

ELETRÔNICA ELETRÔNICA

28

para todos



ALTAS FREQUÊNCIAS



DIAGRAMAS
DE ESTADO



COMPONENTES PARA
ALTA FREQUÊNCIA



LÂMPADAS FLUORESCENTES



O FREQUENCÍMETRO



Projeto nº 28:
GRAVADOR DE VOZ

SALVAT

JACKSON
LIBRI®



Altas freqüências

Quando existem freqüências elevadas, o comportamento dos circuitos é diferente do habitual

Quando aumenta a freqüência, os fenômenos **parasitas** (por exemplo, a capacidade e a indução não desejadas) são cada vez mais importantes, até ao ponto de condicionarem o funcionamento do circuito.

Por exemplo, uma capacidade parasita de 1 pF tem uma reactância de aproximadamente 160 M Ω para a freqüência de 1 KHz, portanto, representa uma incomodidade praticamente **supérflua**.

Com 900 MHz (por exemplo, muitos telefones celulares), a mesma capacidade de 1 pF tem, no entanto, uma reactância de mais ou menos 177 Ω , pelo que oferece um itinerário **fácil** para a corrente que não pode ser ignorada.

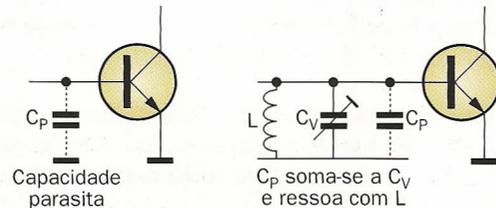


ELIMINAÇÃO DOS PARASITAS

Dado que é evidentemente impossível eliminar completamente capacidades e induções que não são desejadas, só falta encontrar o modo de **compensá-las** introduzindo outros elementos no circuito.

Utilizam-se com freqüência elementos reativos do sinal oposto, por exemplo indutores calculados para **ressoarem** com as capacidades parasitas; portanto, estas últimas fazem parte do autêntico circuito.

Em geral, utilizam-se indutores ou capacitores **variáveis** para ajustar o circuito com a freqüência do trabalho, de modo que se consiga obter um excelente funcionamento.



Para compensar a capacidade parasita C_p pode-se fazer com que esta faça parte do circuito ressonante L- C_v .

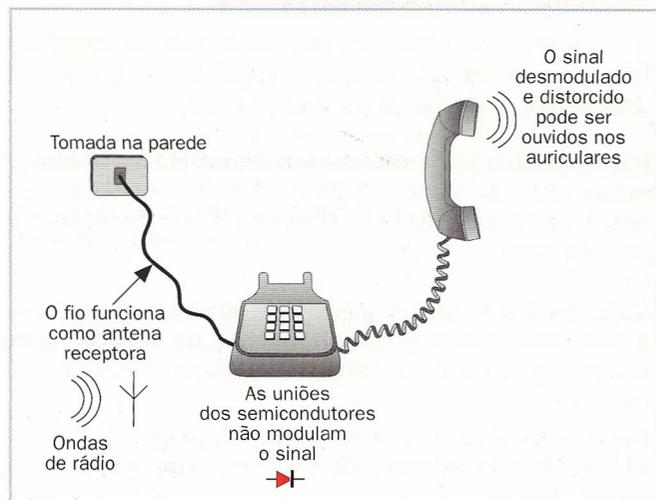
FIOS COMO ANTENAS

Com altas freqüências, cada pedaço de fio pode-se converter em uma antena e também **irradiar** ondas electromagnéticas, ou mesmo recebê-las.

Um clássico exemplo do que foi anteriormente dito são as **conversações** dos radioamadores (freqüentemente distorcidas) que, por vezes, se ouvem pelo telefone ou na aparelhagem de alta fidelidade, especialmente com um velho toca-discos.

De fato, o sinal é **captado** pelos fios que ressoam com a freqüência da onda, ao passo que as uniões dos primeiros passos do amplificador funcionam como diodos detetores na modulação da amplitude.

Procedência das vozes misteriosas que podem ser ouvidas em um telefone, quando estão perto de transmissores de rádio.





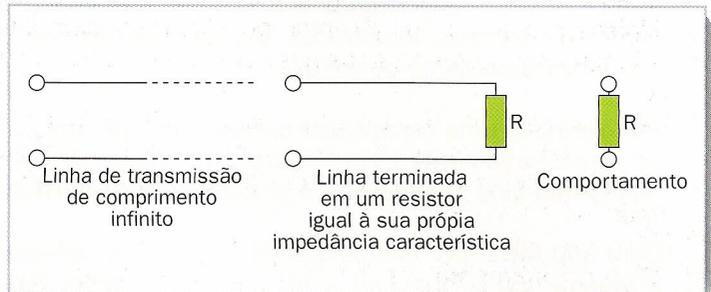
Linhas de transmissão

Com uma correta adaptação da impedância pode-se eliminar os efeitos parasitas nos fios que levam sinais com alta frequência

A irradiação emitida por um fio é devida principalmente às ondas que estão estacionadas e que são causadas pela **reflexão**: se o fio fosse infinito, o sinal não se refletiria.

Pode-se simular um fio infinito utilizando um **par de fios** situados a uma distância constante, e fechados no extremo com um resistor de um valor adequado.

Esta é uma linha de **transmissão**, que tem uma "impedância característica" precisa que depende da sua construção; se o resistor tiver exatamente este valor, é como se a linha fosse infinita.



Uma linha de transmissão, infinita ou terminada na sua própria impedância característica, aparece como um resistor puro.

CABOS COAXIAIS E GUIAS DE ONDA

O **cabo coaxial** é um caso especial de linha; está composto por dois fios, um que vai para o centro e o outro que forma a blindagem externa, obtendo, deste modo, a vantagem de ter uma irradiação quase nula.

Os cabos coaxiais utilizados habitualmente têm uma impedância característica de 50Ω , ou mesmo de 75Ω , que se deve manter durante **todo o percurso**, com os conectores incluídos.

Nas frequências ainda mais elevadas (GHz) são utilizadas as **guias de onda**, que são tubos metálicos especiais com forma retangular realizados com uma grande precisão mecânica.



Cabo coaxial de 50Ω e conectores do tipo BNC, também com a mesma impedância característica.

LINHAS NO CIRCUITO IMPRESSO

A impedância característica deveria manter-se **constante** até à saída do transistor amplificador (ou outro dispositivo), portanto, já no circuito impresso.

Este processo pode ser feito realizando linhas de transmissão com os mesmos **trilhos** de cobre (ou outro material), junto com um plano da massa que reveste o outro lado da base.

Calculando com precisão a largura dos trilhos, conforme a sua espessura e o tipo de material de suporte, esta técnica ("microstrip" ou "stripline") assegura **muito bons resultados**.

Praticamente todos os circuitos modernos de alta frequência utilizam a técnica das microstrip realizadas sobre o próprio circuito impresso.



Adaptação da impedância

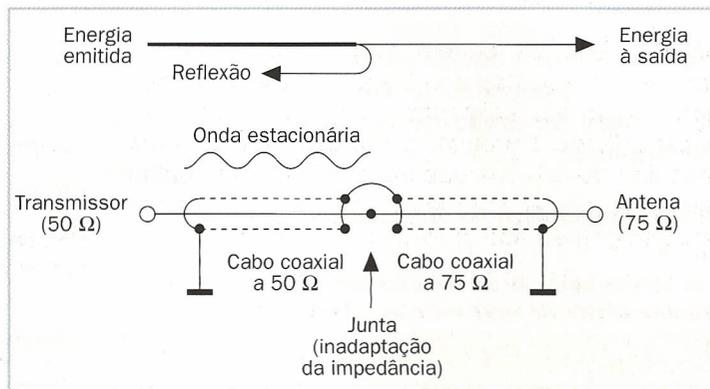
Se a impedância não coincidir, é necessário introduzir um circuito adaptador para evitar as ondas estacionárias

Em cada união existente entre as linhas onde existe uma **inadaptação da impedância**, ou seja, onde as impedâncias não são idênticas, tem-se uma reflexão parcial do sinal.

Este fato é especialmente importante em um transmissor onde o **sinal refletido** não é irradiado e pode regressar para o amplificador ao mesmo tempo que se dissipa no calor. A **relação da onda estacionária** (SWR: standing wave ratio) indica a confiabilidade da adaptação da impedância: o

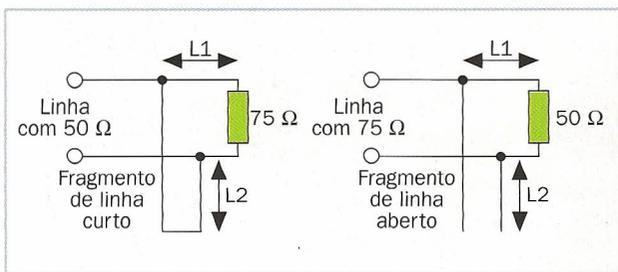
Uma inadaptação de impedância envia para trás parte da energia e cria uma onda estacionária na linha.

seu valor ideal é um, e torna-se infinito no caso de reflexão total.



ADAPTADORES DE ANTENA

Um **fragmento** de linha de transmissão apresenta diferentes características (resistentes ou/e reativas) à entrada, conforme a impedância na qual se fecha a saída e o seu comprimento.



Esta propriedade pode ser aproveitada para **adaptar a impedância** da antena com a do fio, utilizando fragmentos de linha, abertos ou em curto-circuito num dos extremos.

O comprimento dos fragmentos e o ponto de inserção na linha não dependem apenas das impedâncias, mas também do **comprimento de onda**; de fato, o sistema só funciona para uma determinada frequência.

Adaptação da impedância com fragmentos do comprimento calculado (L2), situados a uma distância exata (L1).

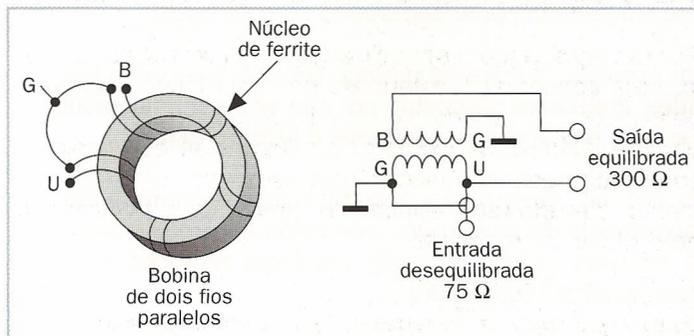
BALUN

Com frequência, a antena é **simétrica**, como no caso do di-pólo, ao passo que a linha de transmissão é assimétrica, normalmente um cabo coaxial. Neste caso, utiliza-se um adaptador chamado **balun** (balanced-unbalanced: equilibrado-desequilibrado), que nas antenas receptoras (por exemplo de televisão) é realizado geralmente na forma de um transformador.

Quando se **está transmitindo** é preferível, normalmente, utilizar fragmentos de linha, ou, no ca-

so de potências superiores, estruturas metálicas de características elétricas equivalentes.

Balun de transformador, realizado com uma bobina de dois fios: produz duas tensões simétricas em contra-fase.





Técnicas para altas freqüências

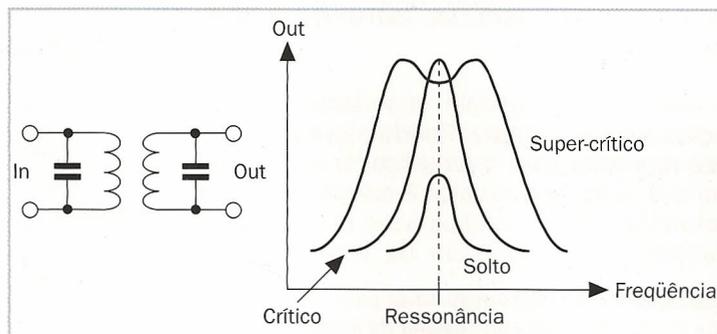
Alguns exemplos de soluções utilizadas nos circuitos que funcionam com freqüências médias e elevadas

Nos **transformadores** ajustados, as duas bobinas estão dotadas de um capacitor que os transforma em outros circuitos ressonantes.

Uma característica interessante destes transformadores é devido ao fato da sua largura de banda depender também e, sobretudo, do **grau de união** que existe entre os dois indutores.

Se for estreita, tem-se uma resposta na fre-

A largura da banda de um transformador ajustado depende do grau de união entre as bobinas.



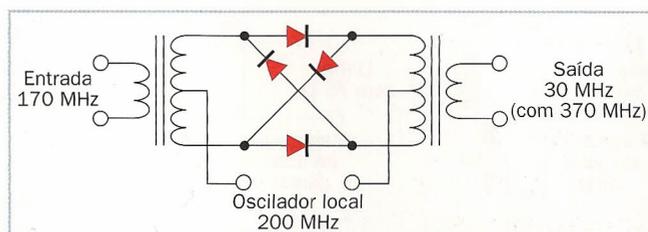
MISTURADORES

Enquanto para baixas freqüências (por exemplo no campo de áudio) se trata de reduzir ao mínimo toda a forma de **distorção** e de influência recíproca entre os sinais, algumas vezes na alta freqüência acontece o contrário.

Por exemplo, os **misturadores** têm exatamente a missão de causarem uma interação entre dois sinais, produzindo as freqüências soma e diferença (no campo de áudio, o termo "misturador" indica, portanto, um simples somador).

Modulador de argola, que aqui é utilizado como misturador para converter uma freqüência em outra.

Um misturador ideal efetua uma **multiplicação** entre os dois sinais; na prática, não parece que seja um multiplicador perfeito, embora deva ter um comportamento não linear.

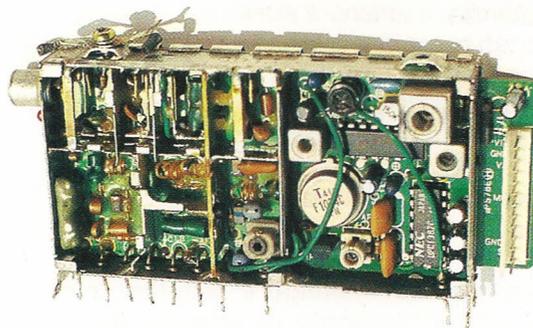


BLINDAGENS

Se tivermos em conta a capacidade das altas freqüências para aproveitar toda a capacidade mínima entre dois fios, é essencial que as diferentes etapas de um circuito estejam perfeitamente **separadas** uma da outra.

Por exemplo, é possível protegê-las com pequenas **paredes metálicas**, dispostas por sua vez em uma caixa que isole electromagneticamente o todo do exterior.

Os fios de alimentação transitam normalmente pelos **capacitores de passagem**, que estão soldados à parede metálica, e têm em série indutores de bloco para parar as altas freqüências.



Um sintonizador de televisão funciona com centenas de MHz e está, portanto, totalmente blindado.



Diagramas de estado

Esta ferramenta gráfica permite descrever um circuito do ponto de vista do seu comportamento

O **estado** de um circuito digital é apenas o conjunto dos valores lógicos presentes nos distintos pontos do mesmo circuito, por exemplo os valores binários nas saídas de um contador.

Já vimos que os circuitos seqüenciais estão dotados de memória, ou seja, **conservam** o seu próprio estado até que um acontecimento externo (por exemplo, um impulso do relógio) o modifique.

O funcionamento de muitos circuitos pode ser descrito convenientemente através de um diagrama que represente os estados e as **transições** (passagens) de um estado para outro.



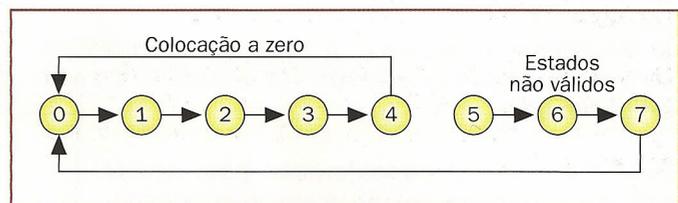
ESTADOS NÃO VÁLIDOS

A figura mostra os oito possíveis estados de um **divisor por 5**, realizados com um contador de três etapas que conta de 0 a 4 e depois coloca-se a zero (ver lição 16).

Como se pode ver, com cada movimento do relógio o contador **avança** uma etapa (representada em um círculo) para a posterior, seguindo os ponteiros; deste modo, do estado 4 volta para o estado zero.

Etapas de um divisor por 5 construído com um contador por 8, que se coloca a zero quando o contador ultrapassa o 4.

Na **ligação** pode acontecer que “acorde” em um dos estados não válidos (do 5 para a frente): neste caso, continuará até à etapa 7 e depois voltará para 0, e só a partir desse momento seguirá o ciclo correto.



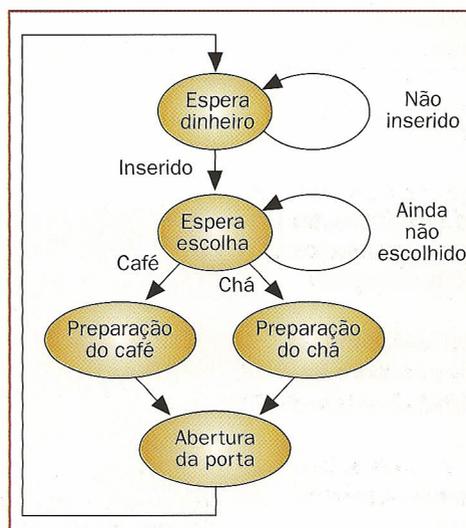
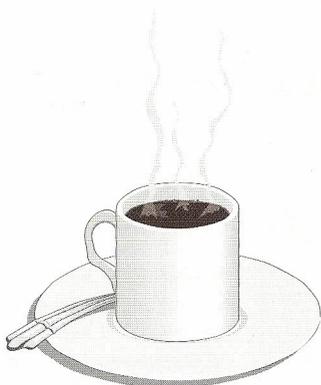
CONDIÇÕES

Não são muitos os circuitos que seguem um percurso sempre igual, como o contador; aparecem freqüentemente **várias** possíveis transições, que são escolhidas segundo uma determinada condição.

A figura mostra o diagrama das etapas, simplificado, de um **distribuidor automático** de bebidas; no final de cada operação, volta para o estado inicial de espera.

Quando de um círculo (estado) partem vários ponteiros (transições), as frases indicam a **condição** relativa para cada percurso; observe que os estados de espera voltam a si mesmos.

Diagrama de estados que descreve as possíveis situações em que se pode encontrar o distribuidor automático de café.





Máquinas de estados

Os diagramas de estado podem se transformar diretamente em circuitos lógicos

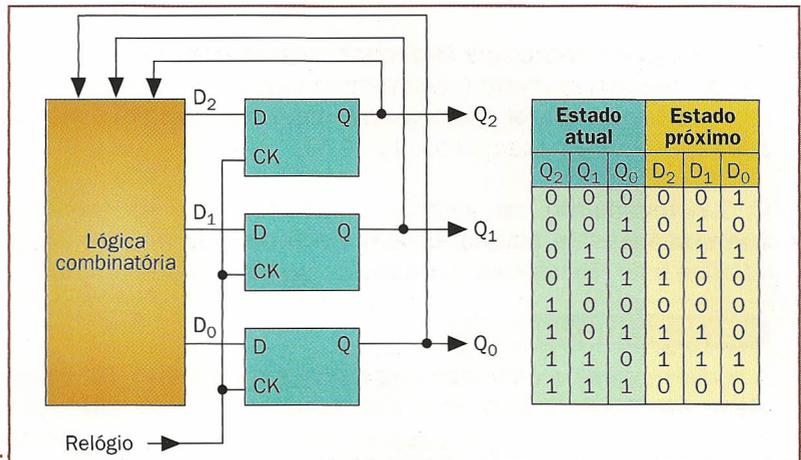
A figura mostra um modo de realizar um **divisor por 5**, utilizando três flip-flop D (que repetem a entrada para a saída de cada relógio) e um pouco de lógica combinatória.

Esta última deve examinar as saídas e **predispôr** as entradas para o posterior estado desejado; não nos interessa, de momento, como foi realizado.

No relógio, as entradas **serão transferidas** para as saídas, passando portanto

Realização de um contador por 5 com uma máquina de estados: observe que, do estado 4 (100 em binário) passa-se para o estado zero.

para o novo estado: um mecanismo deste tipo chama-se “máquina de estados”.



ACRESCENTAR AS ENTRADAS

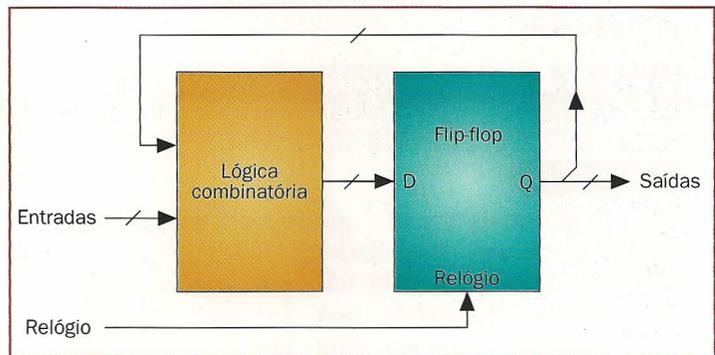
Os dispositivos reais, como o distribuidor automático de café, têm **sinais de entrada** que determinam o seu comportamento.

Como têm que ser **consideradas** para decidir qual será o seguinte estado, a lógica combinatória deve ter em conta estas recepções.

A figura mostra uma máquina de estados genérica: na **entrada** encontra-se tanto o estado atual,

Máquina de estados genérica: a lógica combinatória decide o novo estado, em função das entradas e do atual.

representado pelos flip-flop, como a informação procedente do exterior.



ESTADOS E AVANÇO

A questão mais importante é que as máquinas de estados têm somente um certo número de estados **bem definidos**, e nenhuma posição intermediária.

A mudança de estado é **simultânea**, ou seja, produz-se num determinado momento, no nosso caso o impulso de relógio dos flip-flop são os que armazenam o novo estado atual.

Sob certas condições, por exemplo com a espera de algum acontecimento externo (o dinheiro para o ca-

fé), o estado seguinte pode ser **igual** ao anterior, em cujo caso a máquina não mudará de estado.

A pontuação na classificação das equipas representa o estado do campeonato, que muda todas as semanas.

| | CLASSIFICAÇÃO APÓS A JORNADA 38ª | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|----------------------------------|-----|----|----|------|----|----|----|------|-----|---|----|----|----|-----|----|
| | TOTAL | | | | CASA | | | | FORA | | | | | | | |
| | J | Pt. | F | C | G | E | P | F | C | Pt. | E | P | F | C | Pt. | |
| A.Paranense | 38 | 74 | 78 | 56 | 14 | 1 | 4 | 42 | 23 | 43 | 9 | 4 | 6 | 36 | 33 | 31 |
| Figueirense | 38 | 65 | 52 | 42 | 12 | 5 | 2 | 36 | 17 | 41 | 5 | 9 | 5 | 16 | 25 | 24 |
| Tubarao | 38 | 63 | 60 | 37 | 10 | 8 | 1 | 33 | 16 | 38 | 6 | 7 | 6 | 27 | 21 | 25 |
| E.C.Bahia | 38 | 63 | 63 | 45 | 12 | 4 | 3 | 34 | 15 | 40 | 5 | 8 | 6 | 29 | 30 | 23 |
| Santa Cruz F.C. | 38 | 60 | 55 | 39 | 10 | 5 | 4 | 34 | 19 | 35 | 6 | 7 | 6 | 21 | 20 | 25 |
| Vila Nova F.C. | 38 | 60 | 54 | 47 | 14 | 4 | 1 | 34 | 13 | 46 | 3 | 5 | 11 | 20 | 34 | 14 |
| Juventude E.C. | 38 | 60 | 79 | 56 | 11 | 6 | 2 | 47 | 22 | 39 | 5 | 6 | 8 | 32 | 24 | 21 |
| Paraná | 38 | 59 | 49 | 50 | 11 | 4 | 4 | 30 | 21 | 37 | 6 | 4 | 9 | 9 | 19 | 29 |
| Am. Carioca | 38 | 55 | 58 | 52 | 9 | 5 | 5 | 32 | 21 | 32 | 7 | 2 | 10 | 26 | 31 | 23 |
| Fortaleza | 38 | 53 | 44 | 31 | 9 | 7 | 3 | 25 | 10 | 34 | 3 | 10 | 6 | 19 | 21 | 19 |
| Coritiba | 38 | 50 | 36 | 47 | 7 | 7 | 5 | 22 | 19 | 28 | 6 | 4 | 9 | 14 | 28 | 22 |
| Paysandu | 38 | 49 | 44 | 46 | 9 | 6 | 4 | 32 | 25 | 33 | 3 | 7 | 9 | 12 | 21 | 16 |
| Vila Nova F.C. | 38 | 48 | 45 | 53 | 4 | 10 | 5 | 23 | 26 | 22 | 8 | 2 | 9 | 22 | 27 | 26 |
| Internacional | 38 | 45 | 46 | 55 | 8 | 4 | 7 | 26 | 21 | 28 | 4 | 5 | 10 | 20 | 34 | 17 |
| Criciúma | 38 | 45 | 44 | 57 | 8 | 8 | 3 | 29 | 23 | 32 | 3 | 4 | 12 | 15 | 34 | 13 |
| Avai F.C. | 38 | 45 | 46 | 46 | 9 | 5 | 5 | 33 | 19 | 32 | 3 | 4 | 12 | 13 | 27 | 13 |
| Chapecoense | 38 | 44 | 56 | 66 | 8 | 6 | 5 | 30 | 23 | 30 | 3 | 5 | 11 | 26 | 43 | 14 |
| Náutico | 38 | 40 | 36 | 51 | 7 | 6 | 6 | 19 | 18 | 27 | 2 | 7 | 10 | 17 | 33 | 13 |
| Vitória | 38 | 39 | 33 | 53 | 8 | 7 | 4 | 25 | 18 | 31 | 1 | 5 | 13 | 8 | 35 | 8 |
| Goias | 38 | 13 | 31 | 80 | 2 | 2 | 15 | 15 | 39 | 8 | 0 | 5 | 14 | 16 | 41 | 5 |

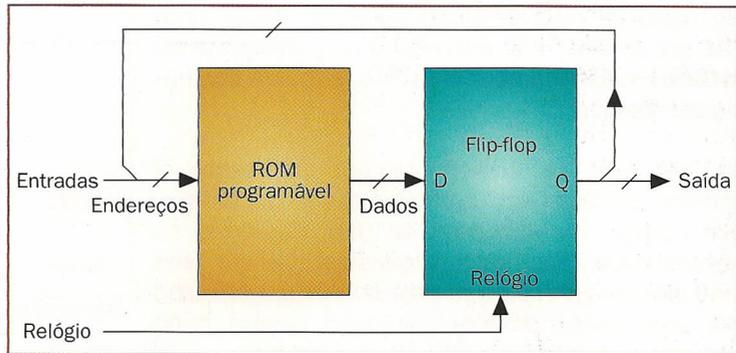
Máquinas programáveis

É possível mudar o comportamento de uma máquina sem modificar o circuito

Já vimos na lição 22 que uma **memória programável** (EPROM ou similar) pode ser utilizada para realizar qualquer circuito combinatorio, nos limites das entradas e das saídas.

O circuito mostrado na figura é uma máquina de estados **genérica**, cujo comportamento depende do conteúdo gravado na ROM programável, que substitui a lógica combinatoria.

Para cada **combinação** de entradas e saídas pode-se atribuir o novo estado desejado, para o qual parará no momento do relógio, e assim o circuito pode desenvolver todo o tipo de trabalho.



A mesma máquina de estados genérica da página anterior, realizada com uma ROM programável.

UM CONTADOR COM ENABLE

A figura mostra como se pode **programar** o conteúdo da EPROM para realizar o divisor por 5 que já foi examinado anteriormente e que, no entanto, avança apenas quando a entrada do enable vale 1.

A incorporação de uma entrada **duplica** o número de possíveis estados, que se refere ao contador da página anterior; é necessário que todos estejam bem definidos.

A EPROM recebe como **endereço** o estado atual dos flip-flop e das entradas, e produz como dado o novo estado desejado das saídas.

A FAVOR E CONTRA DA EPROM

Quando se utiliza uma EPROM pode-se modificar o comportamento do circuito reprogramando simplesmente o conteúdo da memória, ou seja, modificando o **software**.

Deste modo pode-se conseguir uma grande redução do custo de possíveis modificações, tanto para corrigir erros como para acrescentar novas funções; não é preciso mudar o circuito (**hardware**). Pelo contrário, a EPROM é incômoda e relativamente cara; além disso, é necessário programar **explicitamente** todas as possíveis combinações das entradas, que podem ser bastantes.

Uma EPROM, juntamente com um flip-flop múltiplo, permite realizar uma máquina de estados programável para muitas utilizações.

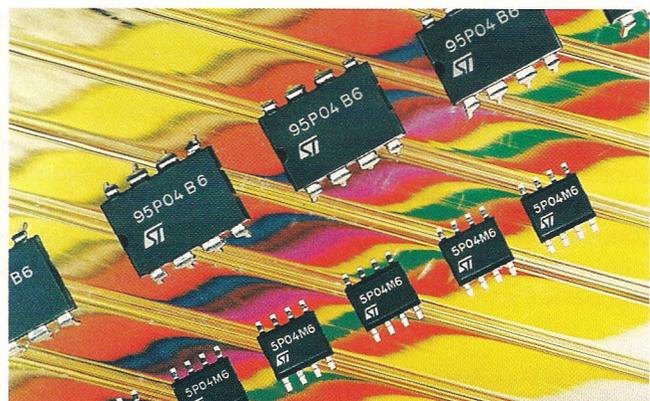
| Endereço (em binário) | Dado (em binário) |
|-----------------------|-------------------|
| 0 0 0 0 | 0 0 0 |
| 0 0 0 1 | 0 0 1 |
| 0 0 1 0 | 0 1 0 |
| 0 0 1 1 | 0 1 1 |
| 0 1 0 0 | 1 0 0 |
| 0 1 0 1 | 1 0 1 |
| 0 1 1 0 | 1 1 0 |
| 0 1 1 1 | 1 1 1 |
| 1 0 0 0 | 0 0 1 |
| 1 0 0 1 | 0 1 0 |
| 1 0 1 0 | 0 1 1 |
| 1 0 1 1 | 1 0 0 |
| 1 1 0 0 | 0 0 0 |
| 1 1 0 1 | 1 1 0 |
| 1 1 1 0 | 1 1 1 |
| 1 1 1 1 | 0 0 0 |

Enable

Enable=0, não avança

Enable=1, avança; depois do 4 volta para zero

Dados que se escrevem na EPROM para realizar um divisor por 5; o bit mais alto do endereço ativo para a contagem.



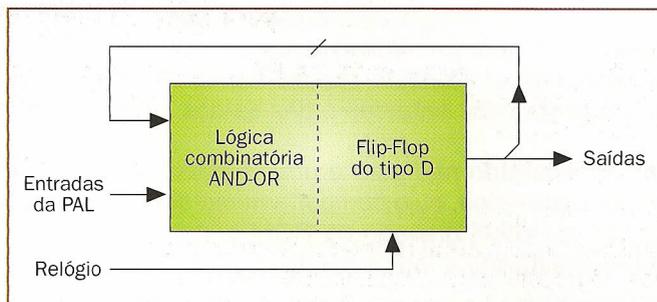


PAL com registros

As PAL oferecem normalmente a possibilidade de ter um flip-flop em cada saída

No lugar de uma EPROM pode-se utilizar uma PAL (ou similar); a figura mostra uma **máquina de estados** realizada com uma PAL, seguida dos habituais flip-flop.

As PAL que se podem adquirir facilmente já contêm um **flip-flop** (ou "registros") nas saídas, que podem ser utilizadas ou não, conforme as necessidades. Portanto, é possível realizar uma máquina de estados que desenvolva um trabalho que seja medianamente complexo, empregando um **único** integrado: a PAL com registros.



Mais uma variante da máquina de estados genérica, desta vez realizada com uma PAL com registros (ou seja, um flip-flop).

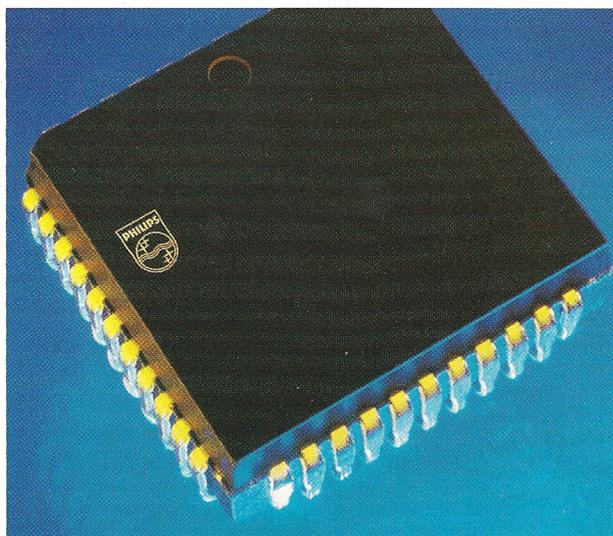
UMA MÁQUINA INCOMPLETA

Utilizar uma PAL no lugar de uma EPROM é bastante cômodo, mas nem sempre se pode fazer já que, como já vimos na lição 26, não oferece **todas** as possíveis combinações das entradas.

As equações já escritas para a PAL devem ser **funcionalmente** equivalentes com a tabela desejada, o que nem sempre é fácil de conseguir, e em alguns casos até pode resultar impossível.

Quando se descreve o **estado** de cada bit de saída conforme os valores da entrada, é proibido utilizar um número de somas lógicas (OR) superior ao permitido pelo integrado.

Embora com alguns limites, a PAL e os dispositivos similares resultam muito úteis para reduzir o número de componentes de um circuito.

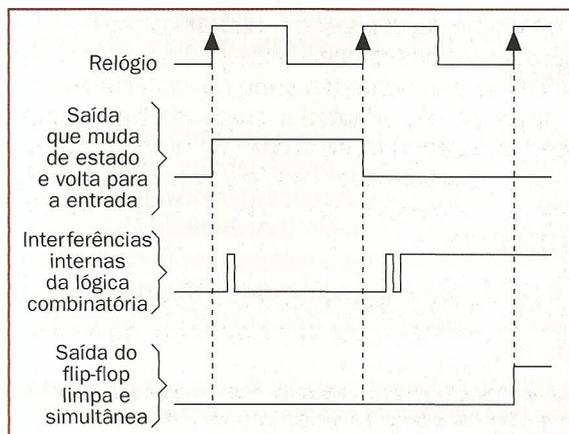


UTILIDADE DOS REGISTROS

Embora os **flip-flop** contidos em muitos modelos da PAL possam ser utilizados para realizar máquinas de estados, com certeza também podem ser usados para muitas outras funções.

Por exemplo, podem ser utilizados como **memória**, ou seja, para conservar o estado de um sinal lógico, independentemente do fato de ser ou não levado de novo para a entrada. Além disso, como os flip-flop estão normalmente controlados por um único relógio, garantem um funcionamento **simultâneo**, eliminando possíveis interferências produzidas internamente.

Os flip-flop D capturam as saídas da lógica combinatória num momento determinado, quando os sinais são estáveis.





Componentes para alta freqüência

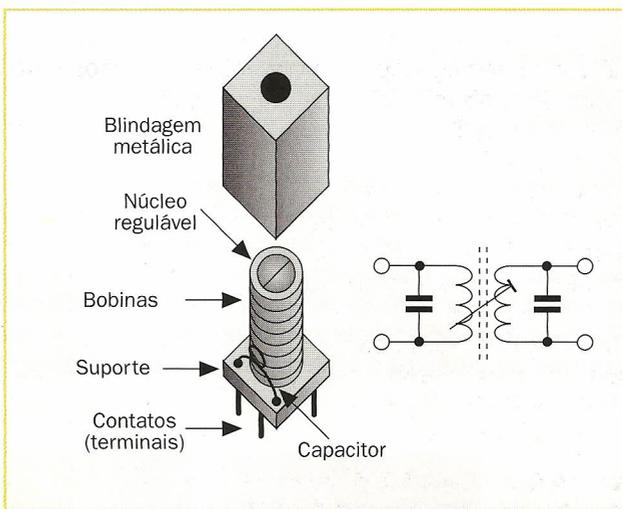
Para se poder subir a freqüência, é necessário recorrer a componentes especializados

Os transformadores de **freqüência intermêdiária** (IF) são simplesmente transformadores ajustados (ver seção de Analógica), que estão dotados de blindagem externa.

O núcleo pode **ser regulado** normalmente através de um parafuso, para que possa ajustar o transformador à freqüência desejada; a operação deve ser efetuada com uma chave de parafusos que não seja metálica.

Podem ser adquiridos nas versões para as freqüências intermediárias dos **receptores de rádio AM** (455 KHz), FM (10,7 MHz), vídeo de televisão (38,9 MHz), áudio de televisão (5,5 MHz) e para outros usos diversos.

Transformador ajustado, utilizado normalmente entre as etapas amplificadoras de freqüência intermediária dos receptores de rádio e televisão.

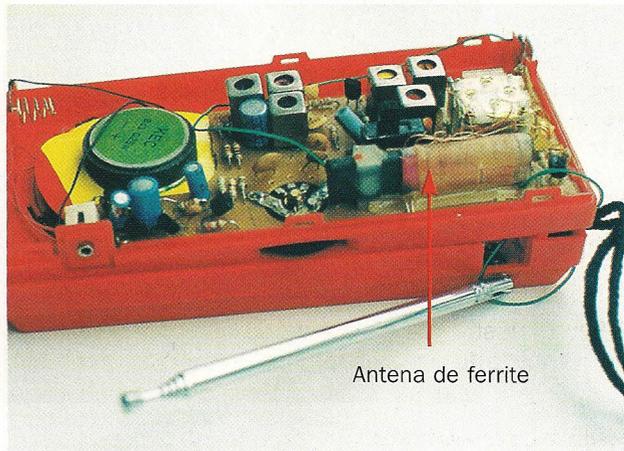


ANTENAS DE FERRITE

Para as freqüências relativamente **baixas** (por exemplo, ondas médias e longas), seria necessário uma antena de grandes dimensões para captar um campo electromagnético que seja bastante elevado.

Portanto, é preferível receber o **componente magnético** da onda de rádio, utilizando um circuito ressonante com um núcleo de grandes dimensões.

Esta "antena" está construída normalmente de **ferrite**, que é um material de elevada permeabilidade magnética, ou seja, com capacidade para concentrar o fluxo magnético; a sua correta orientação é importante.

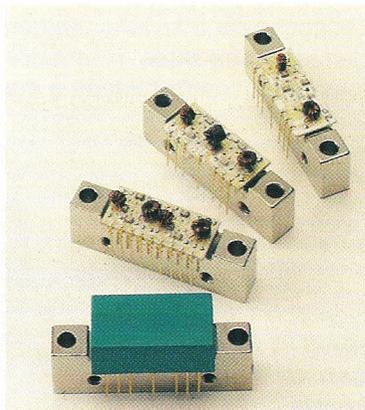


BLOQUEIO DAS ALTAS FREQUÊNCIAS

Os "**chokes**" são indutores de bloqueio, utilizados quando se deseja passar a componente contínua mas sem as freqüências altas.

Para as freqüências elevadas pode ser suficiente uma simples **pérola de ferrite** enfiada no fio (ou terminal do componente) para aumentar a indução.

Os **capacitores de passagem**, soldados à blindagem metálica, oferecem um percurso preferente em direção à massa para os sinais não desejados com freqüência elevada.



Para bloquear a alta freqüência utilizam-se indutores de bloqueio (chokes), pérolas de ferrite e capacitores de passagem.

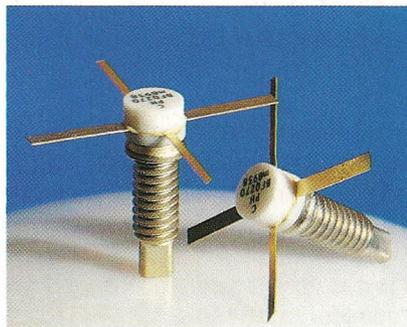


Componentes ativos

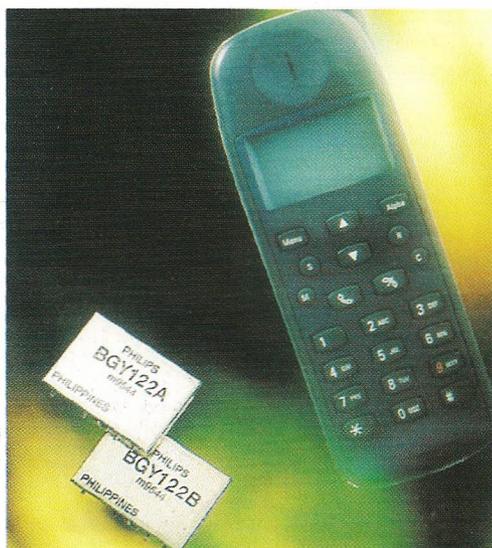
Muitos dispositivos usados para altas frequências podem ser adquiridos na forma de módulos previamente fabricados

Um **transistor de potência** para alta frequência tem o aspecto característico que é mostrado na figura, com lâminas planas em lugar dos habituais terminais.

Estas lâminas permitem a soldadura diretamente às **microstrip** do circuito impresso, de maneira que se possa adaptar a impedância e se reduzam os efeitos parasitas. Estes transistores funcionam normalmente na classe C (ver lição 25 de Analógica); a **impedância** de saída é perfeitamente adequada para impedir um regresso de potência e o conseqüente aquecimento.



Transistores que são utilizados como amplificadores para altas frequências; o parafuso da parte de baixo permite a fixação a um dissipador.



MÓDULOS JÁ PREPARADOS

A rápida **expansão** das aplicações de alta frequência (ou "RF", rádio-frequência) deram lugar a uma proliferação da oferta de componentes, tanto integrados como módulos terminados.

Portanto, é possível **adquirir** osciladores, amplificadores, misturadores, filtros, balun e muitos outros blocos de circuito, evitando o seu difícil projeto e realização pessoal.

Em geral, os módulos estão previstos para as técnicas modernas de **montagem superficial** (sem terminais), especialmente adequadas para reduzir ao mínimo os efeitos parasitas.

O uso de módulos já testados e selados na fábrica simplificaram o projeto de aparelhos de alta frequência.

INSTALAÇÕES DAS TELEVISÕES DOMÉSTICAS

As instalações para a recepção da televisão também têm sido realizadas com **componentes** já criados, neste caso já terminados para a sua instalação e manutenção.

Na **central** instalam-se amplificadores selecionados ajustados aos canais desejados, filtros para eliminar os sinais não desejados e finalmente um misturador (entendendo-se neste caso como um adicionador linear).

Embora funcionem com centenas de MHz, as instalações da antena de televisão de módulos não requerem conhecimentos especiais de técnicas de circuitos.

Há um econômico cabo coaxial com 75Ω que **distribui** o sinal para as tomadas de televisão; é preciso respeitar a impedância e também manter o mesmo nível do sinal nas diferentes tomadas.



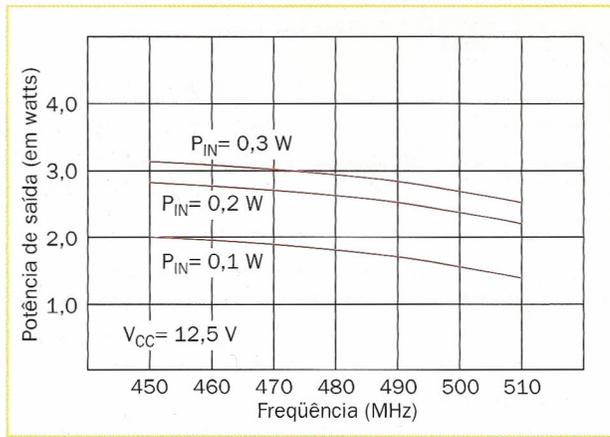
Um transistor para UHF

As etapas de potência dos transmissores são apresentadas de um modo diferente à dos componentes normais para baixas frequências

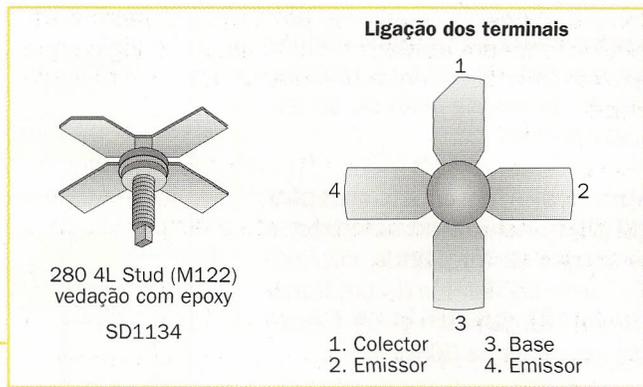
O transistor **SD1134** (SGS-Thompson) é um exemplo de amplificador para transmissores UHF, com frequências à volta dos 500 MHz.

Este pode funcionar como etapa **final**, ou seja, dirigir diretamente a antena, ou mesmo como **piloto** para um final de potência mais elevado.

Na caixa há duas ligações para o emissor, de modo que se garanta a mínima impedância para a massa.



Potência típica da saída (superior ao mínimo garantido) conforme o controle e a frequência do trabalho.



POTÊNCIA E GANHO

Este transistor pode produzir uma potência pelo menos de 2 W com a **frequência de trabalho**, especificada entre 450 e 510 MHz; deve, no entanto, ser controlada na entrada (ou seja, na base) com a potência adequada.

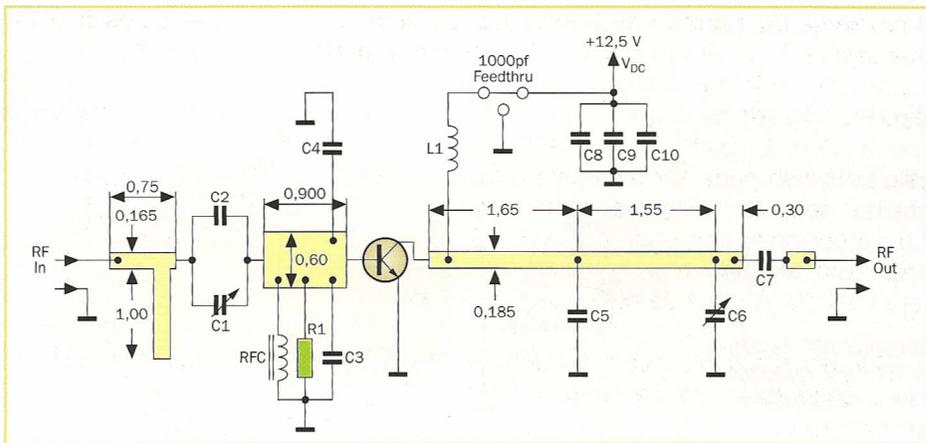
O seu **ganho** com estas frequências é bastante baixo, apenas 10 dB, correspondentes a 10 vezes a potência; para obter 2 W à saída são necessários, portanto, 0,2 W à entrada.

Também pode funcionar com um **SWR infinito**, ou seja, com a saída desligada (a potência volta para o transistor), fato este que, em geral, não é possível ocorrer com transistores de potência superior a 100 W.

CIRCUITO DO MICROSTRIP

A figura mostra um amplificador realizado em microstrip (ou "stripline"), utilizando os mesmos trilhos do circuito impresso como **linhas de transmissão** e adaptadores de impedância.

Tanto o C1 como o C6 servem para **ajustar** o amplificador com a frequência do trabalho; observe o choke RFC, o capacitor de passagem ("feedthru") e os três capacitores de tipos diferentes em paralelo (C8, C9 e C10).



Amplificador do microstrip: as medidas (em polegadas) referem-se aos trilhos de cobre do circuito impresso.



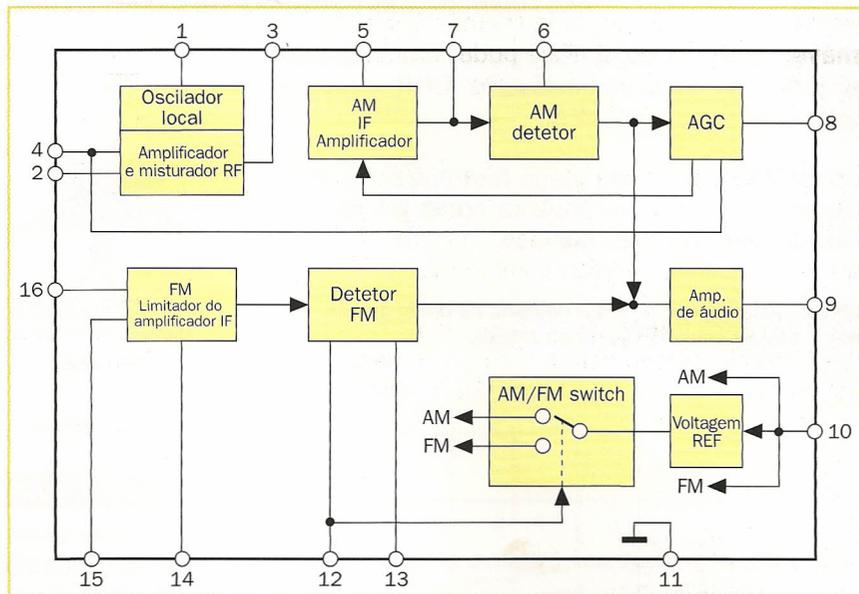
Um rádio em um chip

Também na alta frequência, cada vez se incluem mais funções em um único circuito integrado

O **TDA1220B** (SGS-Thompson) oferece grande parte dos componentes necessários para realizar um receptor de rádio na modulação de amplitude (AM) ou de frequência (FM).

Além disso, inclui um **receptor AM super-heteródino completo**, e as etapas de frequência intermédia, além do detetor de um transmissor FM; também pode funcionar até cerca de 30 MHz.

Falta acrescentar os componentes mais dificilmente **integráveis**: capacitores, indutores e filtros cerâmicos para o amplificador de frequência intermédia.



Esquema dos blocos do TDA1220B: em cima a seção AM, em baixo a FM, totalmente independente exceto a saída de áudio.

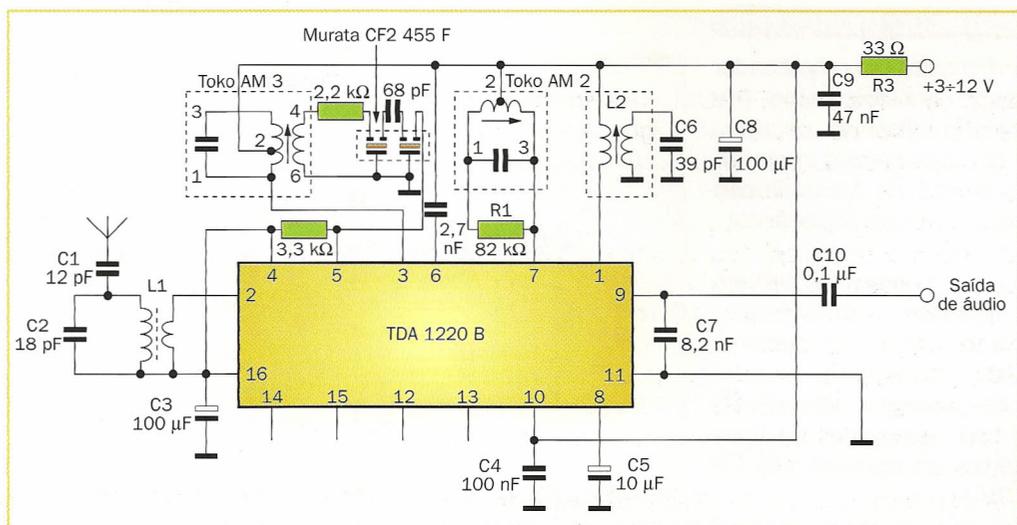
EXEMPLO DE APLICAÇÃO

A figura mostra uma aplicação habitual do TDA1220B: um **receptor** com modulação da amplitude de frequência fixa à volta dos 27 MHz, por exemplo para rádios-telefones CB ou telecomandos.

À esquerda está o **circuito ressonante** da antena, composto de L1 e C2, que envia o sinal para a entrada do amplificador (contato 2).

Depois, é misturado com a saída do **oscilador local**, controlado pelo L2 e C6, produzindo o sinal com frequên-

Receptor AM à volta de 27 MHz realizado com o TDA1220B e um número de componentes externos limitado.



cia intermediária (IF) no contato 3.

O transformador ajustado AM3 e o filtro cerâmico CF2 formam um filtro **passa-banda**, cuja saída é amplificada e detectada; o sinal de áudio desmodulado sai finalmente do contato 9.



Lâmpadas fluorescentes

Os tubos normais de iluminação empregam um circuito que aproveita as peculiaridades dos indutores

O tubo fluorescente de tecto produz uma **descarga elétrica** que é uma mistura entre gás inativo, normalmente argón, e uma pequena percentagem de vapores de mercúrio.

Este fato ocasiona a emissão da **luz ultravioleta**, que bate no material fluorescente depositado no interior do vidro ("os fósforos"), o que produz luz visível.

Nos extremos do tubo estão colocados dois **filamentos**, similares aos das lâmpadas incandescentes, que, quando aquecem, emitem elétrons, para facilitar o detonante da descarga.



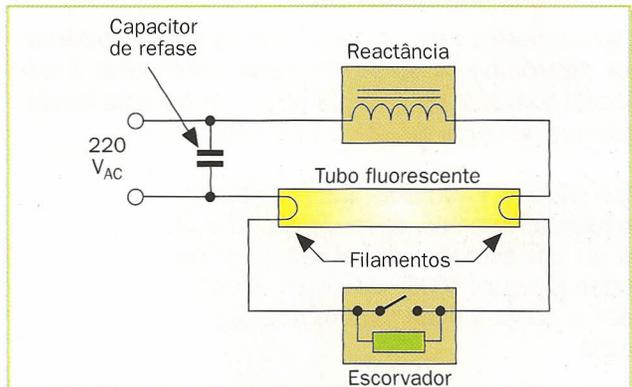
Um tubo fluorescente habitual para iluminação: a descarga no gás excita a fluorescência dos fósforos, que emitem luz.

ESCORVADOR E REACTÂNCIA

A figura mostra um simples **esquema** de ligação: o "escorvador" é um interruptor que está normalmente aberto, e que se fecha depois de um certo tempo se é percorrido por uma corrente que o aqueça.

Quando o escorvador fecha, circula corrente pelos dois filamentos, limitada por um **indutor** (a chamada "reactância") em série; como não tem mais tensão nos seus extremos, o escorvador esfria e abre-se.

O indutor produz um excesso de tensão que **detona** a descarga; esta última tem os filamentos aquecidos assegurando a sua própria continuidade; a menor tensão nos extremos do tubo aceso evita que o escorvador volte a se fechar.



Possível cablagem de um tubo fluorescente; uma vez aceso, a tensão nos seus extremos baixa e o escorvador permanece aberto.

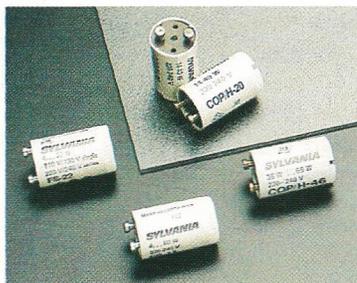
LIMITES DO SISTEMA

Se o escorvador se abrir no momento em que a tensão (senoidal) da rede tem um valor **baixo demais** para fazer detonar a descarga, o ciclo se repete: é o clássico "tic-tic" dos tubos fluorescentes.

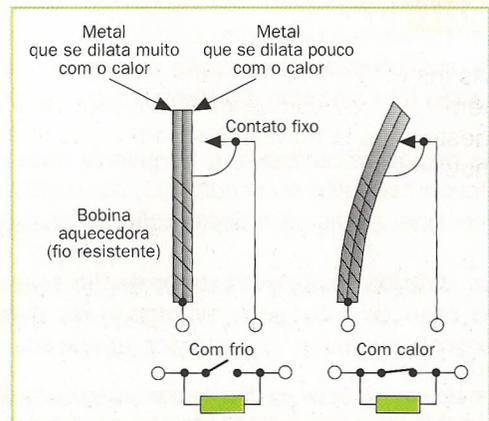
A luz produzida pela lâmpada é **modulada** na amplitude com 100 Hz; é máxima durante os picos positivos e negativos da senoide da rede, e mínima quando passa pelo zero.

A descarga nunca é perfeitamente **regular**; além disso, quando o

O escorvador ou reactância é normalmente um interruptor de lâmina metálica, que se dobra com o calor de um resistor estabelecendo o contato.



tubo se aproxima do final da sua vida útil, começa um incômodo ciclo de contínuas tentativas de detonação.



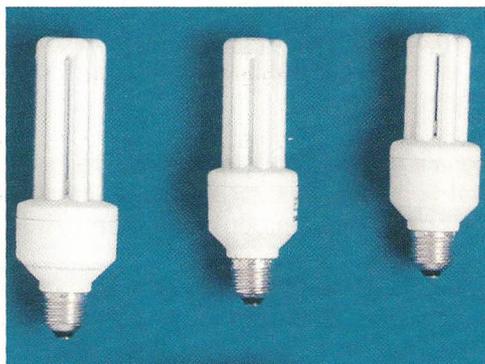


Lâmpadas eletrônicas

Um oscilador de alta frequência melhora muito o comportamento dos tubos fluorescentes

Os problemas do circuito clássico podem ser superados se o tubo for controlado com uma tensão alterna de **frequência** relativamente elevada (por exemplo 50 KHz).

Existem tanto “escorvadores eletrônicos”, para os habituais tubos fluorescentes de escritório, como **lâmpadas fluorescentes compactas**, adequadas para as lâmpadas normais com suporte de rosca. Estas últimas são mais caras, já que se elimina a eletrônica ao mesmo tempo que o tubo; apesar disso, permitem igualmente uma boa **economia** comparadas com as lâmpadas incandescentes.



Uma lâmpada fluorescente compacta de escorvador eletrônico, consome mais ou menos um quarto do consumo de uma lâmpada de luminosidade similar.

CIRCUITO DO CONTROLO

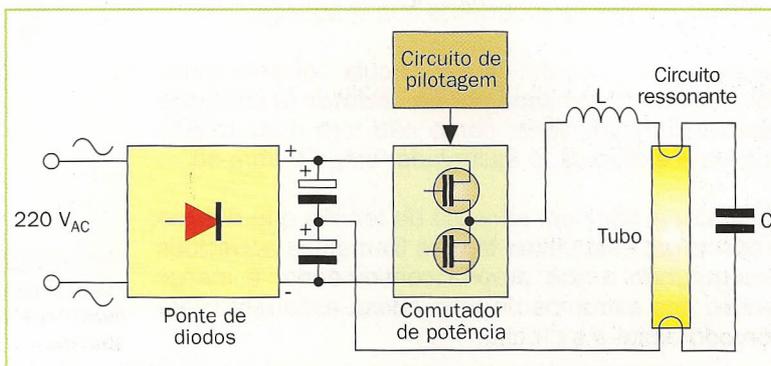
A figura mostra o esquema dos blocos de um **escorvador eletrônico**. A tensão da rede pode voltar a ser dirigida com uma ponte de diodos, obtendo uma tensão contínua de cerca de $220 \times 1,41 = 310 \text{ V}$.

Dois MOSFET (ou dois IGBT) **comutam-se** alternativamente, de modo similar à saída de um oscilador digital realizado com portas lógicas CMOS, mas com umas tensões e correntes em jogo muito mais elevadas.

À onda quadrada que resulta deste processo é aplicada um **circuito ressonante**

Esquema simplificado de um escorvador eletrônico para tubos fluorescentes; tanto o R como o C formam, com o tubo, o circuito ressonante.

do qual toma parte a lâmpada, assegurando uma descarga intensa e regular; nos melhores modelos, a tensão também se estabiliza.



FREQÜÊNCIA E ACENDIMENTO

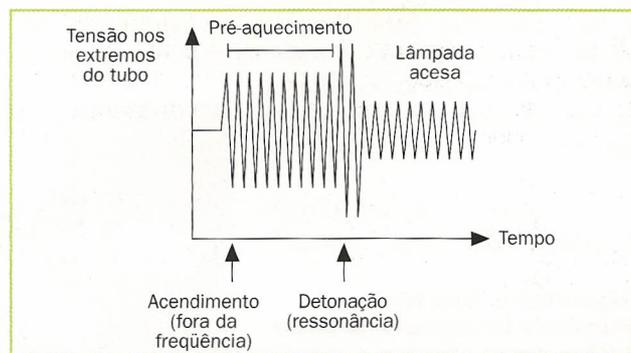
O **pré-aquecimento** dos filamentos, necessário para um correto acendimento, é obtido alimentando o tubo com uma frequência distante da que se refere à ressonância (por exemplo, 60 KHz no lugar de 50 KHz).

Se deslocarmos depois a frequência para a correta, a tensão mais alta no circuito LC, de acordo com a ressonância, assegura a **detonação** da descarga do gás.

Os distintos dispositivos de **proteção** asseguram que, no caso do tubo estar estragado ou defeituoso (ou mesmo ausente), o oscilador apaga-se, eliminando

Tensão nos extremos do tubo durante a seqüência do acendimento, à medida que a frequência se aproxima da ressonância.

tanto o incômodo defeito visual (por exemplo, as interferências) como qualquer risco de danos.



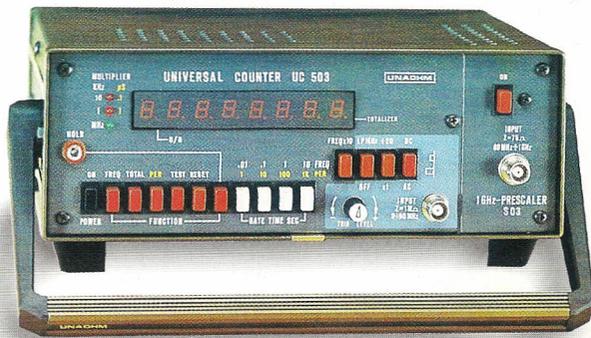


O freqüencímetro

A medida de uma freqüência é muito útil, tanto no campo analógico como no digital

O freqüencímetro permite conhecer o número de **ciclos por segundo** (ou seja, a freqüência) de um sinal; é

necessário que esta última varie de modo regular. No setor do rádio, por exemplo, indica a freqüência exata do sinal que é emitido por um **transmissor**; em todo o caso, será o produto de um oscilador (por exemplo, o oscilador local de um conversor).



Uma vez que a **forma** da onda que se vai medir não tem importância, a ferramenta pode ser utilizada também nos circuitos digitais, por exemplo, para regular um oscilador de quartzo com a máxima precisão.

Um freqüencímetro não é fundamental em muitas aplicações... mas em alguns casos torna-se realmente insubstituível.

CARACTERÍSTICAS

A **freqüência máxima** é naturalmente tão importante como a **resolução**, embora seja a diferença mínima que é possível medir entre duas freqüências próximas (por exemplo, 1 Hz).

Este fato não tem nada a ver com a **precisão**, ou seja, com o erro máximo da freqüência indicada, que se refere à real (importante se, por exemplo, se está regulando um relógio). Quando é necessária uma precisão elevada, é preciso efetuar periodicamente a **calibragem** da ferramenta, que pode ser realizada com a ajuda de um oscilador de amostra muito preciso.



Campo de medida B

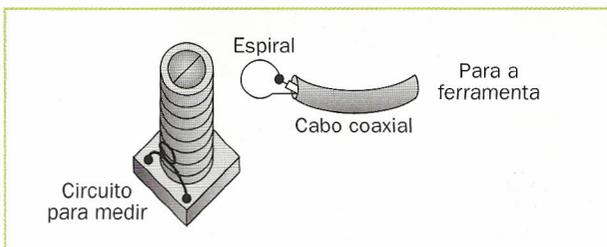
| | |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Campo de freqüência | de 40 MHz a 1,3 GHz (união c.a.) |
| Resolução | de 10 Hz a 1 KHz, 1 pS a 100 pS |
| Sensibilidade | <85 mV _{eff} de 40 MHz a 200 MHz <25 mV _{eff} de 200 MHz a 900 MHz <50 mV _{eff} de 1000 MHz a 1,3 GHz |
| Impedância | 50 Ω |
| Tensão de entrada máxima | 1,5 V _{eff} |
| Precisão | ±1 contador, ± precisão da base de tempos |
| Base de tempos | |
| Freqüência do oscilador | 4,096 MHz |
| Estabilidade da temperatura | ±3 PPM de 0°C a +40°C ±10 PPM de -20°C a +70°C |
| Taxa de envelhecimento | 3 PPM/ano |
| Precisão inicial | ±2 PPM a 24°C |

Dados de um freqüencímetro comercial, relativos à entrada de baixa impedância (50 Ω) para altas freqüências.

CARGA NO CIRCUITO

Quase todas as ferramentas produzem **interferências** no circuito a ser medido, e o freqüencímetro não é uma exceção a esta regra.

O problema, com pouco cuidado no campo digital ou nos circuitos de potência, torna-se crítico nas etapas mais **sensíveis** dos circuitos de alta freqüência.



A própria presença da sonda, mesmo sem contato físico, pode **variar** a freqüência de trabalho; neste caso, é necessário permanecer longe e utilizar uma ferramenta muito sensível (ou amplificar o sinal).

Medição da freqüência de um circuito ressonante por união indutiva com uma espiral.



Dentro de um freqüencímetro

Trata-se de uma ferramenta fundamentalmente digital, com um princípio de funcionamento muito simples

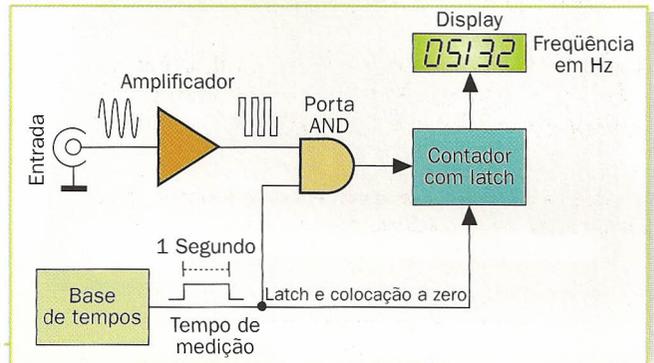
Como se pode ver na figura, um freqüencímetro é essencialmente um **contador**, com uma porta lógica que mantém aberta a entrada durante um determinado tempo.

O sinal a ser medido é amplificado e **quadrado**, de modo que possa controlar os circuitos digitais que vêm a seguir; o contador avança durante o tempo no qual a porta permanece aberta.

Quando termina o tempo estabelecido, o contador é

Esquema de funcionamento de um freqüencímetro; o contador que se mostra na figura é atualizado no final de cada período.

armazenado e mostra no **display**, onde permanece até ao final do seguinte período de medição.



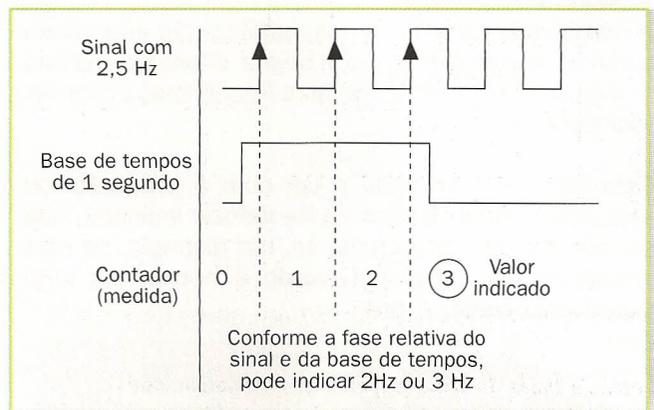
FREQÜÊNCIA, TEMPO E RESOLUÇÃO

A resolução não depende somente do número de cifras do contador (e naturalmente do display associado), mas também do **tempo de abertura** da porta.

Se, por exemplo, esta ficar aberta durante 0,1 segundos, a **resolução** será, em qualquer dos casos, de 10 Hz; não será possível distinguir 1,346 Hz de 1,347 Hz.

O **contador** dos períodos chegará nos dois casos a 134; para uma resolução de 1 Hz será necessário manter aberta a porta durante um segundo, pelo menos.

Com um tempo de abertura breve referente à freqüência do sinal, tem-se uma baixa resolução da medição.



MEDIÇÃO DO PERÍODO

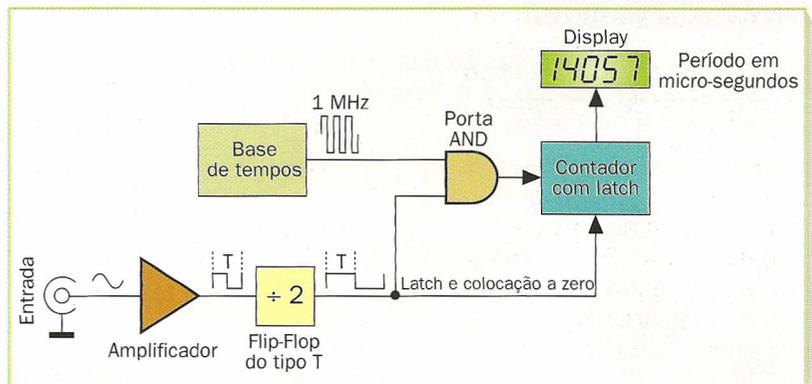
O problema da medição de **baixas freqüências** com uma resolução aceitável é resolvido medindo o período, ou seja, o tempo entre um ciclo e o seguinte, em vez da freqüência.

Este processo pode ser feito com a técnica que se mostra na figura, controlando o contador com uma onda quadrada de freqüência **elevada** e utilizando o sinal para controlar a porta de contagem.

O valor assim obtido indica o período T, e a freqüência obtém-se **dividindo** 1/T. Na-

Intercambiando tanto o sinal como a base de tempos, e utilizando uma base de tempos rápida, mede-se o período do sinal, ou seja, o comprimento de um ciclo.

turalmente, os bons freqüencímetros efetuam o cálculo internamente.





Gravador de voz

Um gravador de mensagens com memória eletrônica

As relações pessoais estão baseadas no **diálogo** e, portanto, é natural que as máquinas destinadas à comunicação com as pessoas conservem pelo menos em parte esta prerrogativa, ou seja, "falem".

Atualmente, do caixa automático ao detector de metais do banco, é normal ouvir uma **voz eletrônica**, procedente de um dispositivo automático.

Embora a voz possa ser sintetizada, ou seja, produzida por via eletrônica, trata-se normalmente da **gravação** de uma voz verdadeira, que sempre é mais agradável ou realista do que o som eletrônico.

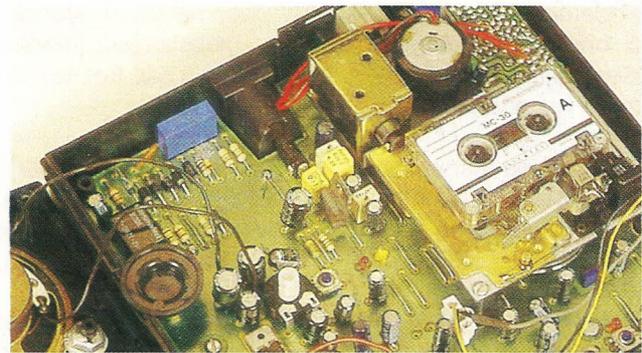


DA FITA AO SILÍCIO

Desde há muitos anos as mensagens de voz que se repetiam à vontade eram gravadas em **fitas magnéticas** normais, com a técnica ilustrada na lição 11 de Aplicações.

Atualmente, devido às novas tecnologias dos circuitos integrados e das memórias denominadas permanentes (não voláteis), prefere-se o método totalmente **eletrônico**.

A duração da mensagem que se grava é relativamente breve, mas se tem a vantagem da total eliminação da delicada parte **mecânica**, e do conseqüente e incômodo desgaste da fita.



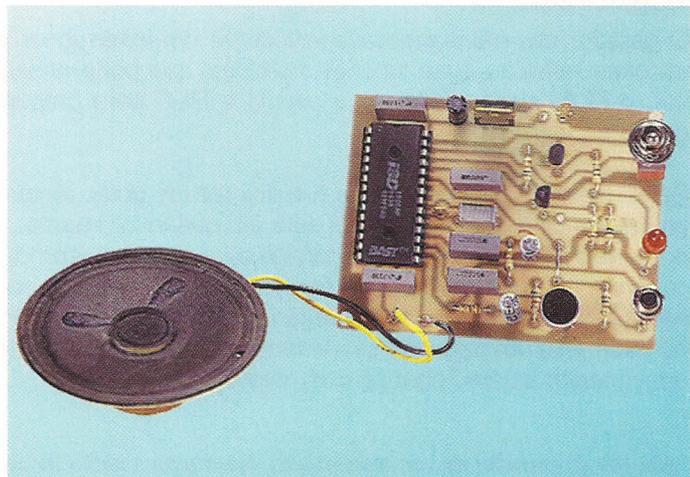
Nos respondedores automáticos utilizam-se em geral os gravadores de fita, agora substituído pela eletrônica.

UTILIZAÇÃO DO GRAVADOR DE VOZ

O nosso circuito pode armazenar uma mensagem com uma duração máxima de 20 segundos, e **reproduzi-la** em qualquer momento posterior (embora, entretanto, seja desligado e logo tornado a ligar).

Obviamente, a primeira aplicação deve consistir em **tomar nota**: 20 segundos podem parecer pouco tempo, mas realmente permitem gravar um discurso bastante longo.

Também se podem imaginar algumas utilizações mais **criativas**, como o dispositivo que diz "Fora do meu quarto" para assustar algum irmão invasor ou para surpreender os amigos.



O circuito do gravador de voz já terminado.



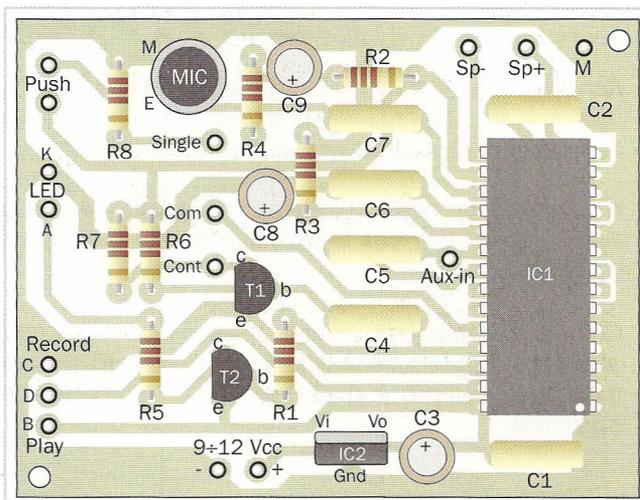
Montagem do circuito

A **base** do circuito impresso que está visível na figura recolhe todos os componentes, com a excepção da tomada de saída dos interruptores e dos botões de controle.

Também o **microfone**, constituído por uma pequena cápsula electret com a típica forma cilíndrica, encontra o seu lugar diretamente na base, de modo que se minimizam as interferências devidas às ligações.

Um **integrado especializado** desenvolve o verdadeiro trabalho de gravação vocal; os restantes componentes estão destinados a desenvolver funções secundárias e de complemento.

Disposição dos componentes na base do gravador de voz.



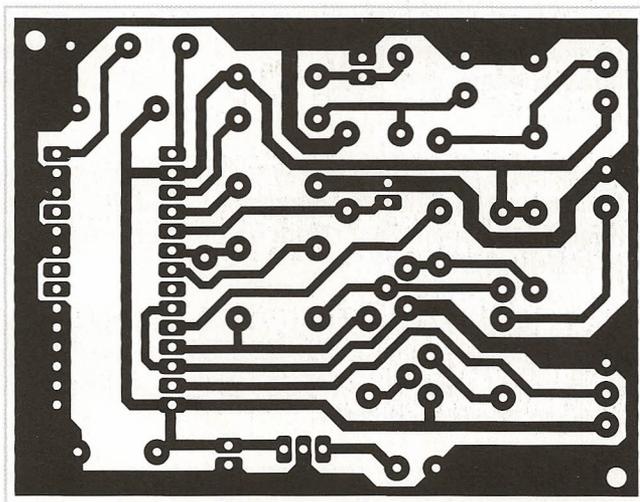
PRECAUÇÕES DE MONTAGEM

Podem-se aplicar as recomendações habituais: atenção à **orientação** dos componentes polarizados (diodos, electrolíticos, transistores, integrado) e a não aquecer os terminais quando se soldam.

Antes de se manusear o integrado que vai ser colocado sobre o soquete, convém **descarregar-se para a terra**, por exemplo tocando em um aquecedor (especialmente se é Inverno), para eliminar a nociva eletricidade estática.

Deve-se ter cuidado com a ligação do **microfone**: este liga-se ao terminal M em um contato elétrico com o invólucro, depois ao terminal E o adjacente isolado.

Circuito impresso do gravador de voz, visto pelo lado dos trilhos de cobre.

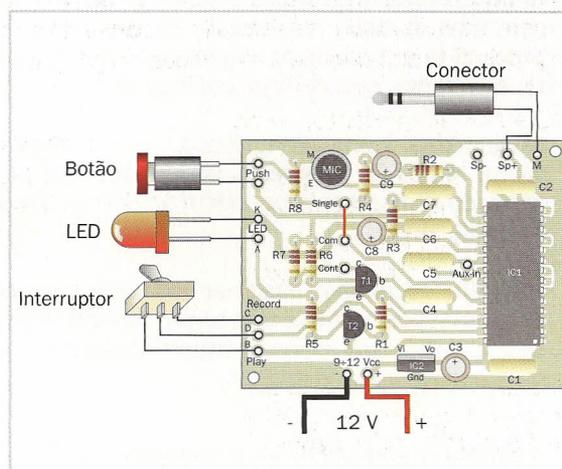


CABLAGEM

O gerador das mensagens de voz prevê um **interruptor** para escolher entre as duas funções principais que pode desenvolver: o PLAY para configurar a escuta e REC para preparar a gravação.

Para **ativar** a função escolhida é suficiente um botão, enquanto um LED indica que a operação está em desenvolvimento; uma ponte (ou interruptor) permite configurar a possível reprodução contínua (ver mais adiante). A figura ilustra as **ligações**, incluídas as que vão para a alimentação com 9 a 12 V_{CC}, 100 mA, normalmente um pequeno alimentador, e a saída de áudio (aqui um conector estéreo com os dois canais em paralelo).

Ligações do gravador de voz: alimentação, interruptor e botão de controle, saída de áudio.

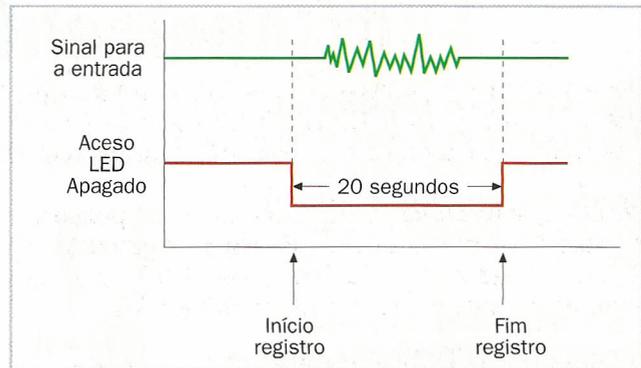


TESTE E GRAVAÇÃO

Depois de ter sido ligada a alimentação e haver um aparelho para **ouvir** a saída, como por exemplo um auricular (entre +SP e -SP) ou um amplificador de áudio (entre +SP e massa), pode-se gravar uma mensagem de teste.

Se configurarmos em **REC** o seletor S1, o LED deve se acender para confirmar a manobra: nestas condições, o circuito está em "pausa", pronto para pressionar o botão PUSH.

Durante a gravação que, como já dissemos anteriormente, se prolonga uns 20 segundos, o LED mantém-se **apagado**; passado o espaço da memória disponível, o indicador luminoso acende-se de novo.



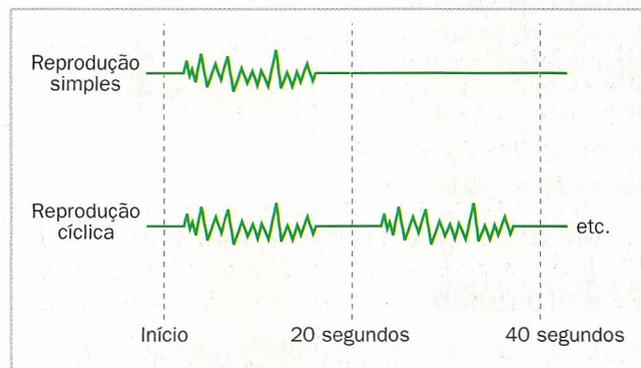
A gravação está ativa durante 20 segundos, desde o momento em que carrega no botão de Início.

ESCUITA REPETIDA E CICLO CONTÍNUO

Para ouvir novamente a mensagem, que pode ser conservada durante vários anos mesmo em um circuito desligado, é necessário configurar o interruptor em **PLAY** e pressionar o botão de **ligação**.

Quando a ponte de duas vias próxima ao microfone se deixa na posição normal, ou seja, com o comum (Com) ligado na posição **Single** (simples), a mensagem será reproduzida uma única vez.

No entanto, se ligarmos Com com Cont, a mensagem se **repetirá até o infinito**, como se ao chegar ao final do tempo de reprodução se pressionasse de novo o botão de início da própria reprodução.



Configurando a reprodução, a mensagem começa de novo logo que tenha terminado o tempo de reprodução.

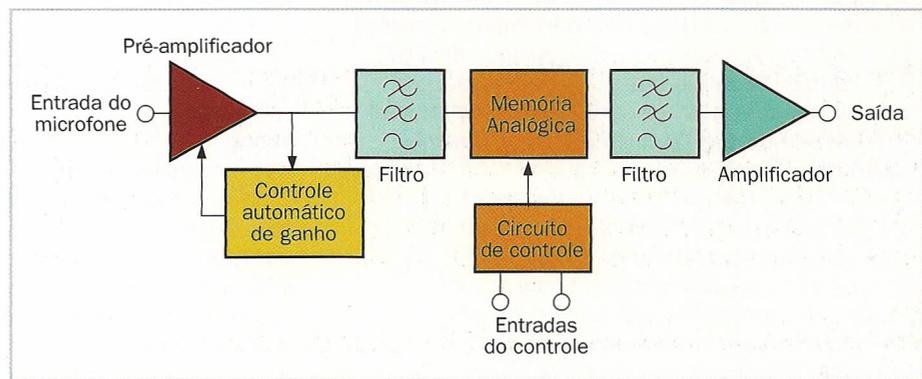
MEMÓRIA ANALÓGICA

O integrado utiliza uma técnica interessante para armazenar o sinal de áudio: de fato não o **converte em um ADC**, como aconteceria em um circuito digital normal.

Emprega, no entanto, uma EPROM (ver lição 22 de Digital) de tipo analógico: o número de elétrons alternados indica o **valor** elétrico (tensão) do sinal no momento da gravação.

Esquema de blocos (simplificado) do circuito integrado especializado para a gravação de mensagens de voz.

Como se vê na figura, foram incluídos depois vários **circuitos adicionais**, como o amplificador de entrada com controle automático de ganho, e o filtro de saída.



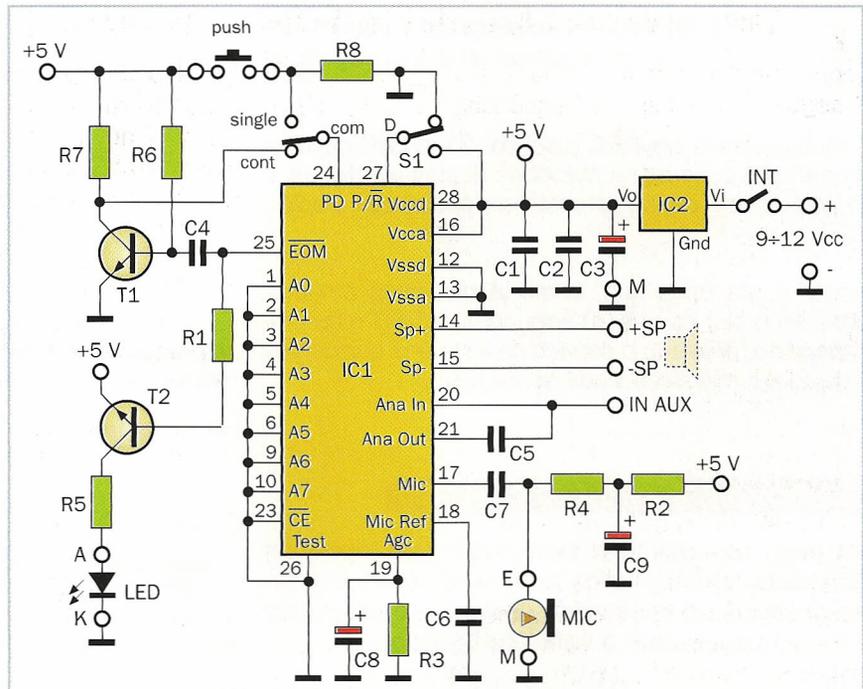


Funcionamento do circuito

A figura mostra o **esquema elétrico** do gravador de voz. Como se pode ver, grande parte das ligações vão diretamente para os contatos do integrado especializado IC1.

O IC2 desenvolve a função de **alimentador estabilizado** para proporcionar os 5 V_{CC} requeridos pelo IC1, enquanto os capacitores C1, C2 e C3 proporcionam uma adequada disjunção.

O grupo R2, C9 e R4 proporciona a alimentação ao **microfone** electret, cuja saída está ajustada em capacidade com a entrada do chip mediante o capacitor C7.



Esquema elétrico do gravador de voz.

LED E PERÍODO

O LED de gravação está controlado pelo sinal de **fim da mensagem** (EOM: end of message), através do transistor T2, ao passo que o T1 serve para a repetição automática da mensagem.

De fato, recebe o sinal do chip, atendendo ao capacitor C4; quando o EOM baixa para indicar o final da

mensagem, o T1 **abre-se** brevemente, enviando um novo impulso ao contato 24.

O capacitor C5, finalmente, fica encarregado de ligar a saída do **pré-amplificador** interno com a entrada do pequeno amplificador, que também está integrado no chip.

LISTA DE COMPONENTES

Resistores (todos de 1/4 W 5%)

- R1, R4, R8 = resistores de 10 KΩ (marrom, preto, laranja)
- R2 = resistor de 2,2 KΩ (vermelho, vermelho, vermelho)
- R3 = resistor de 470 KΩ (amarelo, violeta, amarelo)
- R5 = resistor de 470 Ω (amarelo, violeta, marrom)
- R6 = resistor de 220 KΩ (vermelho, vermelho, amarelo)
- R7 = resistor de 100 KΩ (marrom, preto, amarelo)

Capacitores

- C1, C2 = capacitores de poliéster de 100 nF
- C3, C9 = capacitores electrolíticos de 22 µF 16 V
- C4 = capacitor de poliéster de 47 nF
- C5 = capacitor de poliéster de 470 nF
- C6, C7 = capacitores de poliéster de 220 nF
- C8 = capacitor electrolítico de 4,7 µF 16 V

Semicondutores

- LED = diodo LED vermelho de 5 mm

T1 = BC547

T2 = BC557

IC1 = ISD1020A

IC2 = 7805

Vários

MIC = microfone electret

PUSH = botão normalmente aberto

S1 = interruptor

1 soquete de 28 contatos

1 tomada de ligação estéreo

16 pequenos terminais para circuito impresso

1 circuito impresso