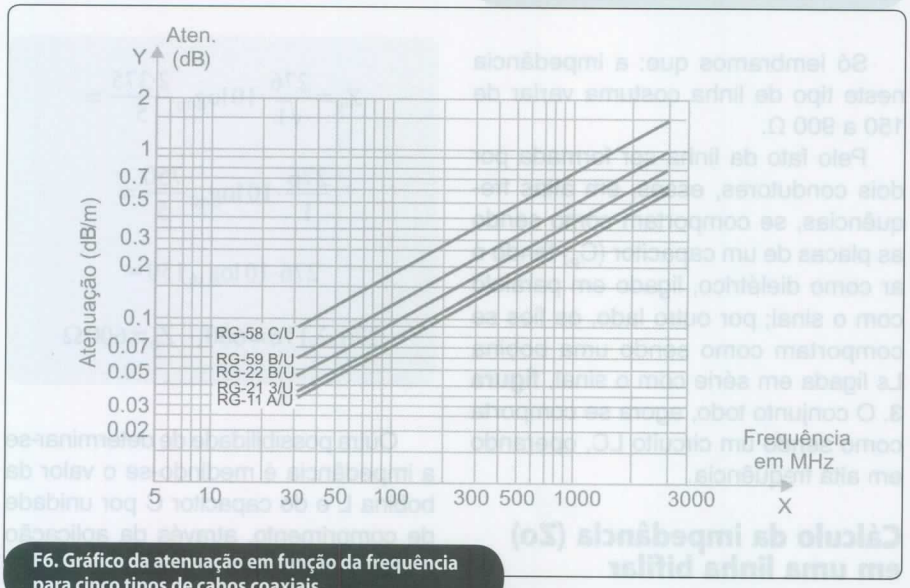
Aplicando-se a fórmula (2) a seguir, temos:



F4. Linha de transmissão coaxial, vendo-se o condutor central e a blindagem externa.



F5. Corte transversal de um cabo coaxial.



F6. Gráfico da atenuação em função da frequência para cinco tipos de cabos coaxiais.

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} (2) \rightarrow \sqrt{\frac{12 \times 10^{-6} H}{2{,}13 \times 10^{-9} F}} \rightarrow$$

$$\sqrt{5{,}633 \times 10^{-6} \cdot 10^{+9}} \rightarrow \sqrt{5{,}633 \times 10^{+3}} \rightarrow$$

$$\sqrt{5633} = 75 \therefore Z_0 = 75\,\Omega$$

Devemos observar que em uma LT, a indutância L e a capacitância C aumentam na mesma proporção do seu comprimento, com isso, a relação L/C, vista na fórmula (2) se mantém constante, qualquer que seja seu comprimento. Em função disso, a impedância será a mesma em qualquer ponto da linha em que ela for medida: a 5, 20 ou 100 m, ou seja, ela independe do comprimento da linha.

Características das Linhas Coaxiais

Como dissemos no início, a linha de transmissão do tipo coaxial é mais usada nas altas frequências, acima de 30 MHz, ou seja, nas faixas de VHF e UHF. Esse tipo de linha é formada por dois condutores, sendo um interno com a função do primeiro condutor, também conhecido por condutor "vivo", e por um externo fazendo a função do segundo condutor. Esse segundo condutor é formado por uma malha trançada que envolve o condutor interno, blindando-o, evitando com isso que os sinais que trafegam pelo condutor interno, sejam irradiados externamente, vide **figuras 4** e **5**.

Na parte externa do cabo, envolvendo os dois condutores, temos uma capa de PVC ou borracha, que, além de proteger o cabo contra as intempéries, proporciona uma melhor rigidez contra esforços mecânicos aplicados sobre ele. Na linha coaxial, normalmente a malha que serve de blindagem é ligada ao terra geral do equipamento, com isso, temos uma linha do tipo desbalanceada ou assimétrica. Na figura 5 temos um corte transversal de um cabo coaxial, onde aparecem em detalhes todos os elementos que o formam.

Tipos de Perdas em uma Linha Coaxial

Uma linha de transmissão ideal, do tipo coaxial, a exemplo das linhas bifilares vistas anteriormente, também pode ser representada por um circuito equivalente formado por componentes passivos como: indutância, capacitância e resistência, visto em detalhes na figura 3.

A indutância Ls representa a indutância- série que os dois condutores oferecem à passagem do sinal de alta frequência. O capacitor paralelo Cp, representa a capacitância que aparece entre os dois condutores, tendo agora o polietileno com dielétrico e os dois condutores como sendo as placas do capacitor.

A resistência- série Rs representa a dissipação por efeito Joule, que o sinal sofre ao propagar-se pelos condutores. E finalmente, a resistência paralela Rp representa a fuga que o sinal sofre no dielétrico, que há entre os dois condutores, no caso o polietileno. Como podemos ver, as perdas na linha ocorrem por diversas razões, entre elas temos:

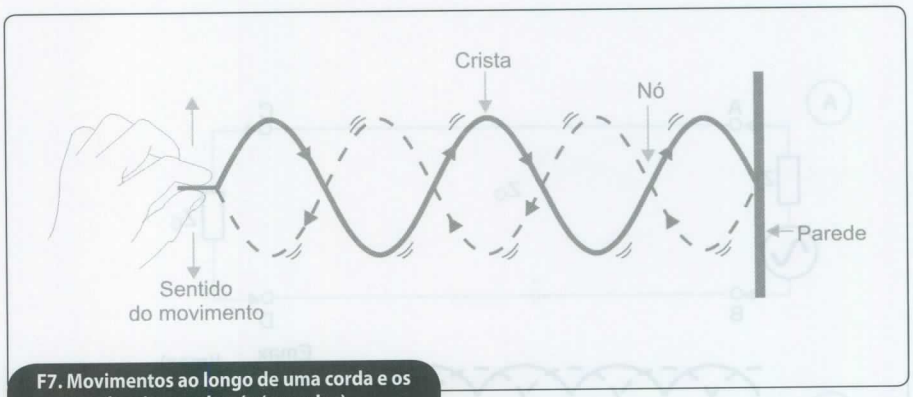
- Fuga que ocorre no dielétrico posicionado entre os dois condutores.
- Irradiação externa que ocorre ao longo da linha, apesar da blindagem externa.
- Dissipação e/ou atenuação que o sinal sofre no dielétrico.
- Perdas por efeito pelicular: nas altas frequências, o sinais não se propagam pelo interior ou núcleo dos condutores, mas, sim, pela sua superfície(Película); isso equivale a diminuir o seu diâmetro, fazendo aumentar as perdas através do mesmo.

Gráfico da atenuação

Na **figura 6** temos o gráfico da atenuação em função da frequência: no eixo vertical ou Y, temos a atenuação do cabo em dB e no eixo horizontal ou X, a frequência de operação, variando de 5 a 3000 MHz (3 GHz). A atenuação é valida para os cabos coaxiais, os mais usados em telecomunicação, principalmente na faixa de VHF. A atenuação é expressa em dB por metro (dB/m).

Na **tabela 1** temos uma série de dados, de maneira mais completa, válida para diversos tipos de cabos, como: atenuação, impedância, Zo, capacitância, indutância e outros.

O comprimento total do cabo, em cada estação, irá depender da altura da antena na torre, como pode ser visto na figura 1. De uma maneira geral, a altura das antenas em um rádio-enlace é em média de 40 m de altura. Se usarmos, por exemplo, o cabo coaxial do tipo RG59B/U, onde ele apresenta uma atenuação de 0,25 dB/m em 300 MHz, neste caso teremos uma atenuação total no cabo de: 0,25 x 40 = 10 dB, isto acontece em cada lado do rádio-enlace.



F7. Movimentos ao longo de uma corda e os pontos de cristas e de nós (ou nulos).

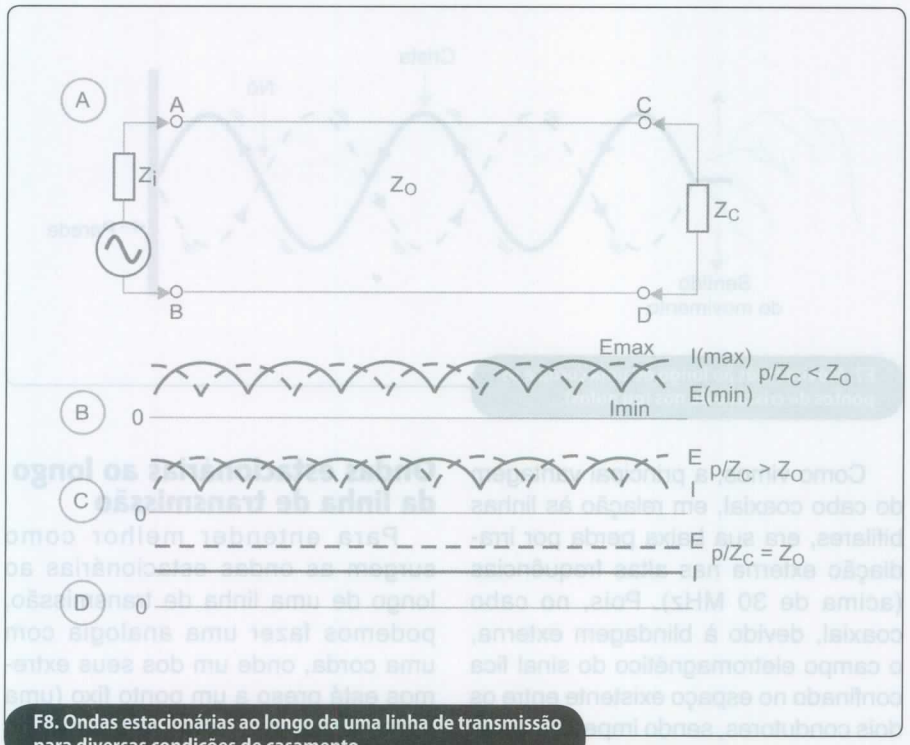
Como vimos, a principal vantagem do cabo coaxial, em relação às linhas bifilares, era sua baixa perda por irradiação externa nas altas frequências (acima de 30 MHz). Pois, no cabo coaxial, devido à blindagem externa, o campo eletromagnético do sinal fica confinado no espaço existente entre os dois condutores, sendo impedida a sua irradiação externa. Com isso, ao contrário das linhas bifilares, podemos passar diversos cabos um ao lado do outro, cada um transmitindo uma mensagem diferente, sem que haja interferência entre as mensagens transmitidas.

Ondas estacionárias ao longo da linha de transmissão

Para entender melhor como surgem as ondas estacionárias ao longo de uma linha de transmissão, podemos fazer uma analogia com uma corda, onde um dos seus extremos está preso a um ponto fixo (uma parede, por exemplo) enquanto no outro extremo é aplicado um movimento ondulatório no sentido vertical, como se vê na **figura 7**. Esse movimento percorre a corda em toda sua extensão indo de um extremo a outro. Quando o movimento (ou onda) atinge

Item	Tipos de cabos	RG58C/U	RG218U	RG218U	RG221U	RG59A/U	RG11A/U	RG21A/U	RG12A/U	RG62/U	RG2B/U
1	Impedância Característica Zo Ω	50	50	50	50	75	75	75	75	93	95
2	Capacitância pF/m	93,5	96,8	96,8	96,8	68,9	67,2	67,2	67,2	48	52,5
3	Atenuação máx. em 400 MHz dB/100 m	46	18,1	8,2	7,5	29,5	17,0	17,0	17,0	20,5	22,4
4	Potência máx. de entrada em KW/400 MHz	0,105	0,45	1,4	2,6	0,185	0,34	0,34	0,34	0,18	0,19
5	Dielétrico	Polietil sólido	Polietil sólido	Polietil sólido	Polietil sólido	Polietil sólido	Polietil sólido	Polietil sólido	Polietil sólido	ar	ar
6	Diâmetro do condutor ext. mm	4,95	10,3	22,10	28,45	6,15	10,3	10,80	10,29	6,1	10,7
7	Diâmetro do condutor int. mm	2,94	7,24	17,27	23,11	3,71	7,24	7,24	7,24	3,7	7,24

T1. Dados válidos para os cabos coaxiais de uso mais comum.



F8. Ondas estacionárias ao longo da uma linha de transmissão para diversas condições de casamento.

o extremo que está fixo, ele se reflete de volta, retornando para o extremo onde foi aplicado. A onda que caminha da entrada da linha até o ponto que está fixo é conhecida por onda incidente. Por sua vez, a onda que volta do ponto fixo para o outro extremo da linha, é conhecida por onda refletida. Se fizermos a corda vibrar uniforme e continuamente, irá aparecer um número infinito de ondas incidentes e refletidas ao longo da linha. Nos pontos onde as ondas estão em fase, há soma, apresentando amplitudes máximas, conhecidas por cristas.

Ao contrário, nos pontos onde há defasagem, as ondas se anulam. Esses pontos são conhecidos por pontos de nulos ou nós. Como vimos, uma das aplicações da linha de transmissão era transferir energia da saída do TX para a entrada da antena transmissora, vide figura 1.

Para efeito de estudo da linha de transmissão, o TX foi substituído por uma gerador de RF com impedância interna Zi, aplicado a entrada da linha - vide **figura 8.** A antena do TX, por sua vez, foi substituída por uma carga resistiva Zc com valor igual à impedância da antena. A impedância Zo, representa a impedância característica da linha.

Haverá a máxima transferência de energia na entrada da linha, ou seja, do gerador para a linha, quando houver perfeito casamento entre a impedância interna do gerador (Zi) com a impedância da linha Zo, isto é, quando Zi for igual a Zo (Zi = Zo). Nesta condição, toda a energia fornecida pelo gerador (TX) será transferida para a linha, propagando-se através dela até ser absorvida pela carga. Por sua vez, haverá a máxima transferência de energia na saída da linha, ou seja, da linha para a carga (antena) quando a impedância da carga (Zc) for igual a impedância da linha Zo (Zo = Zc).

Na condição em que há perfeito casamento entre três impedâncias envolvidas, ou seja, Zi = Zo e Zo = Zc, toda a energia fornecida pelo gerador, aplicada à entrada da linha, será totalmente entregue e absorvida pela carga que substitui a antena TX. Por exemplo, se o gerador fornecer uma potência de 100 W à carga, esta irá dissipar toda essa potência, transformando-a em outro tipo de energia, tal como energia radiante.

Linhas descasadas e a potência refletida

Em todo o estudo visto até aqui sobre as linhas de transmissão, partimos da princípio que as impedâncias envolvidas eram iguais, neste caso, tínhamos uma linha casada.

Com isso toda a potência fornecida pelo gerador era absorvida pela carga, sendo ela transformada em outro tipo de energia, não havendo portanto potência refletida. No caso das linhas descasadas, onde as impedâncias não são iguais, o mesmo não acontece, só parte da energia é absorvida e parte dela é refletida de volta. Quanto maior for a diferença numérica entre as impedâncias, principalmente na saída, maior será a energia refletida de volta.

A potência que o gerador manda para a carga é conhecida por potência direta ou incidente (Pi) e a potência que volta da carga para o gerador é conhecida por potência refletida (Pr). As potências Pi e Pr são distribuídas aleatoriamente no tempo e, nos pontos em que elas estão em fase, há a soma de potência, atingindo seu valor máximo; ao contrário, nos pontos em que elas estão defasadas, há subtração, atingindo nestes pontos, valores mínimos ou nulos. A potência refletida ao atingir o gerador é somada à potência que o gerador está mandando, neste momento, para a carga. Novamente, a soma das duas potências (a que o gerador está mandando para a carga, mais a que voltou da carga) é mandada de volta para a carga e, mais uma vez, parte dela é mandada de volta; esse ciclo se repete infinitivamente.

Esse movimento de vaivém de energia, do gerador para a carga e da carga para o gerador, irá provocar o surgimento ao longo da linha, de picos de máxima e mínima potência, resultantes da soma e da subtração entre Pi e Pr. São esses picos que irão gerar as ondas estacionárias ao longo da linha. Esses picos, com altos níveis de energia, podem atingir valores muito elevados, bem superiores à potência nominal fornecida pelo gerador TX a ponto de não só romper a isolação da linha, como também danificar o circuito presente na saída do TX.

Definição da perda de retorno por descasamento

Como vimos, anteriormente, quando a linha está perfeitamente casada, isto é, sendo as impedâncias de entrada e as de saída exatamente iguais, Zi = Zo e Zo = Zc, não há potência refletida ao longo da linha. Em qualquer ponto da linha que for analisado, vamos observar que a tensão e a corrente estão sempre em fase, não havendo diferença de fase nem de amplitude entre elas, como se vê na **figura 8-D**. Nesta condição, a linha comporta-se como sendo uma resistência pura sem a parte imaginária (indutância e/ou capacitância).

No caso das impedâncias serem diferentes, por exemplo, a impedância da carga ser maior que a impedância da linha (Zc > Zo), há descasamento na saída. Nesta condição a corrente na carga diminui e a tensão aumenta, vide **figura 8-C**. Caso contrário, quando a impedância da carga é menor que a impedância da linha (Zc < Zo), agora a corrente na carga aumenta enquanto a tensão diminui, vide **figura 8-B.**

Nos dois últimos casos vistos acima, houve descasamento de impedância na saída, surgindo do longo da mesma uma potência refletida, provocando o surgimento de ondas estacionárias. A potência fornecida pelo gerador não será totalmente dissipada na carga. Neste caso, há perda de potência, causada pelas diferenças entre as impedâncias na saída, vide **figura 9**. Essa perda de potência é conhecida por perda de retorno (*return loss*) que será tanto maior, quanto maior for a diferença numérica entre as impedâncias.

A perda de retorno pode ser explicada da seguinte maneira: se o TX manda para a antena uma potência de 10 W, mas, por problema de descasamento só foram transferidos para a antena 8 W, os outros 2 W retornam para o TX. Neste caso, o TX mandou 10 W mas apenas 8 W foram aproveitados, o restante (2 W) retornou para o TX, ou seja, foram perdidos, daí a expressão "perda de retorno". É comum expressar a perda de retorno em dB, que pode ser calculada de duas maneiras diferentes.

Primeiro caso: em relação às impedâncias

Neste caso, a perda de retorno é calculada em relação às diferenças entre as impedâncias, usando-se para isso a fórmula vista abaixo:

$$PR\,(dB) = 20\log_{10}\frac{Zo+Zc}{Zo-Zc}$$

Por exemplo, se em linha foram medidos os seguintes valores:

$$Zo = 75\,\Omega$$
$$Zc = 73\,\Omega$$
$$PR = ?$$

Aplicando-se a fórmula vista acima, temos:

$$PR = 20\log_{10}\frac{75+73}{75-73} \rightarrow 20\log_{10}\frac{148}{2}$$

$$20\log_{10}74 \rightarrow 20.1{,}86 \rightarrow 36{,}6 \therefore PR = 36{,}6\,dB$$

Como podemos observar através da equação, quanto maior a relação em dB, mais próximos estarão os valores das impedâncias. Também podemos afirmar o contrário: quanto maior for a relação em dB, mais próximos estarão os valores numéricos das impedâncias.

Segundo caso: Perda de retorno em relação as potências

A perda de retorno também pode ser calculada em relação às potências incidentes (Pi) e potências refletidas (Pr), como se vê na equação abaixo.

$$PR = 10\log_{10}\frac{Pi}{Pr}$$

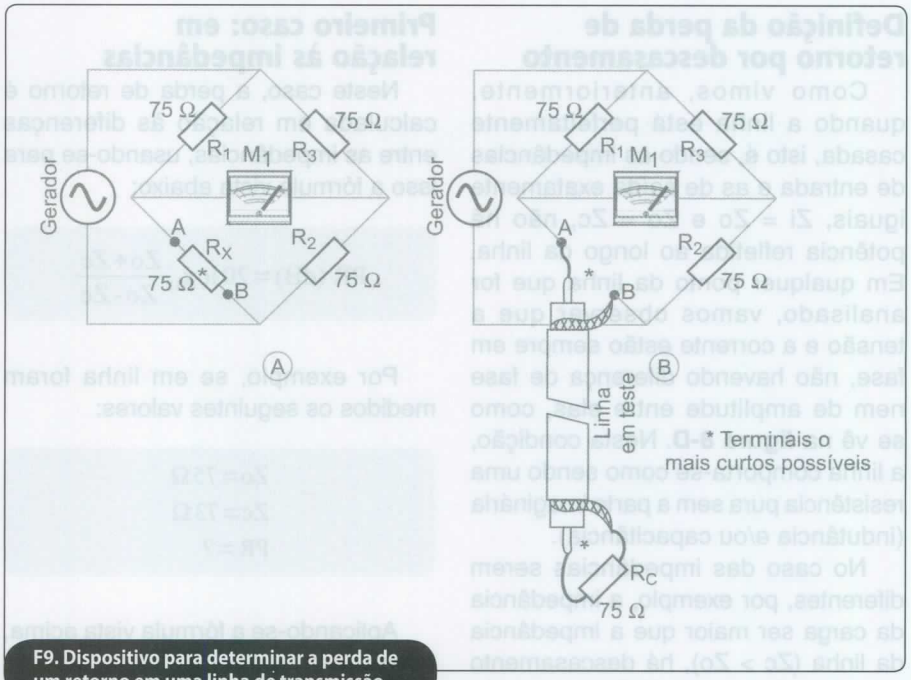
Por exemplo, se em uma linha foi medida uma potência incidente de 10 W (Pi = 10 W) e uma potência refletida de 0,2 W (Pr = 0,2 W), neste caso temos uma perda de retorno em dB, de:



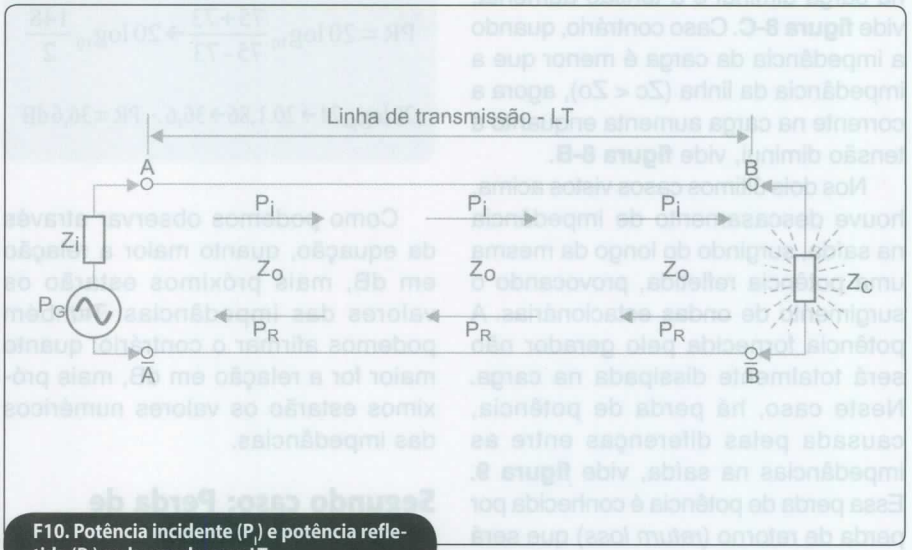
$$PR = 10\log_{10}\frac{10\,w}{0{,}2\,w} \rightarrow 10\log_{10}50 \rightarrow$$

$$10 \cdot 1{,}69 \rightarrow 16{,}98 \therefore PR = 16{,}98\,dB$$

A potência incidente que o gerador manda para a carga é constante. Maior ou menor perda de retorno só irá depender do valor da potência refletida. Quanto menor for a potência refletida, melhor será o casamento entre as impedâncias e maior será a relação expressa em dB. No caso de linha de transmissão terminada tanto em aberto como em curto, temos o caso de descasamento extremo, em ambas situações a potência refletida será total, ou seja, toda a potência incidente será refletida de volta (Pr = Pi) e a relação neste caso será de 0 dB.



F9. Dispositivo para determinar a perda de um retorno em uma linha de transmissão.



F10. Potência incidente (P_i) e potência refletida (P_r) ao longo de uma LT.

Medida da perda de retorno

Uma maneira simples e fácil de determinar-se a perda de retorno em uma linha de transmissão operando em alta frequência (um cabo coaxial, por exemplo) é através de uma ponte do tipo RLC, vista na **figura 10 A**.

A ponte em questão é formada por quatro resistores, todos de mesmo valor, por um gerador de RF operando em alta frequência (300 MHz), e por um medidor de nível M_1 (de preferência, usar medidor de nível seletivo). No caso dos resistores serem exatamente iguais, ou os produtos deles serem iguais ($R_1 \times R_2 = R_3 \times Rx$), a ponte está perfeitamente equilibrada, com isso, o nível fornecido pelo gerador não irá aparecer sobre o medidor M_1, se aparecer será muito atenuado.

Para determinar-se a perda de retorno, devemos proceder da seguinte maneira:

1. Desconectar o resistor Rx dos terminais A e B, deixando-os em aberto, provocando o desequilíbrio total da ponte. Vide **figura 10 B**.
2. Ajustar o nível do gerador para obter-se um ponto de leitura sobre a escala do medidor M_1, tomar esse nível como 0 dB de referência.
3. Reconectar o resistor Rx aos terminais A e B e observar que o ponteiro dá um mergulho, caindo uns 80 dB ou mais, em relação o nível ajustado no item 2. Isso demonstra que a ponte está perfeitamente equilibrada.
4. Carregar um extremo da linha em teste com um resistor, não indutivo, de preferência de carbono ou de filme metálico, com valor igual ao da impedância característica da linha (Zo).
5. Conectar o outro terminal da linha em teste aos terminais A e B da ponte (com os terminais o mais curtos possíveis).
6. Observe que o ponteiro do medidor dá agora um mergulho, caindo uns 40 dB ou mais, em relação ao nível ajustado no 2º item. Esse é o valor da perda de retorno medido na linha.

Só lembramos que o valor da perda de retorno medido corresponde à perda de retorno total, ou seja, tanto a que ocorre na entrada como na saída.

Sistemas Trifásicos

Filipe Pereira

Vantagens

A maior parte dos aparelhos eletrodomésticos e industriais de pequena potência são alimentados com tensão monofásica; pelo contrário os aparelhos de maior potência são alimentados com tensão trifásica, porque este sistema oferece as seguintes vantagens:

- Ao nível da produção um alternador trifásico é muito menos volumoso, com melhor funcionamento e mais econômico que um monofásico da mesma potência. Com efeito um gerador trifásico tem uma potência superior de aproximadamente 50%, relativamente à de um alternador monofásico do mesmo volume;
- Ao nível do transporte, se a secção dos cabos fosse feita em monofásico, seria duas vezes superior à secção dos cabos no transporte em trifásico;
- Ao nível da utilização uma linha trifásica oferece aos usuários duas tensões diferentes, tanto a monofásica como a trifásica. Para além disso, os motores assíncronos trifásicos são os mais utilizados na indústria.

Obtenção das tensões trifásicas

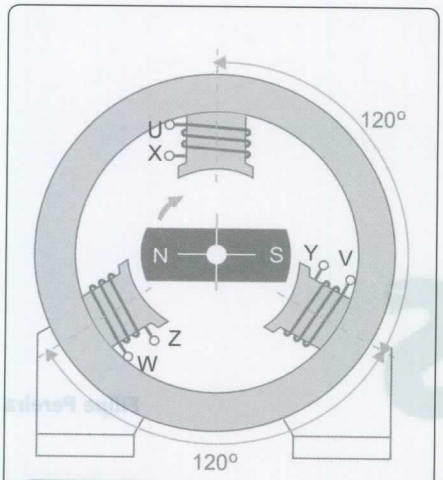
A **figura 1** representa um alternador trifásico, a sua construção é idêntica à do alternador monofásico, mas o estator tem três enrolamentos ou fases, todos com a mesma quantidade de espiras.

Os eixos destes enrolamentos fazem entre si ângulos de 120°, isto quer dizer que estão deslocados no estator de um terço de circunferência interior.

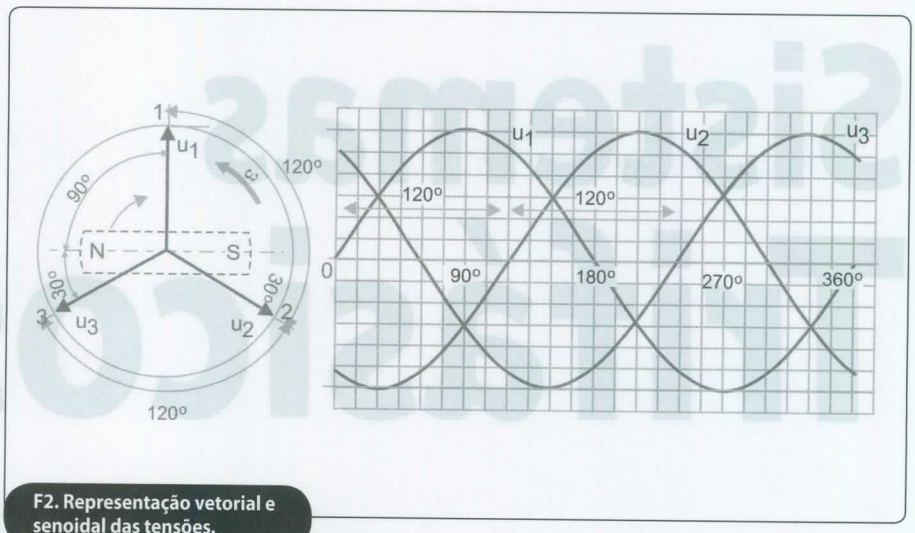
Como se sabe da indução eletromagnética, sempre que um condutor fica sujeito a um campo magnético variável, induz-se nele um f.e.m.; assim, ao rodar o ímã segundo um eixo perpendicular ao seu plano, constituindo o indutor ou rotor, haverá um campo magnético variável e nos condutores dos enrolamentos uma f.e.m. induzida. O ímã permanente rodando a uma velocidade constante, produzirá três f.e.m. desfasadas entre si de 120°. Com efeito quando se verifica a indução máxima num enrolamento, só passado algum tempo é que o enrolamento seguinte toma o mesmo valor, querendo isto dizer que em cada 120° rodados, temos uma f.e.m. no valor máximo.

Estas f.e.m. originam três tensões simultâneas nos terminais dos enrolamentos, que podem ser representadas num sistema de eixos cartesianos, marcando-se nas ordenadas os valores das tensões obtidas em cada par de terminais e nas abcissas os ângulos descritos pelo ímã ou o tempo gasto. Para a posição do ímã, **figura 2,** a tensão U_1 está passando pelo zero, U_2 está aumentando, atingindo o valor máximo negativo com mais de 30°, e U_3 está diminuindo, anulando-se quando o ímã rodar 60°.

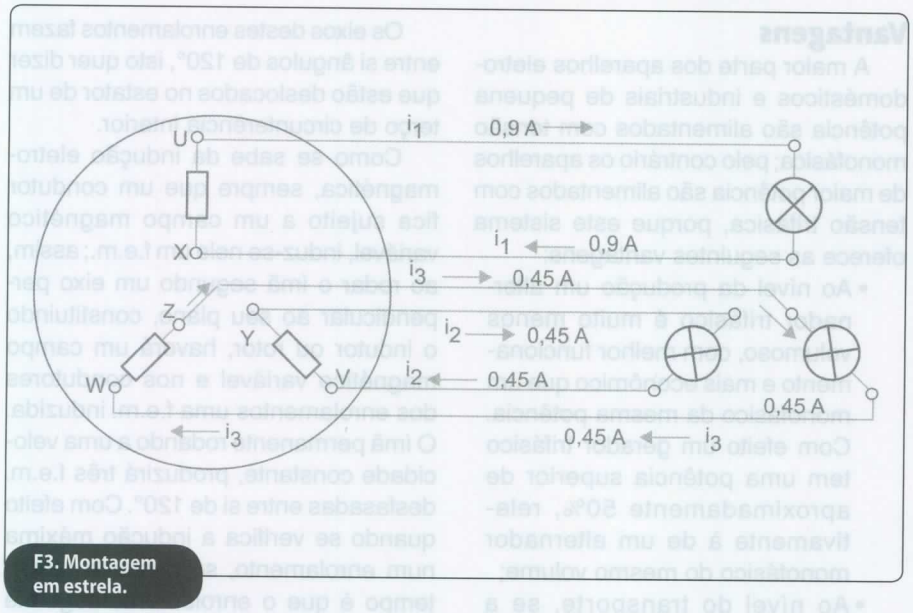
O mesmo sistema trifásico pode ser representado vetorialmente através de



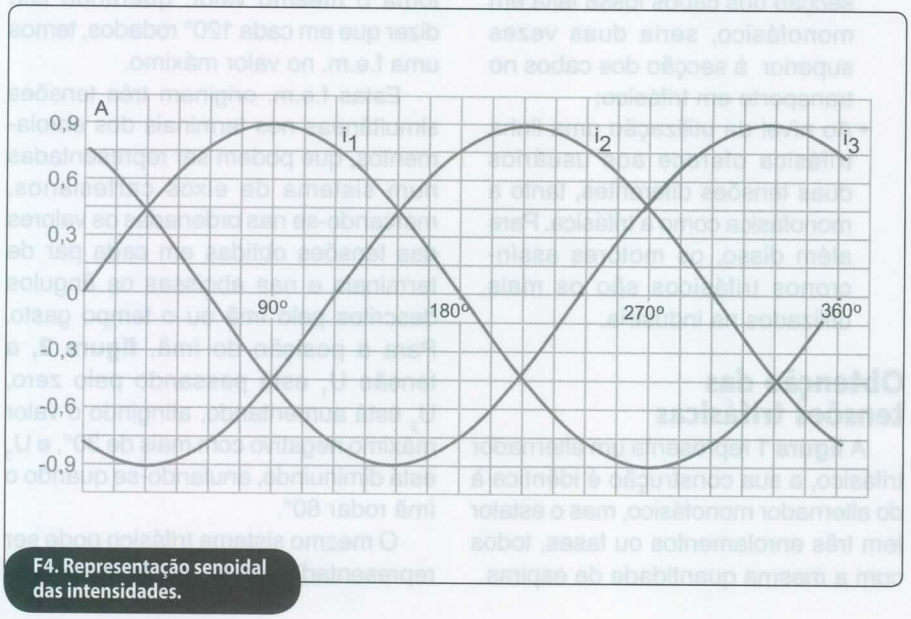
F1. Gerador trifásico.



F2. Representação vetorial e senoidal das tensões.



F3. Montagem em estrela.



F4. Representação senoidal das intensidades.

três vetores girantes que façam entre si um ângulo de 120°, a amplitude de cada vetor corresponde ao valor eficaz da grandeza considerada. A ordem de sucessão das fases 1-2-3, diz-nos que vai aparecer em primeiro lugar a fase U_1, em seguida U_2 e por último U_3.

Podemos considerar cada enrolamento como gerador de uma tensão monofásica e, como temos três enrolamentos, obtemos um sistema trifásico. Um sistema trifásico de tensões é constituído por três tensões monofásicas desfasadas entre si de 120°.

Ligações trifásicas de receptores

Certos receptores apresentam dois terminais de ligação (lâmpadas, aquecedores,etc.), sendo por isso denominados receptores ou cargas monofásicas. O agrupamento de três receptores monofásicos ligados por um sistema de tensões trifásicos, constitui um receptor trifásico. A ligação dos três receptores monofásicos para dar um trifásico pode ser feita de duas formas diferentes:

- Ligação em estrela;
- Ligação em triângulo.

Ligação em estrela

Consideremos três lâmpadas iguais ligadas aos enrolamentos do gerador, por condutores de cobre iguais, designando os terminais de cada um dos enrolamentos por UX,VY e WZ, como se indica na **figura 3.**

Devido às cargas nos três circuitos serem iguais, temos três intensidades de corrente com formas análogas à das tensões, isto é, com períodos iguais, valores máximos iguais e desfasadas de 120°, **figura 4**.

No instante correspondente aos 90°, a intensidade de corrente que atravessa o circuito 1, i_1, atinge o seu valor máximo positivo de 0,9 A, e os valores das intensidades de corrente nos circuitos 2 e 3 , i_2 e i_3, no instante considerado, são de -0,45 A.

Ao atingir os 120° a intensidade de corrente no circuito 2 é nula ($i_2 = 0$), e as intensidades de corrente nos circuitos 2 e 3(i_2 e i_3) são iguais mas de sentidos contrários, sendo a sua soma nula ($i_2 - i_3 = 0$).

Os três condutores ligados aos terminais X,Y,Z dos enrolamentos são percorridos em qualquer instante por valores de intensidade de corrente, cuja soma algébrica é nula, portanto se substituirmos esses três condutores por um único, nele não passará corrente (**figura 5**).

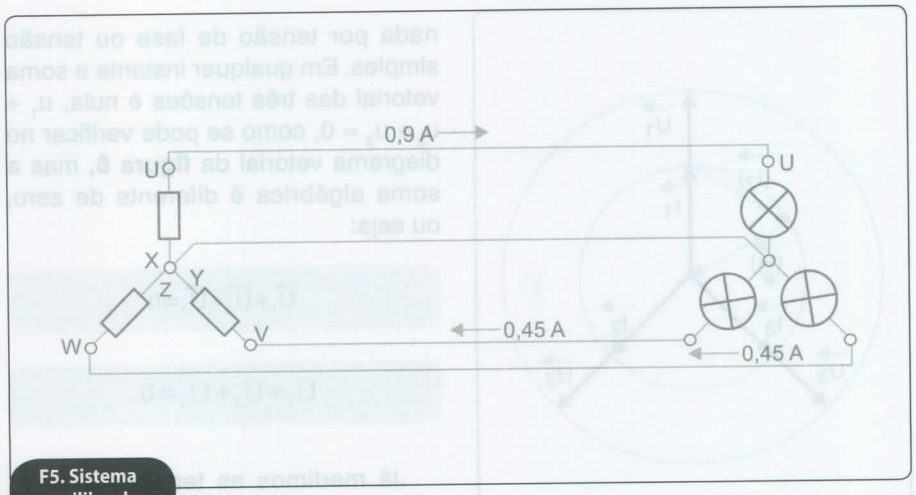
Passamos assim de seis condutores para quatro, podendo ainda ser reduzido para três, visto que, no condutor central não passa corrente. De fato, quando as cargas nas fases estão equilibradas, a soma algébrica das intensidades de corrente que passam nos condutores ligados a X,Y e Z é nula e, se isto não acontecer, então no condutor central passará uma intensidade de corrente. Este condutor é designado por condutor de neutro e, em geral, está ligado à terra nos postos de transformação ou na central. O ponto de reunião das três fases é denominado ponto neutro. Como os três receptores estão ligados a um ponto comum, designa-se esta ligação como ligação em estrela.

Relação entre tensões

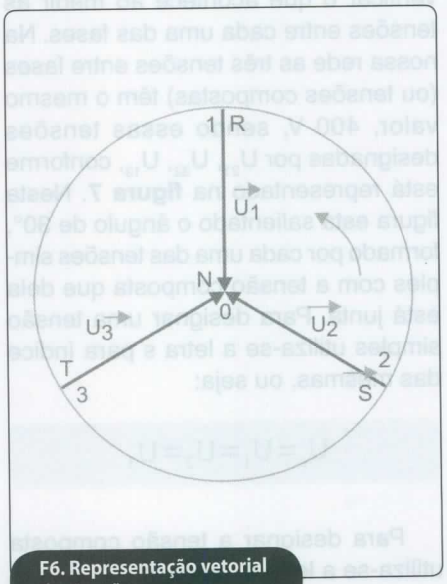
Medindo a tensão entre o neutro e qualquer dos condutores das fases, obtemos três valores iguais de 230 V.

$$U_1 = U_2 = U_3 = 230\ V$$

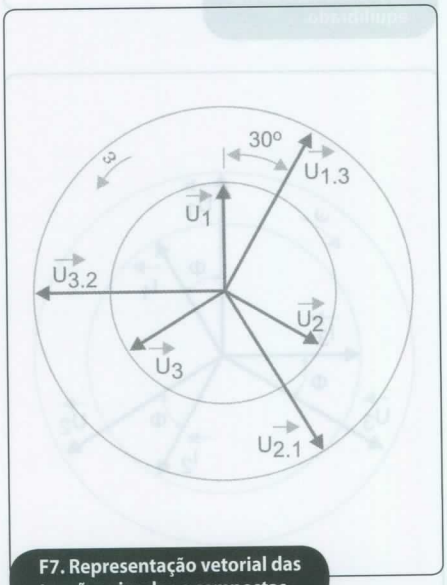
Esta tensão obtida entre qualquer condutor de fase e o neutro, é desig-



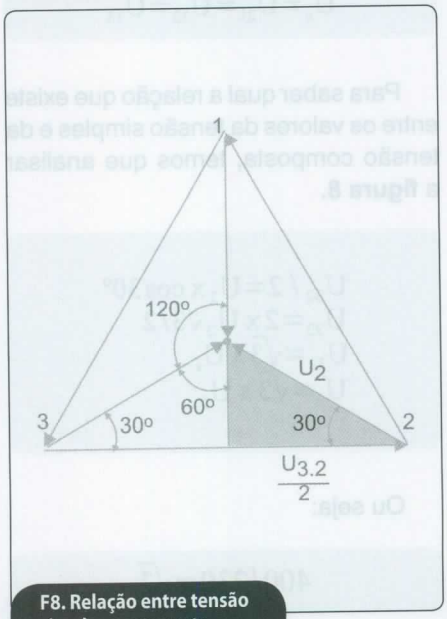
F5. Sistema equilibrado.



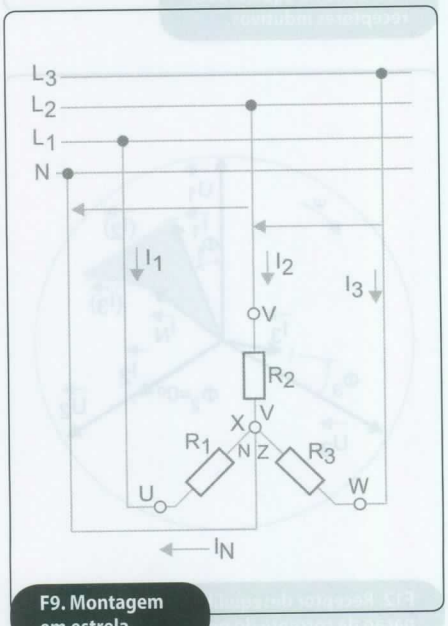
F6. Representação vetorial das tensões.



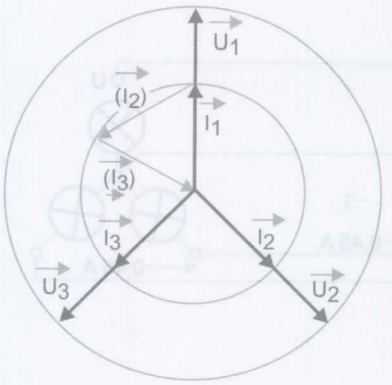
F7. Representação vetorial das tensões simples e compostas.



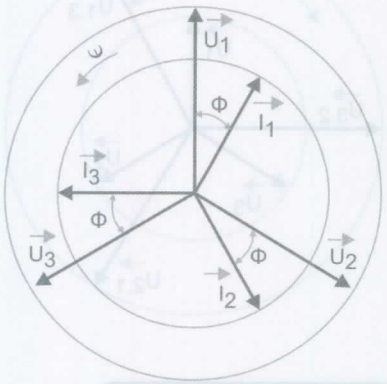
F8. Relação entre tensão simples e composta.



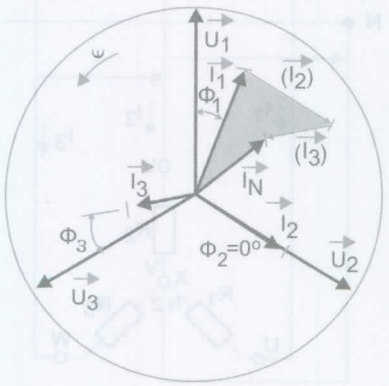
F9. Montagem em estrela.



F10. Sistema trifásico equilibrado.



F11. Sistema equilibrado, receptores indutivos.



F12. Receptor desequilibrado, determinação da corrente do neutro.

nada por tensão de fase ou tensão simples. Em qualquer instante a soma vetorial das três tensões é nula, $u_1 + u_2 + u_3 = 0$, como se pode verificar no diagrama vetorial da **figura 6,** mas a soma algébrica é diferente de zero, ou seja:

$$\vec{U_1}+\vec{U_2}+\vec{U_3}=0$$

$$U_1+U_2+U_3\neq 0$$

Já medimos as tensões entre o neutro e cada uma das fases, podemos verificar o que acontece ao medir as tensões entre cada uma das fases. Na nossa rede as três tensões entre fases (ou tensões compostas) têm o mesmo valor, 400 V, sendo essas tensões designadas por U_{21}, U_{32}, U_{13}, conforme está representado na **figura 7**. Nesta figura está salientado o ângulo de 30°, formado por cada uma das tensões simples com a tensão composta que dela está junta. Para designar uma tensão simples utiliza-se a letra s para índice das mesmas, ou seja:

$$U_s=U_1=U_2=U_3$$

Para designar a tensão composta utiliza-se a letra c, ou seja:

$$U_c=U_{21}=U_{32}=U_{13}$$

Para saber qual a relação que existe entre os valores da tensão simples e da tensão composta, temos que analisar a **figura 8.**

$$U_{32}/2=U_2 \times \cos 30^\circ$$
$$U_{32}=2 \times U_2\sqrt{3}/2$$
$$U_{32}=\sqrt{3} \times U_s$$
$$U_c=\sqrt{3} \times U_s$$

Ou seja:

$$400/230=\sqrt{3}$$

Relação entre correntes

Atente para a **figura 9**. Consideremos um receptor trifásico montado em estrela e ligado à rede (figura 9), neste tipo de montagem a tensão a que está submetido cada receptor é a tensão simples, 230 V, entre a fase e o neutro. Por outro lado, a intensidade de corrente em cada fase I_f é a mesma que percorre a linha que a alimenta. Então:

$$U_f=U_s \quad e \quad I_f=I$$

Se o sistema for equilibrado no neutro, não passa corrente porque tendo os receptores resistências, na representação vetorial, **figura 10,** as três estão em fase com as respectivas tensões e, somando-se os três vetores confirma-se que $I_N = 0$. Para que o sistema seja equilibrado as correntes têm que ter o mesmo valor eficaz e igual desfasamento em relação às tensões respectivas, neste caso o neutro pode ser suprimido.

Se em lugar das resistências tivermos três bobinas iguais, então o desfasamento não seria nulo, como podemos verificar na **figura 11,** mas continuaremos a ter a corrente no neutro nula.

$$i_N=i_1+i_2+i_3=0$$

$$\vec{I_N}=\vec{I_1}+\vec{I_2}+\vec{I_3}=0$$

Se as três fases não são idênticas, as correntes nas três fases constituem um sistema trifásico desequilibrado, a sua soma não é nula, o condutor neutro é percorrido por uma corrente diferente de zero e não pode ser suprimido. Se suprimirmos o neutro as tensões nos terminais dos receptores deixam de constituir um sistema equilibrado, as fases são então submetidas a tensões superiores ou inferiores a U_s. Em um sistema desequilibrado, com os receptores ligados em estrela o neutro é indispensável, a intensidade de corrente no neutro pode ser determinada vetorialmente.

$$I_1=U_1/Z_1$$
$$I_2=U_2/Z_2$$
$$I_3=U_3/Z_3$$

Na **figura 12** está representado as correntes de um sistema desequilibrado e, como se pode verificar, as correntes desequilibradas originam um corrente do neutro não nula.

Num sistema desequilibrado, quando falta o neutro verifica-se as seguintes situações:

- A carga que tiver menor impedância será percorrida por maior corrente e terá uma tensão aplicada mais elevada, portanto maior U_S;
- A carga que tiver maior impedância será percorrida por menor corrente e terá aplicada a menor das tensões, portanto menor U_S;
- Podemos ter duas tensões maiores que U_S ou, pelo contrário, uma tensão maior que U_S e duas menores.

Conclui-se que o neutro é indispensável quando as cargas são desequilibradas, para evitar os desequilíbrios de tensões nas cargas e reduzir os desequilíbrios das correntes.

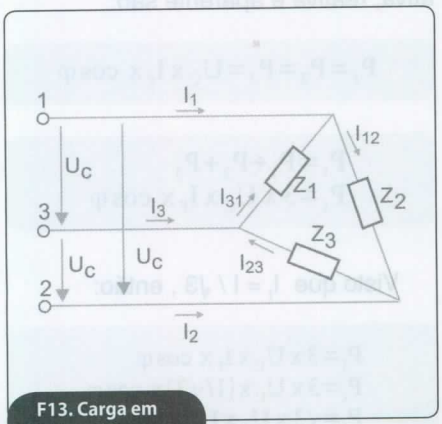
Ligação em triângulo

Na ligação em triângulo dos receptores, cada uma das três cargas é ligada entre duas fases diferentes, havendo sempre uma fase que é comum a duas cargas, conforme se pode verificar na **figura 13**.

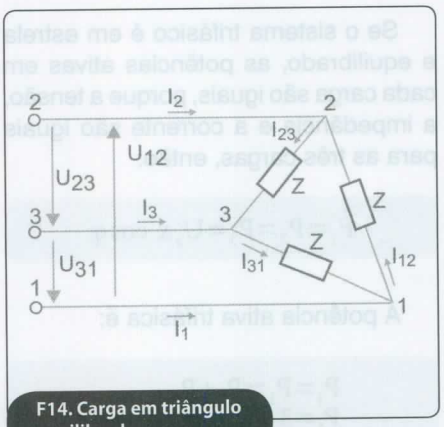
Deste modo cada carga fica submetida à tensão composta U_C da rede, não existindo condutor de neutro nem tensão simples. Neste tipo de ligação podemos ter cargas equilibradas ou desequilibradas.

Na ligação em triângulo equilibrado cada carga fica submetida a tensões compostas iguais, tendo cada uma a mesma impedância($Z_1 = Z_2 = Z_3$) e o mesmo fator de potência ($\cos \phi_1 = \cos \phi_2 = \cos \phi_3$).

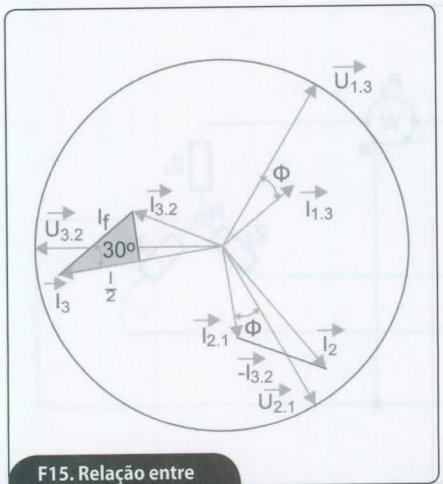
Na **figura 14** está representado três cargas ligadas em triângulo equilibrado, as tensões U_{12}, U_{23}, U_{31}, são as três tensões compostas iguais em valor eficaz, em representação vetorial, estas tensões estão desfasadas entre si 120°, visto que , constituem um sistema trifásico de tensões.



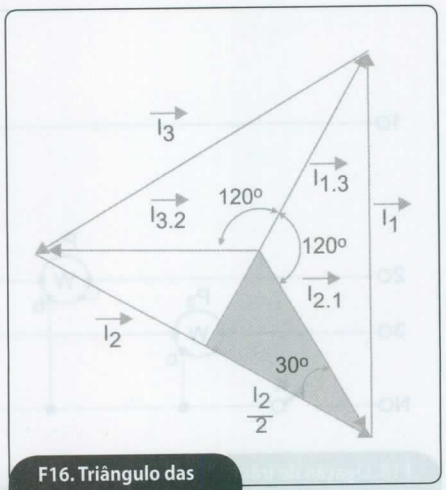
F13. Carga em triângulo.



F14. Carga em triângulo equilibrado.



F15. Relação entre correntes.



F16. Triângulo das correntes.

Conhecendo as tensões e as impedâncias, calculamos as correntes das cargas, I_{12},I_{23}, I_{31} , pela seguinte fórmula:

$$I_{12} = I_{23} = I_{31} = U_c / Z$$

Na **figura 15** está representado a relação entre as correntes nos receptores e, aplicando-se a lei de Kirchhoff temos:

$$\vec{I}_1 + \vec{I}_{21} = \vec{I}_{13}\,;\, \vec{I}_2 + \vec{I}_{32} = \vec{I}_{21}\,;\, \vec{I}_3 + \vec{I}_{13} = \vec{I}_{32}$$

Efetuando a soma vetorial obtemos um triângulo de correntes que está representado na figura, na qual as correntes estão desfasadas entre si de 120° e 30° das correntes das fases. Ao analisar a **figura 16** podemos tirar as seguintes equações, como a corrente I_{21} é a hipotenusa do triângulo retângulo e $I_2/2$ é o cateto, temos:

$$I_2/2 = I_{21} \times \cos 30^\circ$$
$$I_2 = 2 \times I_{21} \sqrt{3}/2$$
$$I_2 = \sqrt{3} \times I_{21}$$

De um modo geral podemos designar I à corrente na linha de alimentação dos receptores, assim no caso de sistemas equilibrados será $I = \sqrt{3}\, I_f$

Uma carga ligada em triângulo está desequilibrada quando as impedâncias (Z_1, Z_2, Z_3) não são iguais e quando os fatores de potência das cargas são diferentes. Visto que as tensões compostas são iguais, impostas pela rede, então as correntes nas cargas diferem entre si, acontecendo o mesmo nas correntes das linhas, que são a soma vetorial das correntes das cargas.

As correntes nas cargas são obtidas pelas seguintes equações:

$$I_{12} = U_C / Z_1$$
$$I_{23} = U_C / Z_2$$
$$I_{31} = U_C / Z_3$$

As correntes nas linhas são obtidas vetorialmente pelas seguintes equações:

$$\vec{I}_1=\vec{I}_{12}-\vec{I}_{31}\ ;\ \vec{I}_2$$
$$\vec{I}_1=\vec{I}_{23}-\vec{I}_{12}\ ;\ \vec{I}_3$$
$$\vec{I}_1=\vec{I}_{31}-\vec{I}_{23}$$

Podemos concluir que em triângulo desequilibrado não se verifica a relação entre correntes $I = \sqrt{3}\ I_f$ que só é valida para cargas equilibradas. As correntes nas linhas só podem ser obtidas vetorialmente.

O sistema trifásico relativamente ao monofásico, tem um conjunto de vantagens que o tornam o sistema utilizado na produção, transporte e distribuição de energia elétrica.

- Na produção de energia, o alternador trifásico produz mais de 50% de energia do que um monofásico, pois aproveita melhor o seu circuito ferromagnético.
- No transporte de energia o sistema trifásico tem menos perdas e necessita de menos material acessório, sendo portanto mais rentável.
- Na distribuição de energia permite a utilização de dois níveis de tensão distintos (tensão simples e tensão composta), permite a utilização pelo consumidor do motor trifásico assíncrono, que é um motor barato, robusto.

Potências trifásicas

As potências ativa e reativa de uma carga, são sempre obtidas pelo produto entre a tensão (U_Z) aplicada à carga, a corrente (I_Z) que a percorre e o cos ϕ ou sen ϕ.

$$P = U_Z \times I_Z \times \cos\varphi$$
$$Q = U_Z \times I_Z \times \operatorname{sen}\varphi$$

Visto que um sistema trifásico é constituído por três cargas, para obter as potências totais temos que somar as potências parciais respectivas, então:

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 =$$
$$P_t = U_1 I_1 \cos\varphi + U_2 I_2 \cos\varphi_2 + U_3 I_3 \cos\varphi_3$$

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3$$
$$Q_t = U_1 I_1 \operatorname{sen}\varphi_1 + U_2 I_2 \operatorname{sen}\varphi_2 + U_3 I_3 \operatorname{sen}\varphi_3$$

No caso das potências reativas, a soma é algébrica porque as bobinas têm potência reativa positiva e o capacitor tem potência reativa negativa. A potência aparente trifásica é dada por:

$$S = \sqrt{P_t^2 + Q_t^2}$$

Se o sistema trifásico é em estrela e equilibrado, as potências ativas em cada carga são iguais, porque a tensão, a impedância e a corrente são iguais para as três cargas, então:

$$P_1 = P_2 = P_3 = U_s \times \cos\varphi$$

A potência ativa trifásica é:

$$P_t = P_1 = P_2 + P_3$$
$$P_t = 3 \times U_S \times I \times \cos\varphi$$

Visto que $U_S = U_C / \sqrt{3}$, então:

$$P_t = 3 \times U_S \times I \times \cos\varphi$$
$$P_t = 3 \times (U_C / \sqrt{3}) \times I \times \cos\varphi$$
$$P_t = \sqrt{3} \times U_C \times I \times \cos\varphi$$

Em que I é a corrente da linha que é igual à corrente da fase na ligação em estrela.

De igual modo, a potência reativa é dada por:

$$Q_t = \sqrt{3} \times U_C \times I \times \operatorname{sen}\varphi$$

E a potência aparente é dada por:

$$S = \sqrt{P_t^2 + Q_t^2}$$
$$S = \sqrt{3} \times U_C \times I$$

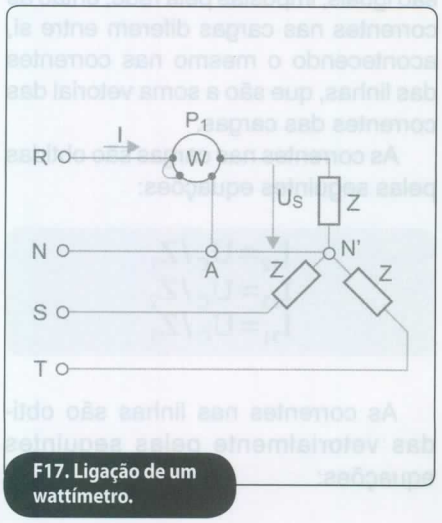
Se o sistema trifásico é em triângulo equilibrado, as equações das potências ativa, reativa e aparente são:

$$P_1 = P_2 = P_3 = U_C \times I_f \times \cos\varphi$$

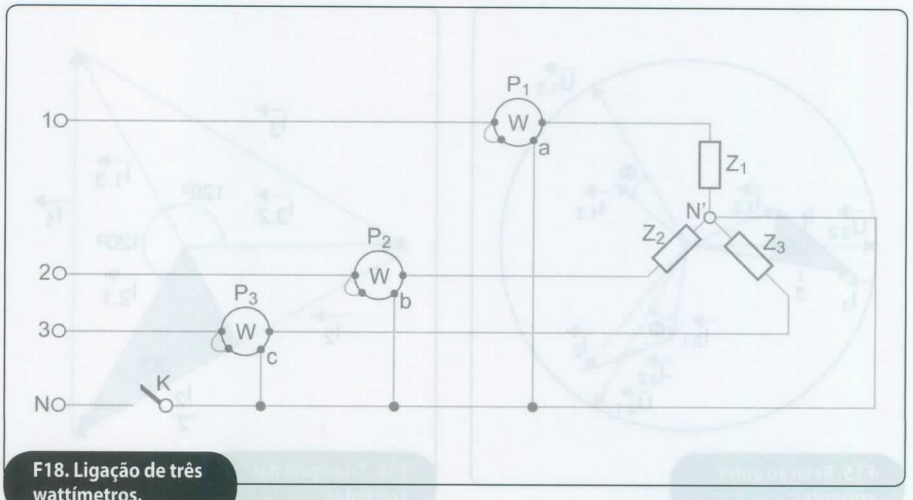
$$P_t = P_1 + P_2 + P_3$$
$$P_t = 3 \times U_C \times I_f \times \cos\varphi$$

Visto que $I_f = I / \sqrt{3}$, então:

$$P_t = 3 \times U_C \times I_f \times \cos\varphi$$
$$P_t = 3 \times U_C \times (I/\sqrt{3}) \times \cos\varphi$$
$$P_t = \sqrt{3} \times U_C \times I \times \cos\varphi$$



F17. Ligação de um wattímetro.



F18. Ligação de três wattímetros.

Em que I é a corrente da linha, que é diferente da corrente da fase na ligação em triângulo.

De igual modo, a potência reativa é dada por:

$$Q_t = \sqrt{3} \times U_C \times I \times \operatorname{sen} \varphi$$

E a potência aparente é dada por:

$$S = \sqrt{P_t^2 + Q_t^2}$$
$$S \sqrt{3} \times U_C \times I$$

Medida de potências trifásicas

A obtenção das potências trifásicas em laboratório pode ser feita utilizando métodos diferentes, para os sistemas equilibrados e desequilibrados e ainda em função do número de wattímetros utilizados.

Método de um só wattímetro

Este método é utilizado apenas em circuitos trifásicos equilibrados, medindo-se a potência numa das cargas, multiplicando-se o resultado por três. Na **figura17** está representado a ligação do wattímetro, para medir a potência numa carga num sistema trifásico equilibrado em estrela. A equação da potência total é a seguinte:

$$P_t = 3 . P_1$$

Método dos três wattímetros

Este método pode ser utilizado em sistemas equilibrados como em sistemas desequilibrados, utilizando três wattímetros.

Cada wattímetro mede a potência consumida por cada carga, sendo a potência total a soma das potências dos três wattímetros. Na **figura18** esta representada a ligação dos três wattímetros.

A equação da potência total é a seguinte:

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3$$

Método do wattímetro trifásico

Este wattímetro permite medir diretamente a potência trifásica, em sistemas equilibrados ou desequilibrados, tendo no seu interior todo o equipamento necessário para medir a potência em cada carga, ou seja, é constituído pelo equipamento elétrico de três wattímetros monofásicos.

Método dos dois wattímetros

Este método também designado de método de Aron, utiliza dois wattímetros para medir a potência trifásica. Na **figura19** está representada a ligação dos wattímetros.

Os wattímetros medem as correntes de duas fases, através das suas bobinas amperimétricas, as bobinas voltimétricas são submetidas a tensões compostas diferentes, sendo uma das fases comum. A fase comum é aquela em que a corrente não percorre a bobina amperimétrica de nenhum wattímetro.

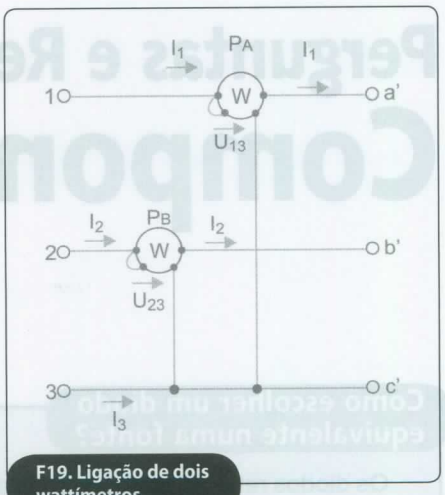
Este método é utilizado em sistemas equilibrados e desequilibrados, com as cargas em estrela ou em triângulo. Se a carga estiver ligada em estrela o condutor neutro deve estar desligado, porque de outro modo escoar-se-ia alguma energia pelo neutro em caso de cargas desequilibradas, que não seria medida por nenhum wattímetro. Não podemos utilizar este método se o neutro dor indispensável na instalação.

Como pode ser utilizado em cargas equilibradas ou desequilibradas sem neutro, as leituras dos dois wattímetros podem ser iguais ou diferentes entre si, sendo assim três tipos de situações podem acontecer:

- Os ponteiros dos dois wattímetros desviam-se no sentido da escala (para a direita), neste caso a potência trifásica é obtida pela soma das duas leituras, ou seja:

$$P_t = P_A + P_B$$

- Os dois ponteiros deslocam-se para fora das escalas (para a esquerda), neste caso devemos inverter as ligações das bobinas amperimétricas para que os ponteiros se desloquem para dentro das escalas, de modo a podermos medir as potências.



F19. Ligação de dois wattímetros.

A potência trifásica é dada pela equação anterior.

- Um dos ponteiros desloca-se para fora da escala, neste caso trocam-se as ligações da bobina amperimétrica respectiva, de modo a que o ponteiro se desloque para o interior da escala. A potência trifásica é dada por:

$$P_t = |P_A - P_B|$$

Não é importante qual dos wattímetros se desloca para fora da escala, porque a potência trifásica é sempre dada pela diferença entre a maior e a menor das potências, portanto positiva.

Compensação trifásica

A compensação do fator de potência em circuitos trifásicos é a de reduzir a potência reativa total da instalação, diminuindo o valor da corrente absorvida à rede.

A compensação trifásica é constituída por vários receptores trifásicos, consiste em ligar à rede três capacitores iguais, ligados em estrela ou em triângulo.

Geralmente é utilizada a ligação em triângulo dos capacitores, visto que, conduz a terem uma capacidade inferior à que seria necessário se eles fossem ligados em estrela. Os capacitores. em triângulo, ficam submetidos à tensão composta pelo que a sua tensão nominal é √3 vezes maior do que em estrela.

Perguntas e Respostas mais Frequentes sobre Componentes Eletrônicos

Newton C. Braga

Parte 3

Como escolher um diodo equivalente numa fonte?

Os diodos retificadores têm duas especificações principais que devem ser observadas, quando usados numa fonte de alimentação:

- Tensão inversa de pico ou PIV. Devemos escolher sempre um diodo que tenha uma tensão pelo menos 2 vezes maior que a tensão rms do transformador, ou da entrada alternada. Por exemplo, para uma fonte a partir da rede de 110 V, usamos um diodo com pelo menos 200 V de tensão inversa de pico. O 1N4004, por exemplo.
- A corrente máxima que ele pode conduzir no sentido direto. Esta corrente é dada em ampères e aqui temos de tomar cuidado com o tipo de fonte. Se a fonte usar um diodo em meia onda, por exemplo, o diodo é o único responsável por toda a corrente e deve ter suas especificações de acordo com esta corrente. No entanto, se a fonte for de onda completa (ponte ou dois diodos), cada diodo conduz em apenas metade dos semiciclos, e portanto na média pode suportar o dobro da corrente. Assim, para uma fonte deste tipo, podemos usar um diodo de 1 A mesmo que a saída seja de 2 A, como é o caso do 1N4004.

Podemos alimentar um circuito com uma fonte de maior corrente que a originalmente exigida?

A corrente exigida por uma carga quando submetida a uma determinada tensão, é dada apenas por suas características. Assim, se uma lâmpada de 6 V ou um circuito qualquer foi projetado para drenar uma corrente de 100 mA, quando ligado nesta tensão, tanto faz ligarmos esta lâmpada ou circuito numa fonte de 6 V x 500 mA ou 6 V x 10 A, que a corrente drenada será de 100 mA. Isso significa que ao projetar uma fonte para um circuito, devemos ter apenas o cuidado para que a corrente que ela seja capaz de fornecer seja maior do que a corrente que será exigida pelo circuito.

Podemos usar um transformador de maior corrente que a exigida originalmente numa fonte?

O transformador é um dos componentes que determina a corrente de saída de uma fonte. Se usarmos um transformador de maior corrente, devemos apenas cuidar para que os demais componentes sejam capazes de suportar a nova corrente, caso a fonte tenha uma corrente maior exigida pelo que deve alimentar.

Como entender o código de 5 anéis dos resistores de tolerância mais estreita?

Os três primeiros anéis dão os três primeiros dígitos da resistência. O quarto anel dá o fator de multiplicação ou número de zeros, e o quinto anel, a tolerância. Exemplo: marrom, preto, preto, laranja, marrom. O valor é 100, seguido de 3 zeros com tolerância de 1%, ou seja, 100 kΩ x 1%.

Posso usar um resistor de maior potência em lugar de um de menor potência?

Havendo lugar para a montagem do componente na placa de circuito impresso, nada impede o uso.

Posso usar um resistor de tolerância mais baixa em lugar de um de mais alta?

Neste caso nada impede que um resistor de mesmo valor que o original, mas com tolerância de 5% em lugar de 10%, seja usado numa aplicação.

Qual a diferença entre diodos de silício e de germânio?

Os diodos de germânio começam a conduzir com uma tensão mais baixa (0,2 V) que os de silício (0,6 V). Isso significa que os diodos de germânio são mais indicados na função de detecção de sinais de pequena intensidade, levando vantagem em relação aos diodos de silício.



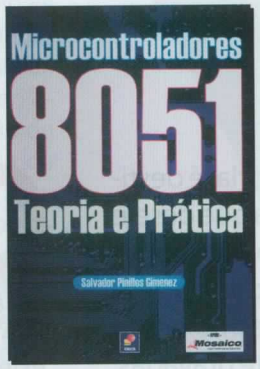
Sua loja de livros técnicos na internet

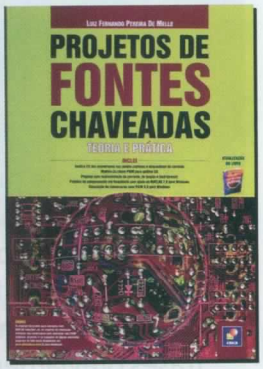
Promoções especiais e brindes

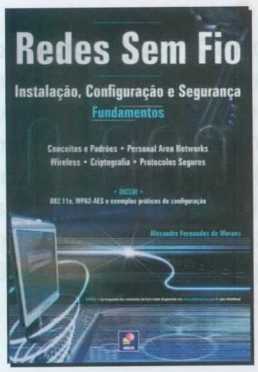


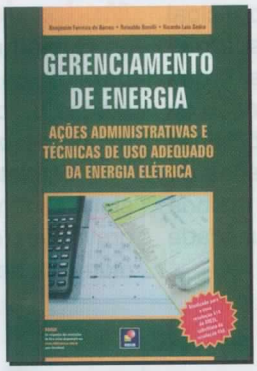


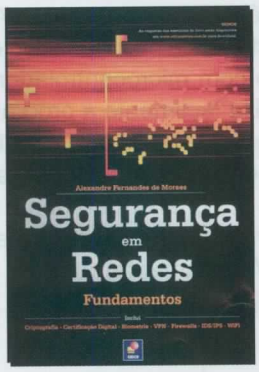


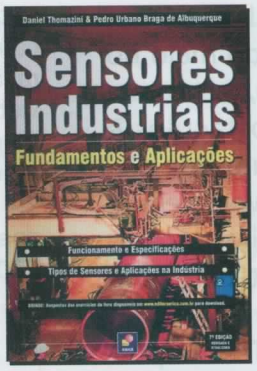


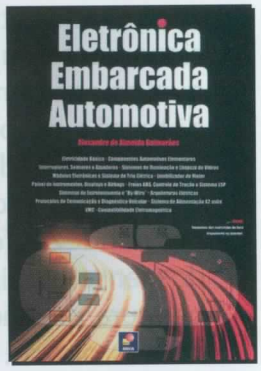


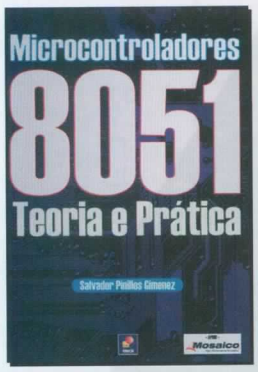


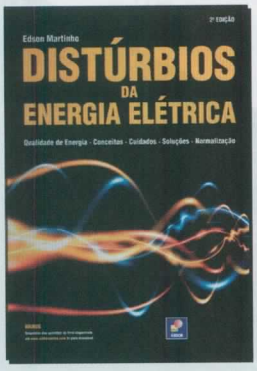


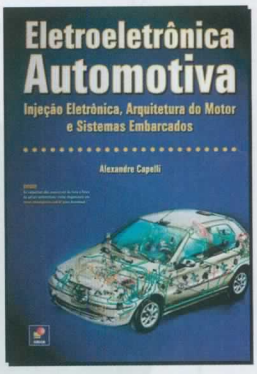


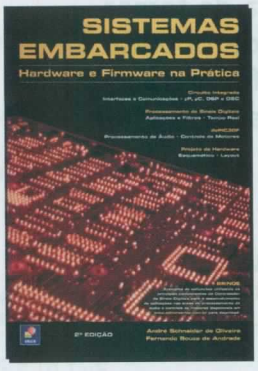










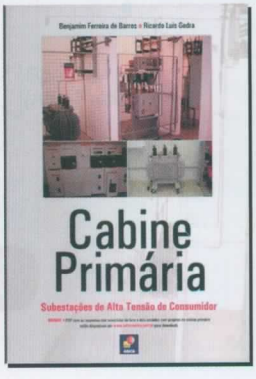














Módulo de Voz

ISD1932 aplicado à Robótica: Direct Mode

O presente tutorial é destinado ao projetista que deseje tornar o seu robô autônomo ainda mais sofisticado, fazendo com que o mesmo emita frases previamente gravadas, informando detalhes de funcionamento ou do meio no qual se encontra, tais como: detecção de obstáculos e objetos, varredura dos dispositivos de hardware, leitura de grandezas feitas através dos sensores (distância, temperatura, pressão etc.) dentre muitos outros. Temos portanto uma forma de tornar realística a unidade robótica, fazendo-a "falar" frases diversas, com interessante efeito sonoro.

Wagner Rambo
diretor da WR Kits

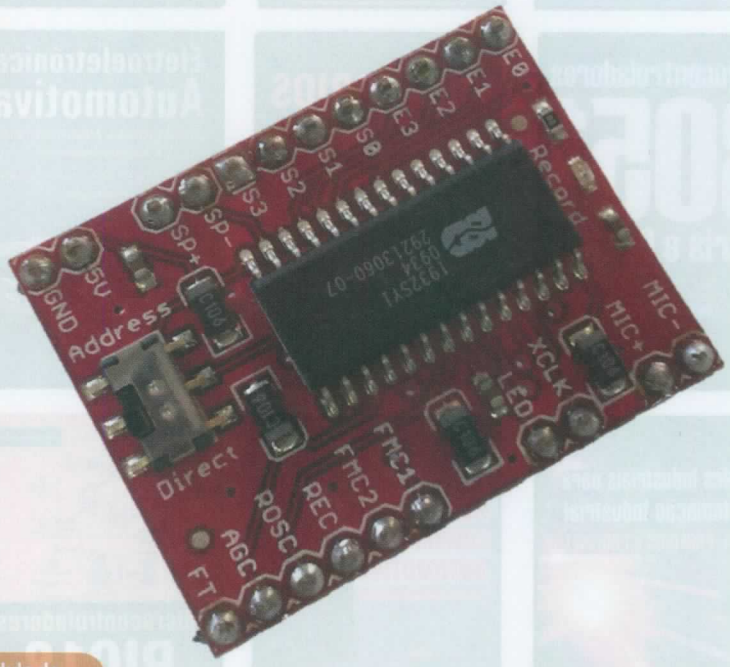
O módulo ISD1932 consiste em um *shield* contendo o circuito integrado dedicado à gravação e reprodução de até 8 mensagens independentes que podem, através de um resistor externo, serem gravadas na faixa de frequências de 4 a 12 kHz. A principal característica do dispositivo é sua interação com microcontroladores, o que viabiliza facilmente a programação de robôs autônomos que emitirão frases gravadas. Ele opera com tensões de 2,4 a 5,5V, faixa pertinente à maioria dos microcontroladores da atualidade (5,0 V tipicamente).

Microcontroladores do tipo Embedded, tais como Arduino, Basic Stamp, Paradoxus 9 e outros são totalmente compatíveis com este módulo de voz.

A **figura 1** apresenta a imagem do módulo ISD1932.

Modos de Operação

O módulo ISD1932 foi projetado para trabalhar em dois diferentes modos de operação: o Address Mode (modo de endereço) e o Direct Mode (modo direto). O Address Mode consiste essencialmente em efetuar as gravações através de endereços de memória de posição inicial e posição



F1. Módulo de Voz ISD1932.

final, utilizado mais comumente como gravador/reprodutor digital, que não é convencional para a aplicação em robôs programáveis, logo não entraremos nos pormenores sobre a operação do módulo neste modo. O Direct Mode, por sua vez, consiste em gravar e acessar as mensagens diretamente nos pinos Message (de 1 a 8) do shield.

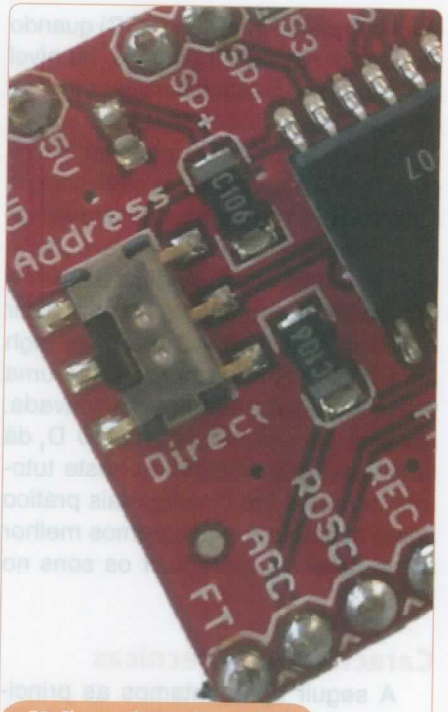
As mensagens deverão ser previamente gravadas no módulo e depois reproduzidas através do microcontrolador do robô, quando se desejar emitir determinadas palavras. Já adiantando, os pinos de mensagem (1 a 8) apresentam resistor de *pull-up* interno diretamente no circuito integrado do módulo, o que garante nível *high* nesses pinos. Logo, para que uma mensagem previamente gravada seja reproduzida pela unidade robótica, seu microcontrolador deverá mandar nível lógico *low* para o respectivo pino contendo a mensagem específica.

A própria placa do módulo de voz já contém a chave de seleção dos modos de operação. Na **figura 2**, esta chave pode ser vista mais detalhadamente, devendo a mesma ser comutada para posição "Direct".

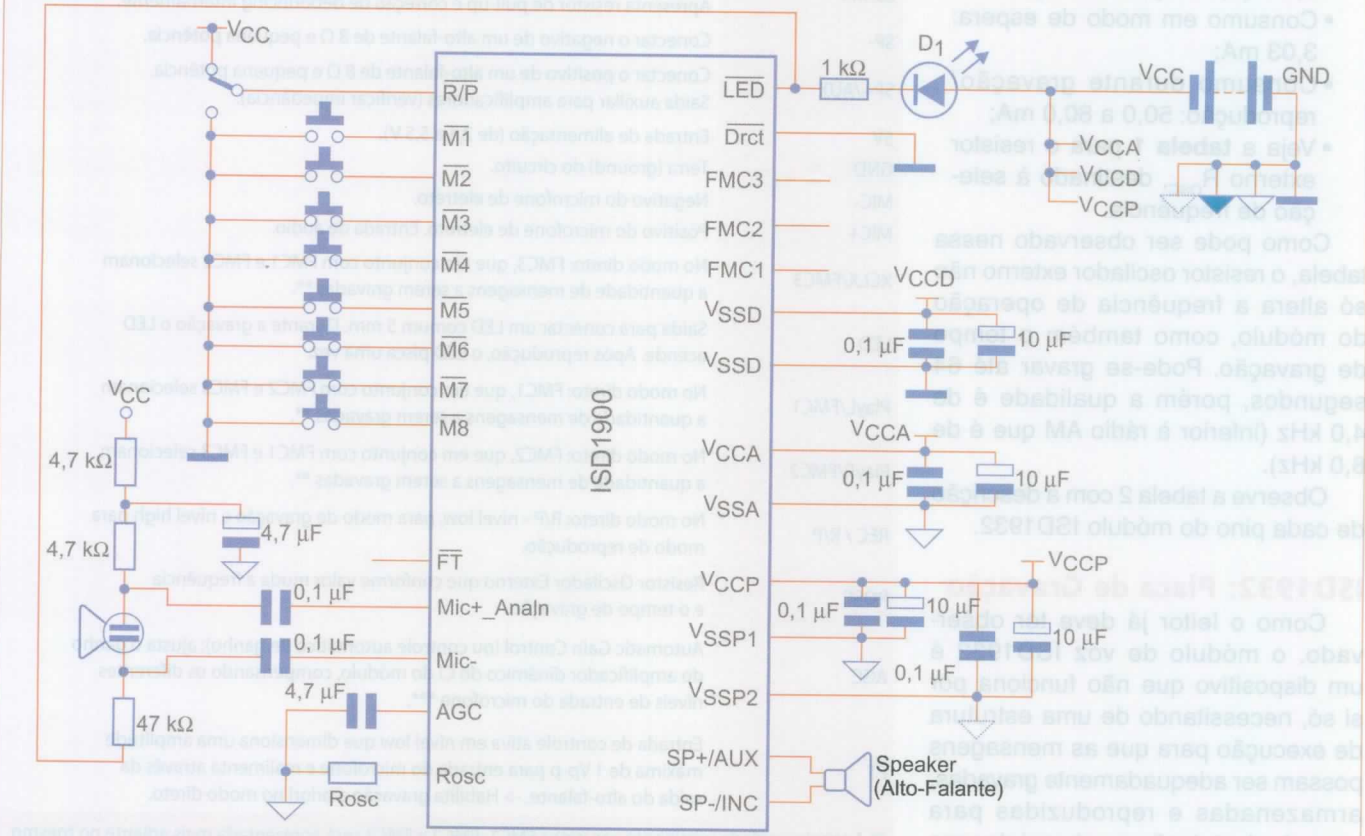
Na **figura 3** apresentamos o diagrama básico típico de utilização com o modo direto, obtido através do *datasheet* do circuito integrado do módulo.

No canto inferior esquerdo pode ser visto o microfone de eletreto, sendo que qualquer modelo de dois terminais pode ser empregado, pois a esmagadora maioria apresenta características semelhantes. Os componentes periféricos são destinados à alimentação do microfone e ajustes de impedância de entrada.

Acima, temos botões de contato normalmente aberto destinados à gravação e reprodução das 8 mensagens. A chave que seleciona entre gravação e reprodução é de contato duplo que manda



F2. Chave seletora dos modos de operação.



F3. Diagrama esquemático típico para operação com Direct Mode.

nível alto para o pino R/P (REC) quando se desejar reproduzir os sons, ou nível baixo para o mesmo pino quando se desejar gravar as mensagens.

Para gravar, coloca-se em low o pino R/P e mantém-se pressionado o botão do pino em que se deseja salvar a mensagem. Duran+te a gravação, o LED D_1 estará aceso. Ao final da gravação, solta-se o botão. Depois para ouvir o som gravado, manda-se nível high para o pino R/P, e pressiona-se uma vez o botão da mensagem gravada. Ao final da reprodução, o LED D_1 dá uma breve piscada. Ainda neste tutorial, traremos um circuito mais prático como exemplo e explicaremos melhor como gravar e reproduzir os sons no ISD1932.

Características técnicas

A seguir apresentamos as principais características técnicas do módulo ISD1932 bem como a descrição dos pinos presentes em sua placa.

- Tensão de Alimentação: de 2,4 a 5,5 V (5,0 V tipicamente);
- Consumo em modo de espera: 3,03 mA;
- Consumo durante gravação/reprodução: 50,0 a 80,0 mA;
- Veja a **tabela 1** para o resistor externo R_{OSC}, destinado à seleção de frequência.

Como pode ser observado nessa tabela, o resistor oscilador externo não só altera a frequência de operação do módulo, como também o tempo de gravação. Pode-se gravar até 64 segundos, porém a qualidade é de 4,0 kHz (inferior à rádio AM que é de 8,0 kHz).

Observe a tabela 2 com a descrição de cada pino do módulo ISD1932.

ISD1932: Placa de Gravação

Como o leitor já deve ter observado, o módulo de voz ISD1932 é um dispositivo que não funciona por si só, necessitando de uma estrutura de execução para que as mensagens possam ser adequadamente gravadas, armazenadas e reproduzidas para posterior instalação no chassi de uma unidade robótica autônoma. Pensando nisso, a WR Kits desenvolveu a placa ISD1932 Record Board que consiste em um aperfeiçoamento do diagrama esquemático fornecido pelo *datasheet* do fabricante, com intuito de facilitar ao máximo o processo de utilização do módulo de voz.

Resistor Externo					
Frequência	12,0 kHz	8,0 kHz	6,4 kHz	5,3 kHz	4,0 kHz
R_{osc}	53,3 kΩ	80 kΩ	100 kΩ	120 kΩ	160 kΩ
Tempo	21,3 s	32,0 s	40,0 s	48,0 s	64,0 s

Tabela 1

Pinos de Interconexão	
Nome do Pino	Função
E0/M5	Pino destinado a gravação e reprodução da 5ª mensagem do modo direto. Apresenta resistor de pull-up e correção de debouncing internamente.
E1/M6	Pino destinado a gravação e reprodução da 6ª mensagem do modo direto. Apresenta resistor de pull-up e correção de debouncing internamente.
E2/M7	Pino destinado a gravação e reprodução da 7ª mensagem do modo direto. Apresenta resistor de pull-up e correção de debouncing internamente.
E3/M8	Pino destinado a gravação e reprodução da 8ª mensagem do modo direto. Apresenta resistor de pull-up e correção de debouncing internamente.
S0/M1	Pino destinado a gravação e reprodução da 1ª mensagem do modo direto. Apresenta resistor de pull-up e correção de debouncing internamente.
S1/M2	Pino destinado a gravação e reprodução da 2ª mensagem do modo direto. Apresenta resistor de pull-up e correção de debouncing internamente.
S2/M3	Pino destinado a gravação e reprodução da 3ª mensagem do modo direto. Apresenta resistor de pull-up e correção de debouncing internamente.
S3/M4	Pino destinado a gravação e reprodução da 4ª mensagem do modo direto. Apresenta resistor de pull-up e correção de debouncing internamente.
SP-	Conectar o negativo de um alto-falante de 8 Ω e pequena potência.
SP+/AUX	Conectar o positivo de um alto-falante de 8 Ω e pequena potência. Saída auxiliar para amplificadores (verificar impedância).
5V	Entrada de alimentação (de 2,4 a 5,5 V).
GND	Terra (ground) do circuito.
MIC-	Negativo do microfone de eletreto.
MIC+	Positivo do microfone de eletreto. Entrada de áudio.
XCLX/FMC3	No modo direto: FMC3, que em conjunto com FMC1 e FMC2 selecionam a quantidade de mensagens a serem gravadas **.
LED	Saída para conectar um LED comum 5 mm. Durante a gravação o LED acende. Após reprodução, o LED pisca uma vez.
PlayL/FMC1	No modo direto: FMC1, que em conjunto com FMC2 e FMC3 selecionam a quantidade de mensagens a serem gravadas **.
PlayR/FMC2	No modo direto: FMC2, que em conjunto com FMC1 e FMC3 selecionam a quantidade de mensagens a serem gravadas **.
REC / R/P	No modo direto: R/P - nível low, para modo de gravação e nível high para modo de reprodução.
ROSC	Resistor Oscilador Externo que conforme valor muda a frequência e o tempo de gravação.
AGC	Automatic Gain Control (ou controle automático de ganho): ajusta o ganho do amplificador dinâmico do CI do módulo, compensando os diferentes níveis de entrada do microfone ***.
FT	Entrada de controle ativa em nível low que dimensiona uma amplitude máxima de 1 Vp-p para entrada do microfone e realimenta através da saída do alto-falante. -> Habilita gravação a priori no modo direto.

** A tabela-verdade pertinente aos pinos FMC1, FMC2 e FMC3 será apresentada mais adiante no mesmo tutorial.
*** Tipicamente, utiliza-se um capacitor de 4,7 µF entre o pino AGC e o terra.

Tabela 2

$$R_{EQ} = \frac{R}{n^o \, de \, R's}$$

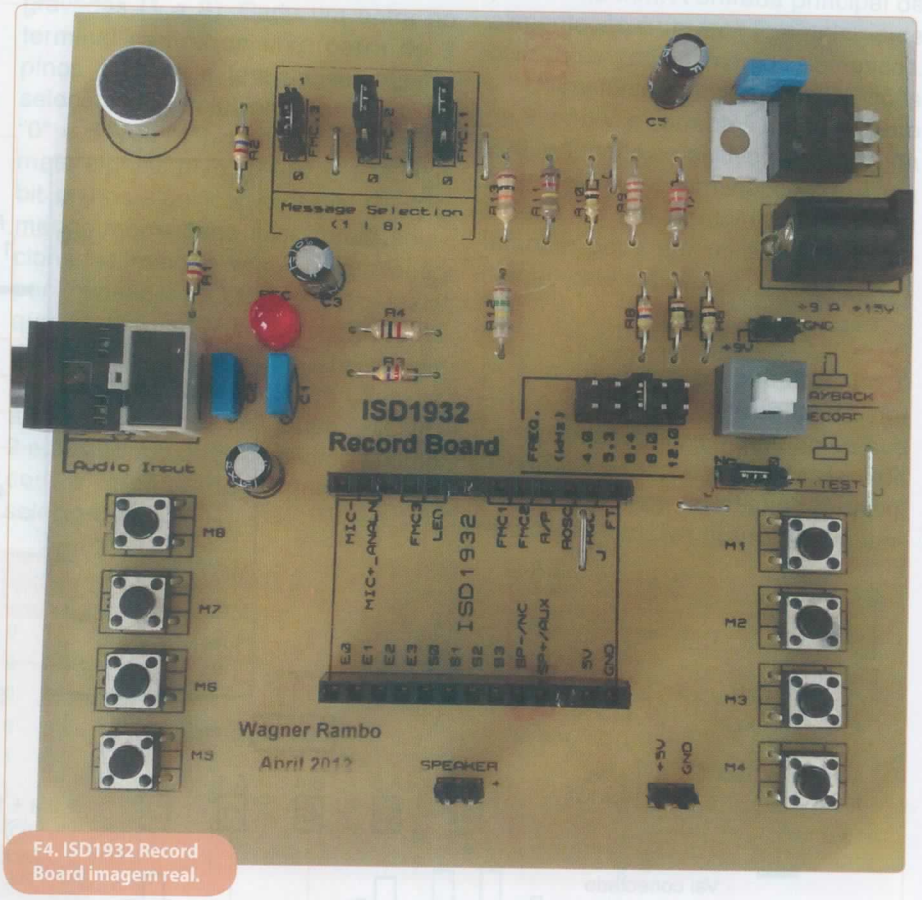
modo direto, uma vez que o mesmo é destinado à redução de amplitude de

filtros para fonte, tipicamente usados em circuitos do gênero. A placa ainda conta com uma saída extra de 5 V para

A placa ISD1932 Record Board apresenta:

- 8 botões para gravação e teste das 8 mensagens possíveis;
- Seleção de frequência e tempo de gravação;
- Circuito integrado regulador de 5 V para alimentação adequada do módulo;
- Seleção de quantidade de mensagem conforme tabela dos pinos FMC;
- LED indicador de gravação;
- Microfone de eletreto embutido;
- Entrada auxiliar de áudio para gravar mensagens de um computador;
- Chave que seleciona entre gravação e reprodução;
- Dentre outros recursos.

Na **figura 4** podemos visualizar a imagem real da placa de gravação.



F4. ISD1932 Record Board imagem real.

O Circuito

Na **figura 5** apresentamos o digrama esquemático completo da placa de gravação especial para o módulo ISD1932.

Observando-se o diagrama acima, pode-se concluir que o mesmo trata-se realmente de um aperfeiçoamento do diagrama sugerido pelo datasheet do fabricante apresentado na figura 3, para operar o ISD1932 no Direct Mode. Caso haja dificuldades de visualizar o diagrama mais detalhadamente, dê um pouco mais de *zoom* no seu leitor de pdf.

O setor do canto inferior esquerdo é pertinente à entrada de áudio. Foram utilizadas duas entradas de áudio, uma delas é através do microfone de eletreto, com seus componentes periféricos, conforme sugerido no diagrama original, e a outra consiste em um *jack* P_2 estéreo com chave de duas posições embutida. No caso será utilizado apenas o terra do jack e mais o contato central. O contato intermediário (normalmente empregado no canal de áudio esquerdo) não terá ligação, pois a gravação no módulo é monofônica. Este setor do jack P_2 foi projetado para gravarmos os sons do computador no módulo ISD1932.

A chave de contato duplo CH_1, contida no próprio jack tem a função de desligar o microfone de eletreto e todo seu setor de alimentação, eliminando ruídos quando o *plug* P_2 for conectado para gravação direta via PC, interligando o terminal central do plug direto ao capacitor C_1 de 100 nF, enviando o sinal para entrada MIC+, do módulo. Já na operação com microfone de eletreto, o plug P_2 não poderá estar conectado ao jack, fazendo com que o microfone seja o dispositivo que irá se conectar a C_1 e posteriormente a MIC+.

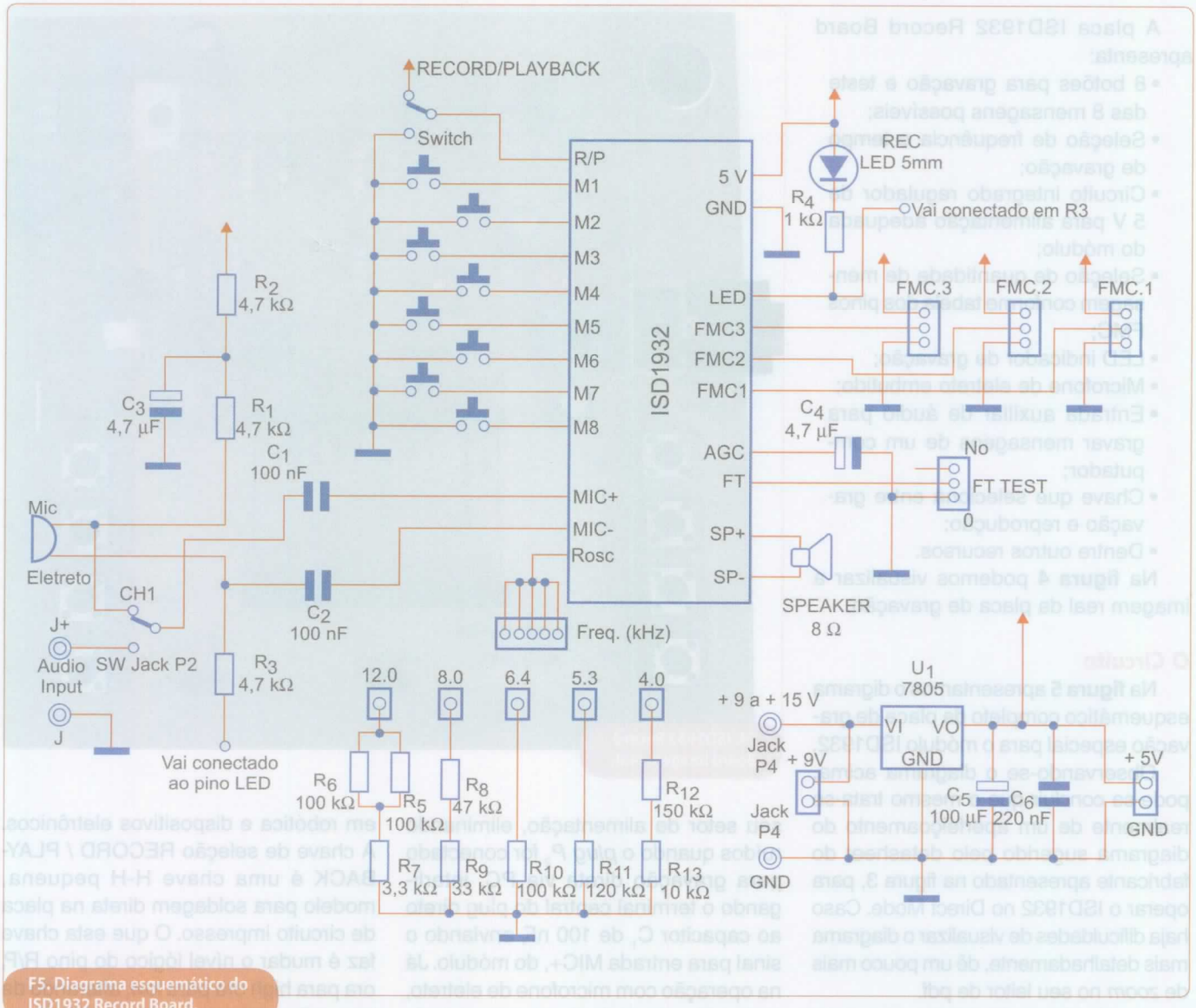
O resistor R_3 de 4,7 kΩ, é responsável por aterrar o negativo do microfone de eletreto apenas durante a gravação, sendo conectado ao pino LED do módulo. Essa conexão foi realizada pois o pino LED vai a zero lógico "0" durante a gravação, aterrando concomitantemente o negativo do microfone e fazendo o LED REC acender nesse instante. Observe no diagrama de que há um texto indicando que R_3 está ligado ao pino LED do ISD1932.

Para os botões de gravação e reprodução foram utilizadas chaves tácteis 6x6x5 mm com 4 terminais, amplamente aproveitadas para aplicações em robótica e dispositivos eletrônicos. A chave de seleção RECORD / PLAYBACK é uma chave H-H pequena, modelo para soldagem direta na placa de circuito impresso. O que esta chave faz é mudar o nível lógico do pino R/P, ora para high ora para low, alterando de gravação para reprodução e vice-versa.

A fim de deixar esta placa de gravação ainda mais versátil, foram empregados os 5 valores possíveis de resistência sugeridos pelo datasheet do fabricante na tabela 1 do R_{OSC}. Um *jumper* padrão mother board, é destinado à seleção das 5 frequências possíveis de operação: 12,0 kHz, 8,0 kHz, 6,4 kHz, 5,3 kHz e 4,0 kHz. Alguns valores para R_{OSC} tiveram que ser obtidos a partir de associação de resistores, sendo que as equações gerais para paralelismo e série são dadas abaixo.

Resistores em paralelo:

$$R_{EQ} = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \cdots + \frac{1}{R_N}}$$



F5. Diagrama esquemático do ISD1932 Record Board.

A resistência equivalente de resistores em paralelo é o inverso da soma dos inversos. Onde R_{EQ} é a resistência equivalente, R_1 e R_2 são os dois primeiros resistores em paralelo e R_N é referente ao enésimo resistor do paralelismo.

Resistores em série:

$$R_{EQ} = R1 + R2 + \cdots + R_N$$

A resistência equivalente de resistores em série é a soma da série de resistores. Onde R_{EQ} é a resistência equivalente, R_1 e R_2 são os dois primeiros resistores em série e R_N é referente ao enésimo resistor da série.

Segundo à tabela de R_{OSC}, para obter uma frequência igual a 4,0 kHz é necessário um resistor de 160 kΩ, este valor dificilmente será encontrado comercialmente, sendo necessária uma associação de resistores para sua obtenção. Utilizamos a série de um resistor de 150 kΩ (R_{12}) e um resistor de 10 kΩ (R_{13}), que são valores comerciais. Logo:

$$R_{OSC} = R_{EQ} = R12 + R13 = 150 + 10 = 160\,\Omega$$

Para as frequências de 5,3 e 6,4 kHz são utilizados resistores de 120 e 100 kΩ, respectivamente, sendo estes valores comerciais facilmente encontrados.

Para 8,0 kHz é necessário um resistor de 80 kΩ, porém este valor é dificilmente encontrado comercialmente. Novamente, optou-se pela série de dois valores comerciais de 47 kΩ (R_8) e 33 kΩ (R_9).

$$R_{OSC} = R_{EQ} = R8 + R9 = 47 + 33 = 80\,k\Omega$$

O resistor oscilador externo utilizado na frequência de 12,0 kHz tem o valor de 53,3 kΩ, valor ainda mais incomum de ser encontrado no mercado. Para obter este valor foi necessária associação em paralelo de dois resistores de 100 kΩ (R_5 e R_6), em série com um resistor de 3,3 kΩ, que são valores

comerciais. Foi dito anteriormente que a resistência equivalente de resistores em paralelo se dá pelo inverso da soma dos inversos. Mas há um caso particular desta regra, que é quando os resistores em paralelo tem o mesmo valor. Nesse caso, basta dividir o valor dos resistores pelo número de resistores envolvidos no paralelismo:

$$R_{EQ}=\frac{R}{n^o\ de\ R's}$$

Onde R_{EQ} é a resistência equivalente, R é o valor dos resistores (deve ser igual para todos) e "nº de R's" refere-se à quantidade de resistores envolvidos no paralelismo. No caso, queremos obter inicialmente uma resistência de 50 kΩ, para poder somar ao resistor de 3,3 kΩ, resultando assim no valor de R_{OSC} desejado, que é de 53,3 kΩ. Utilizamos para isso dois resistores de 100 kΩ:

$$R_{EQ'}=\frac{100}{2}=50\,k\Omega$$

Temos, portanto, uma resistência equivalente de 50 kΩ, bastando somar à de 3,3 kΩ (R_7):

$$R_{OSC}=R_{EQ}=R_{EQ'}+R7=50+3{,}3=53{,}3\,k\Omega$$

Tendo-se os cinco valores para R_{OSC} sugeridos pela tabela, ligamos os mesmos no circuito, aterrando uma extremidade e à outra conectando a uma barra de pinos padrão mother board, e, através de um jumper, qualquer frequência da tabela 1 poderá ser selecionada pelo usuário.

O capacitor C_4 é um eletrolítico e tem o valor sugerido no datasheet de 4,7 µF, tendo seu positivo ligado ao pino AGC do ISD1932 (controle automático de ganho) e o negativo ligado ao terra.

Nos pinos destinados ao alto-falante (SP+ e SP-) foi utilizada uma barra de 2 pinos 11,2 mm para posterior ligação externa de um pequeno alto-falante de 8 Ω e pequena potência. O pino FT do módulo de voz foi ligado no centro de uma barra de 3 pinos 11,2 mm que conterá outro jumper de seleção. Para um lado não haverá ligação nenhuma. Este ponto foi batizado de "No", que define "sem ligação". Conectando o jumper do outro lado, temos o terra (na placa está marcado como "0"). Este procedimento é necessário, pois, em alguns casos este pino FT habilita a gravação para o modo direto, uma vez que o mesmo é destinado à redução de amplitude de entrada de sinal (MIC eletreto).

Os pinos FMC (1, 2 e 3) têm a tarefa de selecionar previamente qual a quantidade de mensagens que serão gravadas (1 a 8). Cada um entra no terminal central de uma barra de 3 pinos 11,2mm e tem um jumper de seleção (que seleciona entre o terra "0" e 5 Vcc "1"), sendo FMC3 o bit mais significativo "MSB" e FMC1 o bit menos significativo "LSB". Quanto menos mensagens fixas forem selecionadas, maior o tempo de gravação por mensagem. O datasheet sugere que as mensagens tenham tempos de duração aproximados. Abaixo, fornecemos nas **tabelas 3 e 4** relativas à seleção dos bits dos pinos FMC (1, 2 e 3) e tempo de gravação de acordo com a quantidade de mensagens selecionada.

No canto inferior direito da figura 5 temos o setor de alimentação da placa de gravação, contendo o circuito integrado regulador LM7805. Não é necessário colocar um dissipador de calor neste integrado, pois o circuito consome pouca corrente, o que não provoca aquecimentos excessivos no mesmo. Os capacitores C_5 e C_6 são filtros para fonte, tipicamente usados em circuitos do gênero. A placa ainda conta com uma saída extra de 5 V para ligação de outros dispositivos (*shields*, microcontroladores Embedded, etc.) e uma entrada de 9 V com barra de pinos 11,2 mm. A entrada principal de alimentação é um *jack* P_4 amplamente utilizado em equipamentos eletrônicos.

Utilize fontes que forneçam tensões de 9 a 15 V e correntes de no mínimo 200 mA, onde o positivo do plug P_4 da fonte deve ser o terminal central. Uma bateria de 9 V comum (ou alcalina) também pode ser utilizada para alimentar este circuito.

Montagem

A montagem do circuito não é crítica, podendo ser realizada por principiantes. Utilize o método de sua preferência para confecção da placa de circuito impresso (artesanal, térmico, silkscreen, etc). Na **figura 6** apresen-

Seleção de Mensagens Fixas

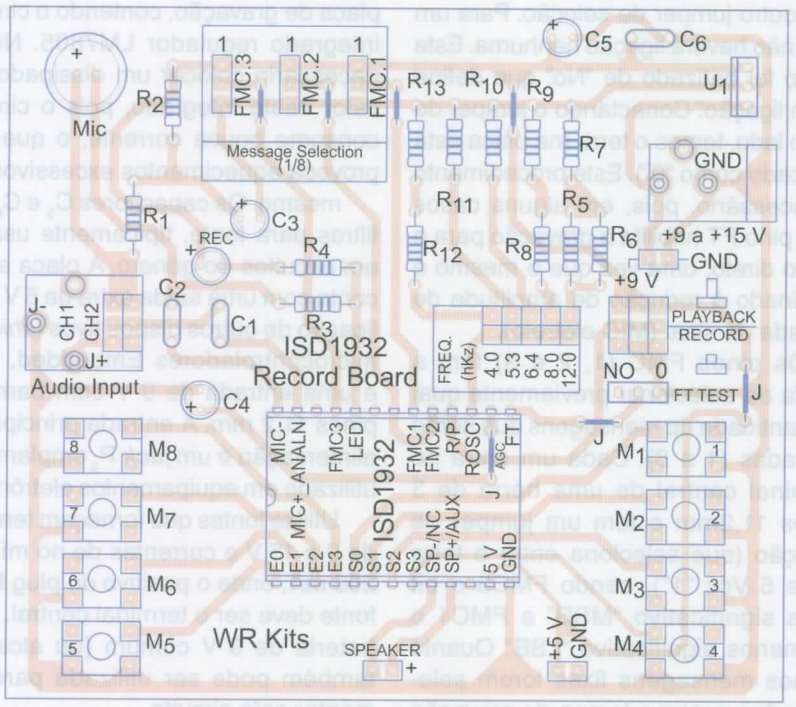
FMC3	FMC2	FMC1	Número de Mensagens Fixas
0	0	0	1
0	0	1	2
0	1	0	3
0	1	1	4
1	0	0	5
1	0	1	6
1	1	0	7
1	1	1	8

Tabela 3

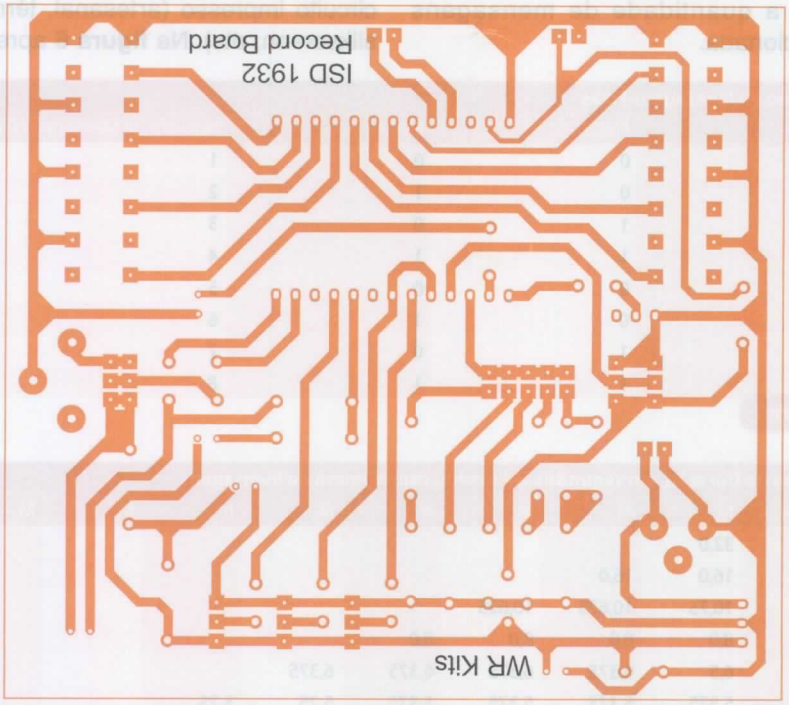
Tempo de Duração, em segundos, de Acordo com Número de Mensagens

No. de ms	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8
1	32,0							
2	16,0	16,0						
3	10,75	10,625	10,625					
4	8,0	8,0	8,0	8,0				
5	6,5	6,375	6,375	6,375	6,375			
6	5,375	5,375	5,375	5,375	5,25	5,25		
7	4,625	4,625	4,625	4,625	4,5	4,5	4,5	
8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

Tabela 4



F6. Lay-out da ISD1932 Record Board.



F7. Lay-out ISD1932 Record Board, trilhas do circuito impresso.

tamos a imagem física da placa, com as trilhas de circuito impresso e a máscara dos componentes.

Na **figura 7** mostramos as trilhas de circuito impresso.

Na **figura 8**, a imagem da máscara dos componentes com respectivas referências.

Tenha extrema cautela quando for efetuar a soldagem dos componentes, principalmente os polarizados (capacitores

Lista de Materiais

Módulos:
ISD1932 (módulo de voz) *ver texto

Circuitos Integrados:
U1: LM7805 (regulador de tensão +5 V)

Semicondutores:
REC: LED vermelho comum 5 mm

Capacitores:
C_1, C_2 e C_6: poliéster 100 nF / 63 V
C_3 e C_4: eletrolíticos 4,7 µF / 10 V
C_5: eletrolítico 100 µF / 10 V

Chaves:
M_1 a M_8: chaves táteis 4T 6x6x5 mm
RECORD/PLAYBACK: chave H-H para soldar diretamente em PCI

Jacks:
+9 a +15 V: jack P_4 comum para uso com fonte de alimentação
Audio Input: jack P_2 estéreo com chave H-H embutida *ver texto

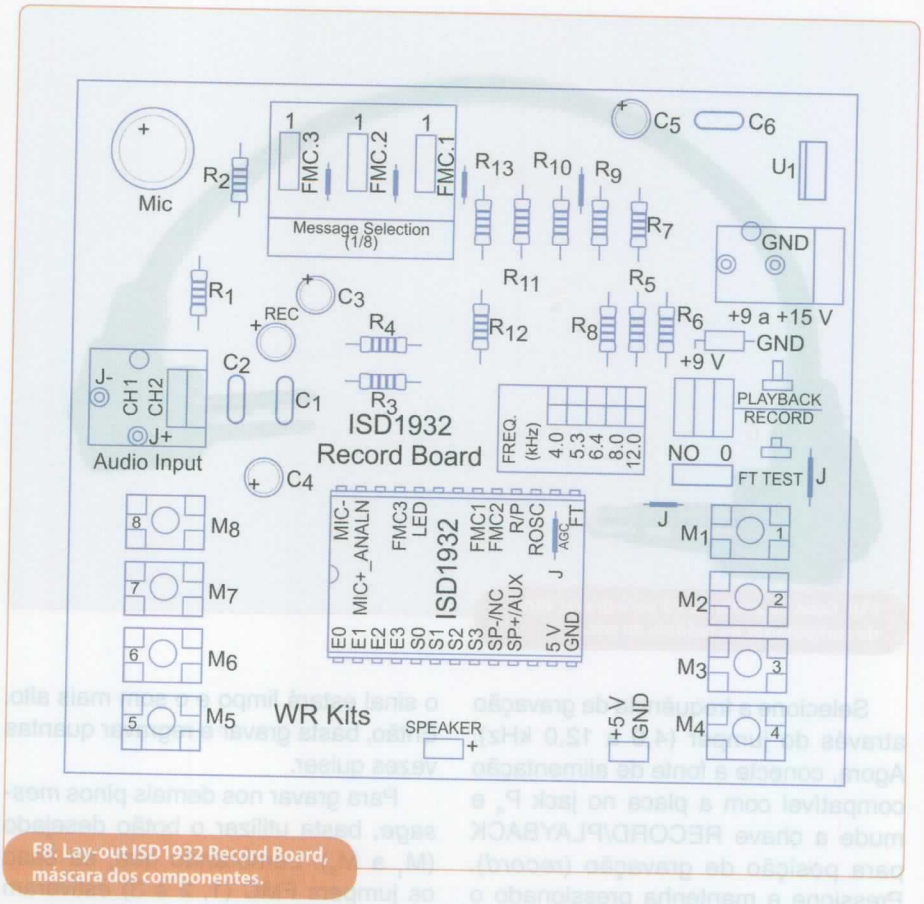
Resistores (todos 1/8 W, 5%):
R_1, R_2 e R_3: 4,7 kΩ
R_4: 1kΩ
R_5, R_6 e R_{10}: 100 kΩ
R_7: 3,3 kΩ
R_8: 47 kΩ
R_9: 33 kΩ
R_{11}: 120 kΩ
R_{12}: 150 kΩ
R_{13}: 10 kΩ

Diversos:
MIC: Microfone de eletreto 2 terminais
Barra de pinos 11,2 mm (tamanhos diversos)
Soquete em barra MCI (2 barras de 13 terminais para conectar o módulo)
Jumpers padrão mother board
PCI: Placa de circuito impresso 10x10 cm (fenolite ou fibra de vidro)
Terminais para jumper de placa

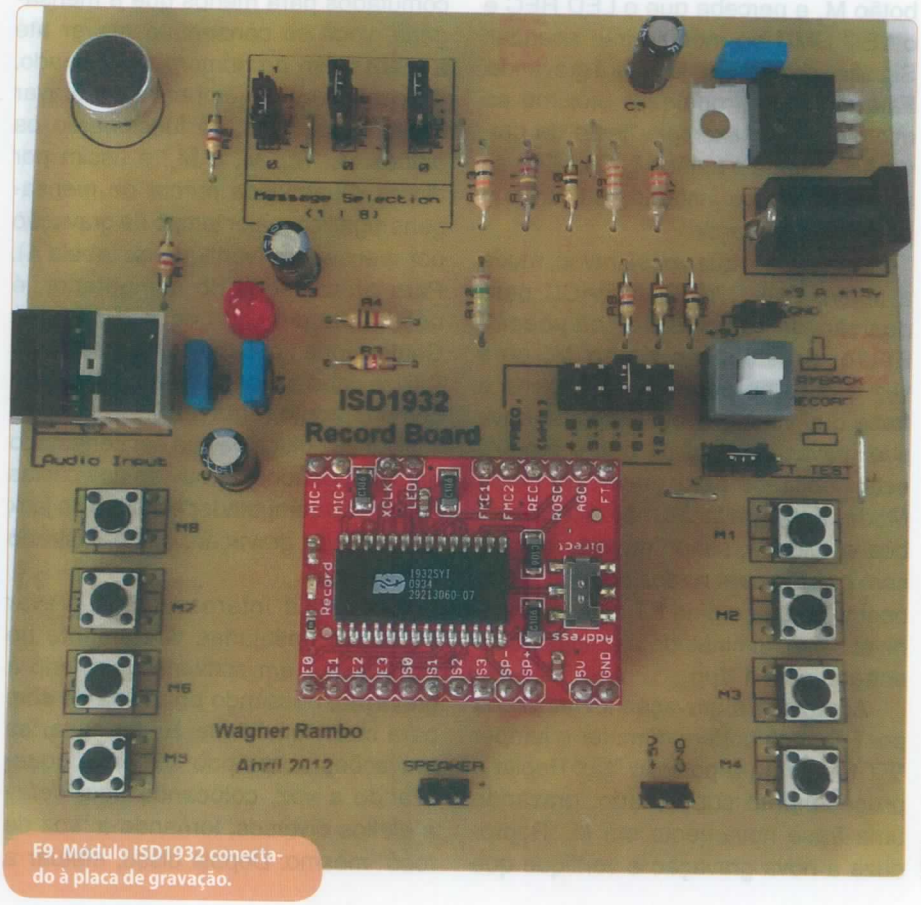
eletrolíticos, circuito regulador de tensão, LED, microfone de eletreto etc). Guie-se pelo diagrama esquemático e pelas referências na máscara dos componentes.

No espaço destinado ao módulo ISD1932 sugerimos a soldagem de soquetes em barra modelo MCI, que viabiliza a conexão de barra de pinos, para facilitar a colocação e remoção do módulo. O módulo ISD1932 em si vem sem estes pinos, cabendo ao projetista a soldagem de barra de pinos ou fiação. O ideal é a soldagem de barra de pinos 11,2mm padrão mother board, para conectá-lo facilmente à placa de gravação. Os resistores são todos de 1/8 W e os capacitores eletrolíticos podem ser para 10 V ou mais. O jack P_2 pode ser qualquer modelo que contenha chave embutida, logicamente o *lay-out* terá que ser adaptado para suas dimensões. O LED REC é vermelho comum de 5 mm.

Os jumpers destinados a completar o circuito impresso "J" podem ser aproveitados de terminais de componentes. É importante que a montagem, quando concluída, seja minuciosamente revisada pelo projetista, a fim de evitar a queima de componentes que possam estar invertidos, soldados em local errado ou com outros erros. Tenha paciência para revisar suas montagens antes de partir para os testes.



F8. Lay-out ISD1932 Record Board, máscara dos componentes.



F9. Módulo ISD1932 conectado à placa de gravação.

Prova e Uso

Com a montagem concluída e revisada, chegou a hora de testar o equipamento. Inicialmente, solde as barras de pinos 11,2mm voltada para baixo no módulo ISD1932 como citado anteriormente. Após isso,conecte o módulo na placa de gravação observando a ordem dos pinos (**figura 9**).

Depois, insira o pequeno alto-falante de 8 Ω na saída SPEAKER. Comute o jumper "FT test" para posição "0". Selecione os 3 jumpers dos pinos FMC, de modo a obter a quantidade de mensagens (tabela 3) que deseja gravar. Por exemplo, se quiser deixar gravadas 8 mensagens, os 3 jumpers devem estar na posição "1". Se quiser gravar 4 mensagens, FMC3 deverá estar em "0" e FMC1 e FMC2 deverão estar na posição "1". Basta seguir a tabela 3 para a quantidade de mensagens desejadas.



F10. Cabo de áudio P2-P2 para gravar sons do computador no módulo de voz.



F11. Plug conectado na entrada de áudio da placa de gravação.

Selecione a frequência de gravação através do jumper (4,0 a 12,0 kHz). Agora, conecte a fonte de alimentação compatível com a placa no jack P_4 e mude a chave RECORD/PLAYBACK para posição de gravação (*record*). Pressione e mantenha pressionado o botão M_1 e perceba que o LED REC e o LED SMD do módulo irão acender. Significa que a placa já estará gravando. Fale uma frase qualquer próximo ao microfone, por exemplo "teste de gravação", e solde o botão M_1. Os LEDs se apagarão nesse instante, indicando a parada na gravação.

Para ouvir o que você gravou, mude a chave RECORD/PLAYBACK para posição de reprodução (*playback*). Então, pressione o botão M_1 uma vez e ouça no pequeno alto-falante a frase que você gravou. Se puder ouvir sua gravação, significa que o módulo está habilitado para gravar no Direct Mode. Esta gravação não ficará com boa qualidade, sendo reproduzida em som baixo e com ruídos de fundo. Isso ocorre porque o pino FT está ativo em nível baixo, diminuindo a amplitude de entrada para 1 Vpp.

Agora que a gravação foi habilitada por FT, você poderá comutar o jumper "FT test" para a posição "No". Repita o procedimento supracitado, gravando uma frase novamente em M_1. Reproduza a nova gravação e verifique que o sinal estará limpo e o som mais alto. Então, basta gravar e regravar quantas vezes quiser.

Para gravar nos demais pinos *message*, basta utilizar o botão desejado (M_1 a M_8). Lembrando que, se caso os jumpers FMC (1, 2 e 3) estiveram comutados para menos que 8 mensagens, você só conseguirá gravar até a mensagem no número selecionado. Se configurou os jumpers para gravar até 4 mensagens, só funcionarão os botões M_1, M_2, M_3 e M_4; e assim por diante. Quantidade menor de mensagens significa maior tempo de gravação por mensagem (verifique na tabela 4). Para gravar sons do computador, é necessário um cabo de áudio P2-P2. Confeccione um cabo com estes *plugs* (utilize cabo blindado de qualidade) ou compre pronto (**figura 10**).

Um dos plugs deverá ser conectado na saída de fone de ouvido das caixas de som do computador e o outro no jack da placa de gravação, como ilustrado na **figura 11**.

Uma dica interessante é gravar as frases desejadas diretamente no computador em software destinado à gravação, passando por mesa de som para maior qualidade. Então, tratar as gravações no próprio software, equalizando a voz, colocando eco, *delay* e efeitos diversos; tornando-a "voz de robô" mesmo. Depois disso, efetuar a gravação no módulo ISD1932 através da Record Board. E enfim, instalar o módulo na unidade robótica autônoma.

Utilizando o módulo em robôs autônomos

A maior dúvida que surge para o projetista sobre o uso do ISD1932 é quais os itens periféricos que podem ser suprimidos do circuito padrão (placa de gravação, por exemplo) quando o mesmo for instalado no chassi de um robô autônomo. Ao contrário do que o leitor possa pensar, o módulo de voz não funcionará se apenas ligarmos seus pinos de alimentação (5 V e GND) e suas entradas de mensagem (M_1 a M_8) ao microcontrolador do robô ou outros circuitos. Para que a reprodução das mensagens funcione no modo direto, é necessário que no mínimo o resistor R_{OSC} esteja conectado ao circuito, que o pino R/P esteja ligado a Vcc "1" (reprodução) e que os pinos FMC (1, 2 e 3) estejam configurados para quantidade de mensagens gravadas. Os demais periféricos da placa de gravação são opcionais.

A partir deste conhecimento, o usuário poderá projetar outra placa de circuito impresso que cumpra estas características para instalação do módulo no chassi do robô, durante a execução. A própria placa de controle do robô poderá conter este setor adi-

cional, com R_{OSC} e os demais pinos ligados em high ou low, de acordo com as necessidades do projeto.

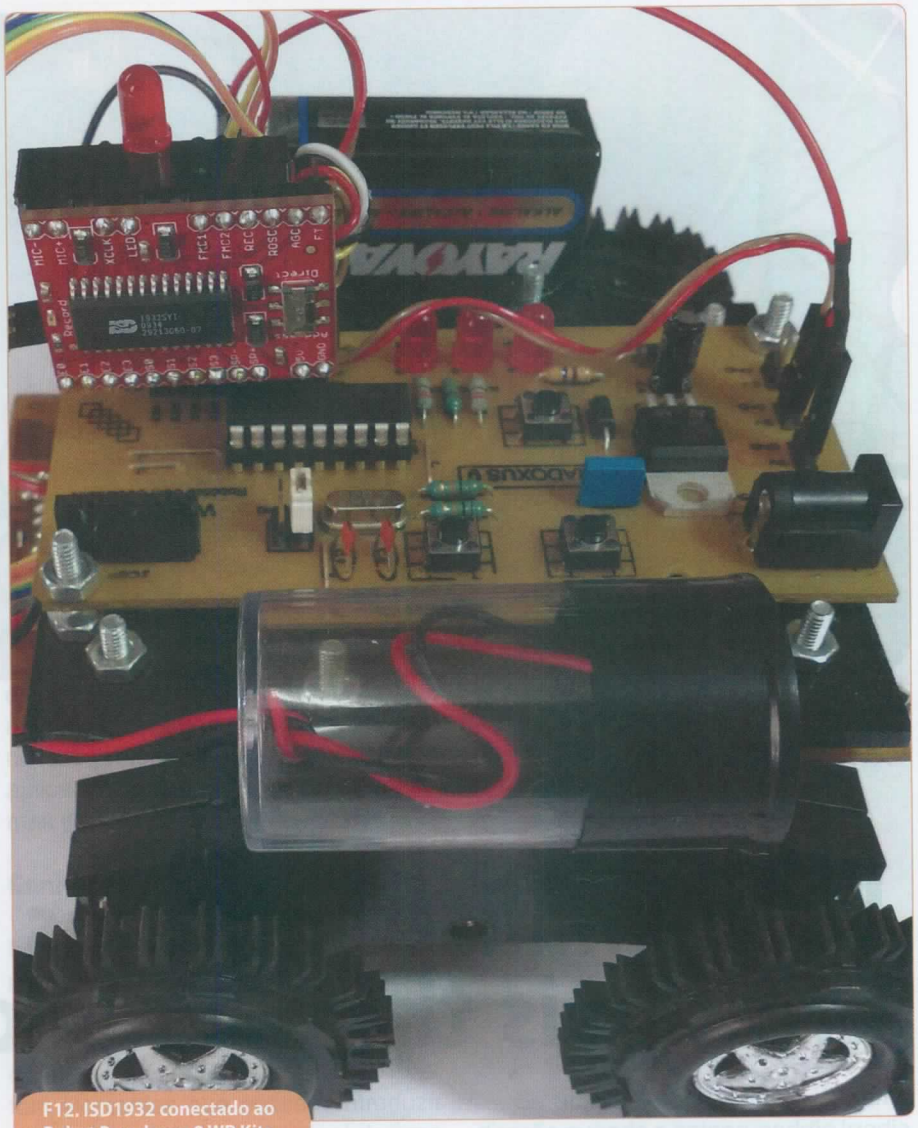
Para utilizar o módulo ISD1932 com microcontroladores Embedded, o usuário poderá instalar a placa em soquetes em barra MCI, fazendo as ligações necessárias. Essa foi a solução por nós utilizada, realizando com cautela as ligações em GND e Vcc dos pinos necessários do módulo, através de duas barras MCI, para poder conectar o módulo na placa Paradoxus 9 WR Kits (**figura 12**).

Como as "falas" do robô foram gravadas por nós com R_{OSC} valendo 100 kΩ (jumper conectado em 6,4 kHz), soldamos um resistor com este valor na própria barra, do pino R_{OSC} para o terra. Aproveitamos o espaço e a rigidez mecânica da lateral do soquete em barra e colamos um LED, soldando seu anodo ao pino LED do módulo para incremento visual (este componente é opcional). O robô do exemplo "fala" 4 mensagens, então configuramos os pinos FMC na posição "011". Com barra de pinos 90° realizamos a conexão entre os pinos M_1 a M_4 e as saídas do microcontrolador. O alto-falante utilizado tem 1 polegada e 8 Ω de impedância. Para obter um som com maior robustez, o prendemos com fita isolante em um tubo acrílico de mesmo diâmetro, que funciona como caixa de ressonância.

O sistema foi projetado tal que o módulo de voz possa ser desconectado facilmente do robô e alojado na placa de gravação, para atualizar as "falas" da unidade quando necessário.

Como última dica, podemos mencionar que, caso o usuário for projetar um robô maior cujo limite de peso (alguns gramas a mais) não seja crítico, poderá prever espaço para instalação da placa inteira de gravação ISD1932 Record Board diretamente no chassi no robô, maximizando ainda mais o tempo de atualização das "falas". É claro que os projetistas com boa imaginação encontrarão "n" soluções para o trabalho com o módulo de voz.

No código-fonte que será gravado no microcontrolador, o usuário deverá mandar nível low para o pino da mensagem que desejar que o robô



F12. ISD1932 conectado ao Robot Paradoxus 9 WR Kits.

"fale". Este pulso de nível baixo poderá durar poucos milissegundos, apenas o suficiente para acionar a mensagem escolhida. Quem tiver experiência em linguagem de programação certamente criará algoritmos muito eficientes para o controle do ISD1932.

Conclusão

Após a leitura do presente tutorial, conclui-se que o módulo de voz ISD1932, destinado principalmente à aplicações em robótica, permite ao projetista dezenas de métodos de utilização otimizados para tornar seu robô autônomo ainda mais realístico. A operação do módulo no Direct Mode é a solução mais versátil a ser empregada no projeto, viabilizando a gravação de até 8 mensagens de voz, com frequência de gravação de 4,0 a 12,0 kHz. Utilizado em conjunto com microcontrolador, este módulo se torna uma excelente alternativa para incremento de um projeto. Outras soluções na área de automação também podem ser desenvolvidas a partir dos exemplos aqui propostos. O robô poderá emitir sons relativos a efeito sonoro, "falar" dados por ele calculados, "falar" o *status* de sua bateria ou sistemas, dentre muitos outros. Em conjunto com um módulo sonar, por exemplo, o robô poderá "falar" a que distância aproximada um obstáculo se encontra. Cabe ao usuário projetar os periféricos para utilização deste versátil módulo de voz ISD1932.



Antenas:
Uma análise sobre os principais tipos e aplicações

Um elemento fundamental para o bom desempenho de todos os sistemas de telecomunicações que fazem uso de ondas de rádio é a antena. Sem ela, o sistema não funciona, e com uma má antena, não adianta empregar a melhor tecnologia do mundo. Dessa forma, é fundamental para todo profissional das Telecomunicações entender como funcionam as antenas e os principais tipos que existem.

Neste artigo, apresentamos alguns fundamentos sobre a antenas, assunto de grande valia para os leitores que desejam reciclar seus conhecimentos ou ainda não tiveram um embasamento teórico nos seus cursos que possa ser considerado excelente.

Newton C. Braga

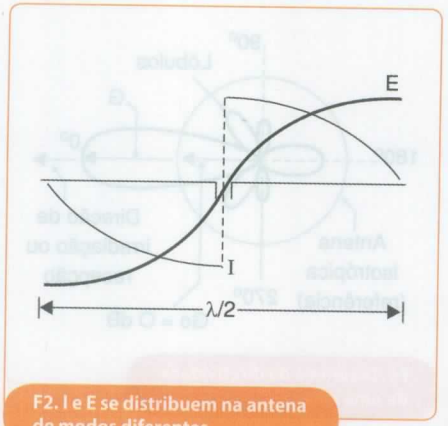
Todo sistema de telecomunicações que faz uso de ondas eletromagnéticas tem como elemento importante para seu funcionamento: a antena. No transmissor, correntes de altas frequências geram as ondas eletromagnéticas. A função da antena é, então, transferir a energia gerada pelo transmissor para o espaço na forma de ondas.

No receptor a antena é usada para interceptar as ondas que chegam até ele, induzindo correntes que são levadas ao circuito de processamento.

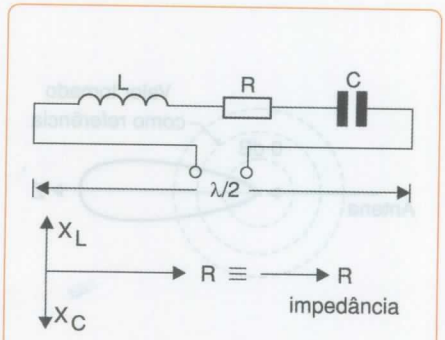
Na **figura 1** mostramos o que ocorre quando aplicamos um sinal de alta frequência numa antena, tomando como exemplo a configuração formada por dois condutores. Observe que aparecem alternadamente dois campos: o elétrico e o magnético.



F1. Dois campos na antena: o elétrico e o magnético.



F2. I e E se distribuem na antena de modos diferentes.



F3. Configuração equivalente a um circuito ressonante ideal.

As dimensões de uma antena são importantes para sua eficiência tanto na transmissão quanto na recepção dos sinais. Assim, a antena em questão deve ter um comprimento que corresponda a ½ do comprimento da onda na frequência que deve ser transmitida.

Veja, pela **figura 2,** que nessa antena a corrente e a tensão se distribuem de modos diferentes. Nas extremidades temos os pontos de tensão máxima e no centro da antena, os pontos em que a intensidade da corrente é máxima. Podemos dizer que essa configuração equivale a um circuito ressonante ideal, como o ilustrado na **figura 3**.

Note que, em um circuito ressonante a reatância capacitiva é igual à reatância indutiva ($X_L = X_C$) na frequência de ressonância. Isso significa que uma antena deste tipo, na frequência de ressonância ela se comporta como uma carga resistiva pura. Essa componente é a impedância da antena.

Numa antena do tipo analisado, os cálculos mostram que essa impedância tem um valor fixo: 73 ohms. Na prática, adota-se como valor mais apropriado para os cálculos 75 ohms. Observe que existem alguns fatores que podem influir nessa impedância, tais como a espessura do fio usado, e a própria velocidade de propagação da onda no material de que é feita a antena.

A antena que analisamos é o chamado "dipolo de meia onda". Todavia, existem outros tipos que abordaremos mais adiante.

Conforme vimos, uma das características importantes no projeto de uma antena é a sua impedância. Esta, depende do modo como a antena é construída e de suas dimensões, havendo diversos tipos que serão analisados no próximo item.

Entretanto, além da impedância existem algumas características das antenas que são de grande importância no seu projeto para uma determinada aplicação. Estudemos, a seguir, algumas delas.

Ganho

Quando nos referimos ao ganho, isso não significa que uma antena possa "amplificar" os sinais que transmite ou que recebe. Uma antena é um elemento passivo tanto na transmissão quanto na recepção de sinais. Não existem elementos que possam introduzir um ganho efetivo em um sinal de uma antena.

Usamos o termo ganho para expressar a capacidade que uma antena possui para receber sinais de uma determinada direção, quando a comparamos com uma antena usada como referência. Podemos entender melhor esse significado tomando como exemplo a antena exibida na **figura 4**.

Se essa antena concentra a energia transmitida numa certa direção, ela possui um ganho, pois a intensidade da energia na direção considerada é maior do que aquela de uma antena comum tomada como referência, que irradie o sinal com a mesma intensidade em todas as direções.

O mesmo é válido para uma antena receptora. Se ela consegue captar melhor os sinais que chegam de uma determinada direção, também podemos dizer que esta antena possui um ganho, quando comparado ao desempenho da antena tomada como padrão que recebe da mesma maneira os sinais que vêm todas as direções.

O ganho de uma antena pode ser calculado e normalmente é expresso na forma logarítmica, conforme mostra a seguinte fórmula:

$$Ga\ (dB) = 10 \log (P_1/P_2)$$

Onde:
Ga = ganho em dB (decibel)
Log = logaritmo
P_1 = potência da antena em mW
P_2 = potência da antena-padrão em mW.

Se uma antena irradia 20 W numa direção quando a antena-padrão irradia 1 W, o ganho será:

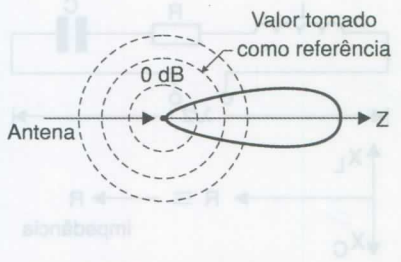
$$Ga = 10 \log 20/1 = 17dB$$

Como o ganho na recepção é medido comparando-se a intensidade do sinal recebido pela antena com a intensidade do sinal recebido no mesmo local com uma antena-padrão, a mesma fórmula pode ser usada para seus cálculos.

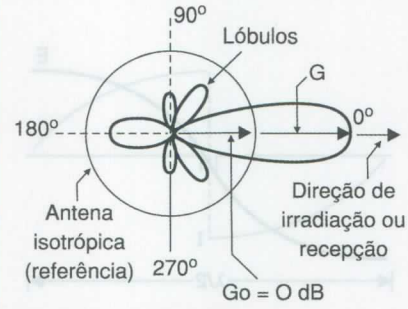
Diretividade

Uma esfera pode ser considerada uma antena ideal. Ela irradia ou recebe sinais com a mesma intensidade em todas as direções.

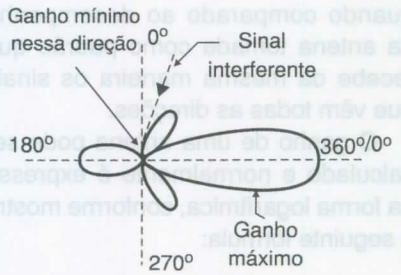
Evidentemente, para as aplicações práticas pode não ser interessante ter um padrão de irradiação desse tipo. Na



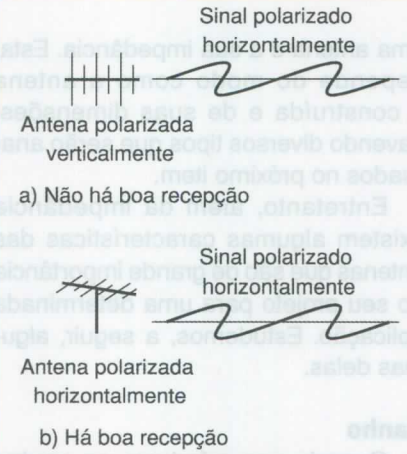
F4. Exemplo de uma antena com "ganho" na direção do eixo Z.



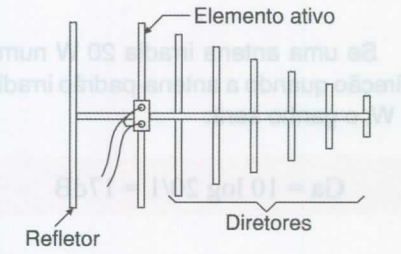
F5. Diagrama da diretividade de uma antena.



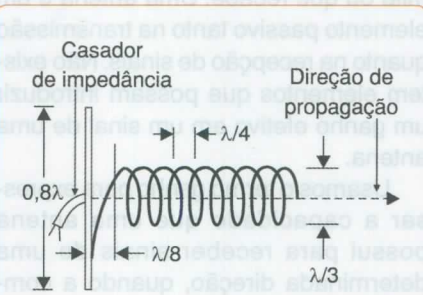
F6. Diagrama de diretividade de uma antena muito diretiva.



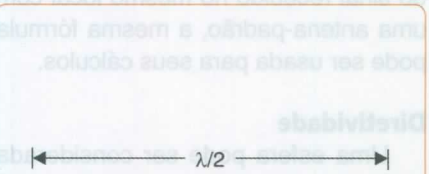
F7. Polarizações vertical e horizontal numa antena.



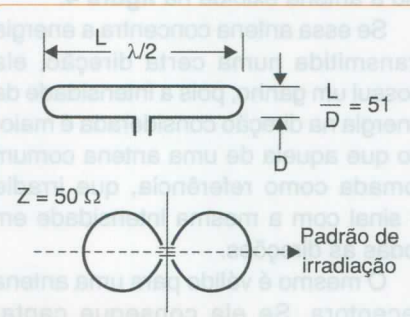
F8. Antena Yagi.



F9. Antena helicoidal.



F10. Antena tipo dipolo de meia onda.



F11. Antena – dipolo dobrado.

realidade, as antenas devem concentrar os sinais em determinadas direções. Para isso, seus formatos raramente são esféricos, mas sim planejados para se obter um comportamento diretivo.

Podemos então falar na diretividade de uma antena como a sua capacidade de concentrar sinais e expressar isso através de um diagrama, observe a **figura 5**. Nesse diagrama, plotamos as intensidades relativas do sinal (recebido ou transmitido) para cada direção a partir daquela para a qual a antena é apontada.

O padrão típico mostrado na figura 5 possui um lóbulo maior que corresponde aos sinais irradiados na direção para a qual a antena está apontada, e outros lóbulos menores que indicam a irradiação de sinais em menor intensidade. Também existem direções em que nenhum sinal é irradiado (ou recebido). Quanto mais estreito for o lóbulo principal e menores os outros, mais diretiva é a antena e maior é o seu ganho na direção para a qual está apontada.

Uma característica importante de uma antena muito diretiva é que ela tende a rejeitar com mais facilidade sinais que chegam lateralmente. Isso é relevante se ela for receptora e no local existirem fontes de interferências. Os sinais dessas fontes podem ser naturalmente rejeitados pela simples escolha de uma antena apropriada, conforme ilustra a **figura 6**.

O diagrama típico dessa antena nos permite igualmente observar o que se denomina "relação frente/costa" de uma antena. Veja no exemplo que os sinais que chegam pela direção para a qual ela foi apontada são muito melhor captados do que os que chegam pela direção oposta, ou seja, pelas "costas".

Polarização

Os campos elétrico e magnético que correspondem a uma onda transmitida (ou recebida) por uma antena possuem uma orientação específica. Eles são perpendiculares um ao outro, e o modo como aparecem numa antena transmissora(ou devem ser captados por uma antena receptora), determinará a sua polarização.

Uma antena com polarização vertical, observe a **figura 7**, não recebe de

maneira eficiente sinais que chegam com uma polarização horizontal.

É por este motivo que as antenas comuns de TV para VHF que vemos nos telhados das casas têm suas varetas colocadas em posição horizontal, e não vertical. Os sinais de TV são polarizados horizontalmente.

Tipos de antena

A escolha do tipo de antena que deve ser usada em um sistema de telecomunicações depende de diversos fatores:

- Frequência de operação
- Diretividade desejada
- Espaço disponível

Se levarmos em conta que as dimensões da antena estão diretamente ligadas ao comprimento da onda do sinal que deve ser transmitido ou recebido, que dependendo da aplicação precisaremos ter antenas mais ou menos diretivas, existem diversos tipos de antenas disponíveis, cada qual com suas características específicas para a aplicação que temos em mente. Os principais tipos de antena possuem denominações especiais que o profissional deve conhecer. Assim,analisaremos as principais.

Yagi

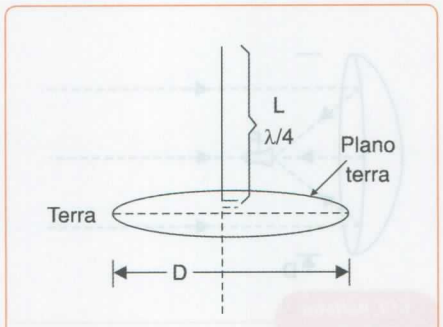
O nome dessa antena se deve ao seu criador, H. Yagi, que a desenvolveu em 1926. A antena Yagi tem como elemento ativo um dipolo. Além disso possui um refletor e dois ou mais diretores, veja a **figura 8**.

O número de elementos diretores desta antena determina o seu ganho e, portanto, a diretividade, além de influir no valor de sua impedância. A impedância típica desse tipo de antena é de 50 ohms.

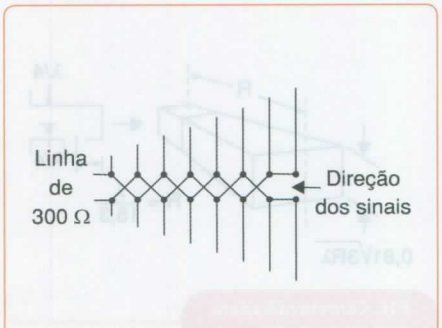
Antena helicoidal

Este tipo de antena é muito comum nos sistemas que operam com frequências muito altas como os *links* de micro-ondas. Seu formato é visto na **figura 9**.

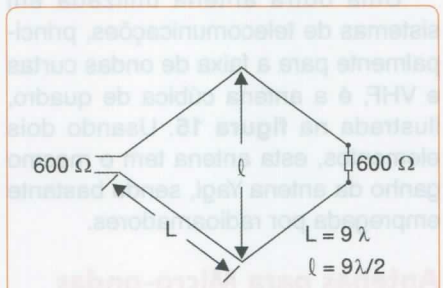
Observe que, como em qualquer antena, as dimensões de todas as partes que a formam possuem uma relação de valores bem definida com o valor do comprimento de onda do sinal que deve ser transmitido ou recebido. Alterações desses valores mudam completamente suas características. Note que uma antena deste tipo se presta apenas à recepção e transmissão numa estreita faixa de frequências que corresponde justamente às suas dimensões.



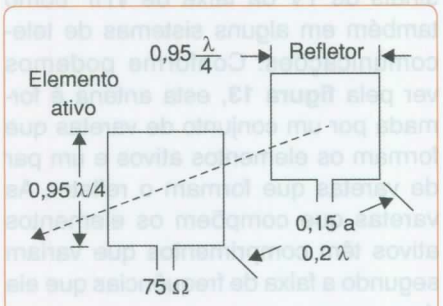
F12. Antena dipolo/ plano terra.



F13. Antena Log-Periódica.



F14. Antena rômbica.



F15. Antena de Quadro.

Dipolo de meia onda

Esta é uma das antenas mais populares, tanto na transmissão como na recepção de sinais para diversas faixas de frequências. A **figura 10** exibe um dipolo de meia onda tipico. Observe que sua impedância típica é de 50 ohms, valor que depende da espessura do fio usado.

Evidentemente este tipo de antena, pelas suas características, se presta à transmissão e recepção de sinais numa pequena faixa de frequências para a qual ela está sintonizada ou dimensionada.

Dipolo dobrado

Este tipo de antena é muito empregado na recepção de sinais da faixa de VFH, principalmente para as estações de TV convencionais dessa faixa. A impedância típica de um dipolo dobrado é de 300 ohms. Na **figura 11** mostramos como esta antena é construída e suas dimensões em relação ao comprimento de onda.

Obviamente, como as características da antena dependem das suas dimensões em relação à frequência do sinal que está sendo recebido, ela se destina à recepção de uma pequena faixa de frequências em torno da qual suas dimensões determinam.

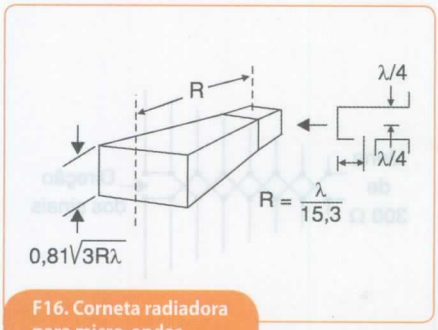
Dipolo/plano terra

A antena dipolo/plano de terra, utiliza a terra como um elemento de irradiação. Na **figura 12** temos o aspecto desta antena que tem uma impedância da ordem de 30 ohms.

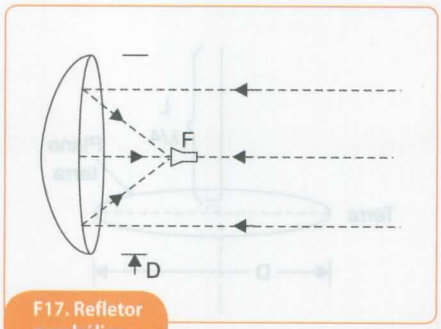
Observe que esta antena irradia com igual intensidade em todas as direções, sendo por isso bastante utilizada em sistemas que exigem esta característica.

Log-Periódica

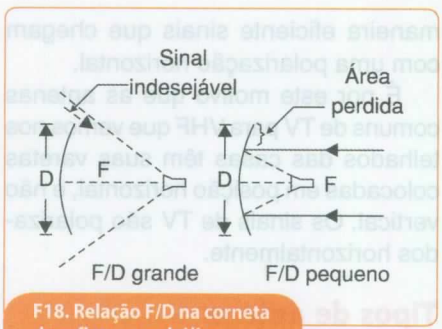
Esta antena é popularmente conhecida pelo nome de "espinha de peixe",



F16. Corneta radiadora para micro-ondas.



F17. Refletor parabólico.



F18. Relação F/D na corneta do refletor parabólico.

sendo utilizada tanto na recepção de sinais de TV da faixa de VHF como também em alguns sistemas de telecomunicações. Conforme podemos ver pela **figura 13**, esta antena é formada por um conjunto de varetas que formam os elementos ativos e um par de varetas que formam o refletor. As varetas que compõem os elementos ativos têm comprimentos que variam segundo a faixa de frequências que ela deve operar.

Assim, quando o sinal que chega a esta antena tem uma frequência tal que seu comprimento de onda se adapte ao conjunto de varetas X, as varetas que estão à sua frente (de comprimento menor) passam a funcionar como diretores, enquanto que as varetas que estão por trás se comportam como refletores. Em suma, nesta antena, as varetas que integram a parte ativa da antena dependem apenas do comprimento de onda do sinal que está sendo recebido.

Por essa capacidade de poder operar numa faixa ampla de frequências, esse tipo de antena é bastante popular na recepção dos sinais de TV da faixa de VHF que ocupam uma faixa relativamente ampla, para a qual normalmente seriam necessárias várias antenas no caso ideal de recepção. O número de elementos desta antena, além de determinar a faixa de frequências na qual ela pode operar com rendimento máximo, também é responsável por outras características como a diretividade.

Rômbica

Na **figura 14** temos uma antena rômbica, cuja impedância típica com as dimensões indicadas é de 600 ohms.

Antena de Quadro

Uma outra antena utilizada em sistemas de telecomunicações, principalmente para a faixa de ondas curtas e VHF, é a antena cúbica de quadro, ilustrada na **figura 15**. Usando dois elementos, esta antena tem o mesmo ganho da antena Yagi, sendo bastante empregada por radioamadores.

Antenas para Micro-ondas

À medida que as frequências dos sinais se tornam mais elevadas, seu comportamento muda. Na faixa das micro-ondas, os sinais já apresentam propriedades bastante semelhantes às da luz, caso em que tanto para sua recepção como transmissão podemos encontrar dispositivos parecidos a lentes e espelhos.

Assim, a antena básica para micro-ondas é a corneta radiadora, mostrada na **figura 16**, observando-se que suas dimensões estão intimamente ligadas ao comprimento de onda do sinal emitido.

Nessa figura vemos também as dimensões que essa corneta deve ter para se obter um bom desempenho.

Outro tipo de configuração bastante usada na recepção e transmissão de sinais de frequências muito altas é a que faz uso do refletor parabólico. O que ocorre é que as cornetas não são muito convenientes quando se deseja ter um ganho elevado, pelas dimensões que precisam ter.

Desse modo, o que se faz é concentrar os sinais provenientes de uma certa direção e refleti-los em direção a uma corneta, veja exemplo na **figura 17**.

Esta configuração é usada em muitos sistemas de telecomunicações, mas, para os leitores que não são da área, muito mais evidente nas antenas de TV via satélite de uso doméstico. Uma característica muito importante neste tipo de antena é a relação entre a distância focal F e o diâmetro da abertura da antena D.

De acordo com a **figura 18**, se a relação é grande, a corneta pode receber sinais também de fora da parábola, tornando-se portanto sensível a interferências. Por outro lado, se F/D é pequena, a corneta não consegue ver os limites da parábola e o rendimento do sistema cai. Nas aplicações práticas, a relação F/D deve estar entre 0,3 e 0,6.

Conclusão

Além destas aqui abordadas, existem diversas outras antenas que encontramos nos equipamentos de telecomunicações modernos.

Como a tendência atual é de que os sistemas de telecomunicações ocupem faixas de frequências cada vez mais elevadas, isso implica que as antenas se tornam cada vez menores, passando a ser embutidas nos próprios equipamentos.

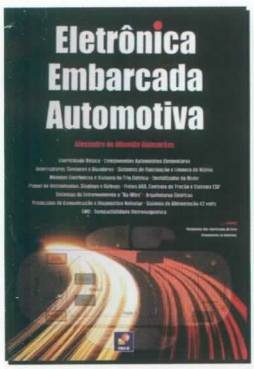
Assim, na faixa dos giga-hertz (faixa centimétrica) as antenas têm ordem de comprimentos de alguns centímetros no máximo. É o que acontece no caso dos GPS dentro de relógios, tablets, celulares, redes sem fio, etc.

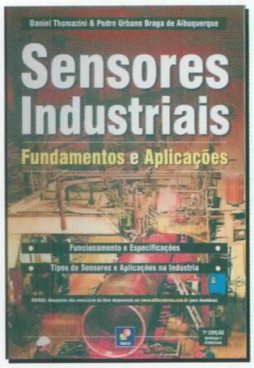
Todavia, qualquer que seja o seu tamanho, as configurações e tamanhos dos elementos seguem as mesmas regras que vimos para os diversos tipos de antenas neste artigo. As dimensões e as formas determinarão suas características elétricas e, com isso, de que forma os sinais serão recebidos ou irradiados.

novasaber
www.novasaber.com.br

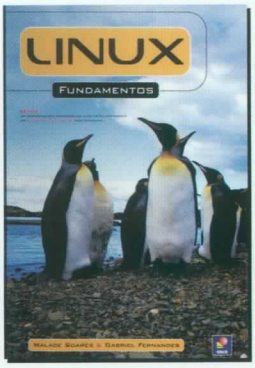
Sua loja de livros técnicos na internet

Promoções especiais e brindes

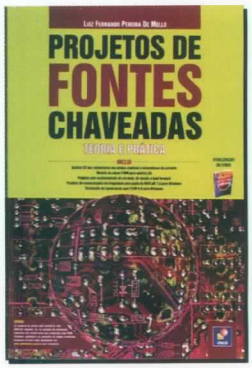








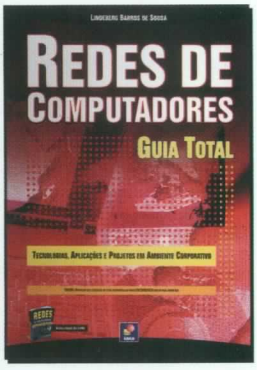






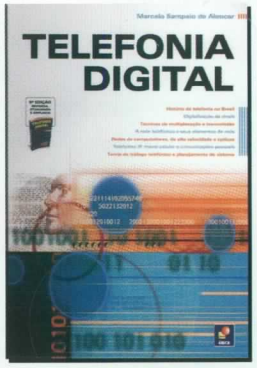


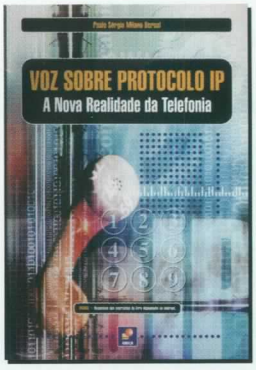




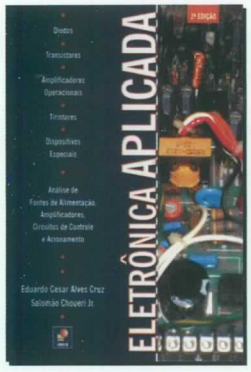








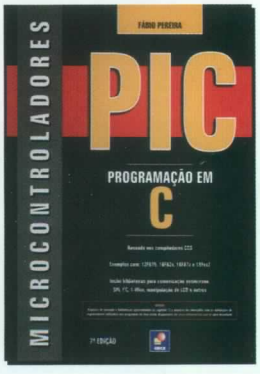












Holtek agora também é ARM

NOVA LINHA DE MICROCONTROLADORES HT32Fxxx

Holtek inova com o lançamento de sua nova linha de microcontroladores HT32Fxxx que une todo o poder de processamento do core ARM Cortex-M3 com sua experiência de mais de 20 anos desenvolvendo microcontroladores de 8 bits, resultando em um microcontrolador poderoso com um set de periféricos abrangente altamente competitivos em preço.

CARACTERÍSTICAS:

Com a integração do núcleo Cortex-M3 em seus dispositivos os desenvolvedores contam com as seguintes vantagens:

- **Frequência de operação de até 72MHz.**
- **1,25 DMIPS/MHz**
- **Multiplicação e divisão em um único ciclo por hardware.**
- **Interrupções vetoradas e aninhadas através do controlador NVIC**
- **Timer de 24-bits**

A arquitetura ARM presente em seus novos microcontroladores de 32 bits, proporciona o uso dos melhores ambientes de programação da atualidade como:

- **Keil MDK-ARM**
- **IAR EWARM**

HOLTEK

ANYTEK conectores

FORDATA FOR DATA DISPLAY

módulos RF WENSHING

GlobalSat Wired by Wireless

APLUS CI reprodutor de sons

FAGOR

SIMCom A company of SIM Tech

Visite o site da Holtek e conheça toda linha:

www.holtek.com

Cika Eletrônica

Seu Distribuidor de Componentes Eletrônicos

Tel.: 55 11 2696-6428 / Fax: 55 11 2696-6422

vendas@cikaeletronica.com

www.cikaeletronica.com