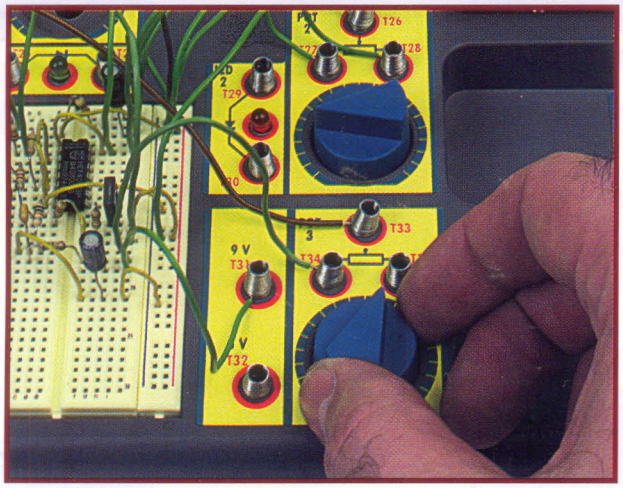
Eletrônica Modular

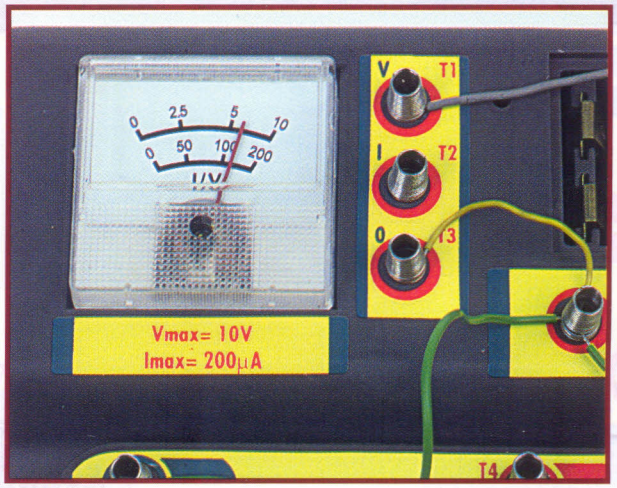
37

EXPERIÊNCIA



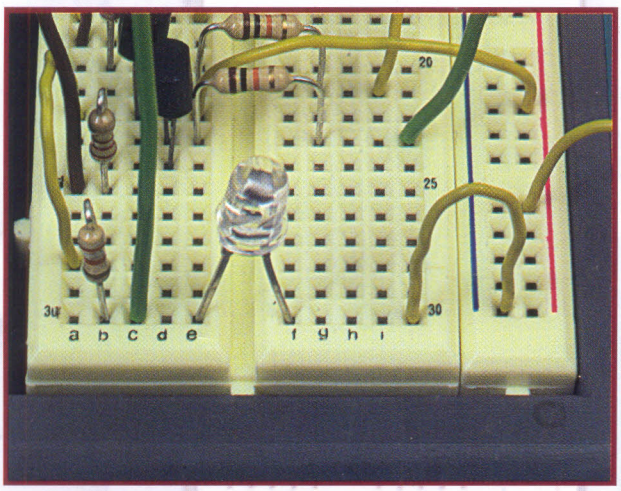
Alarme temporizado de baixo consumo

EXPERIÊNCIA



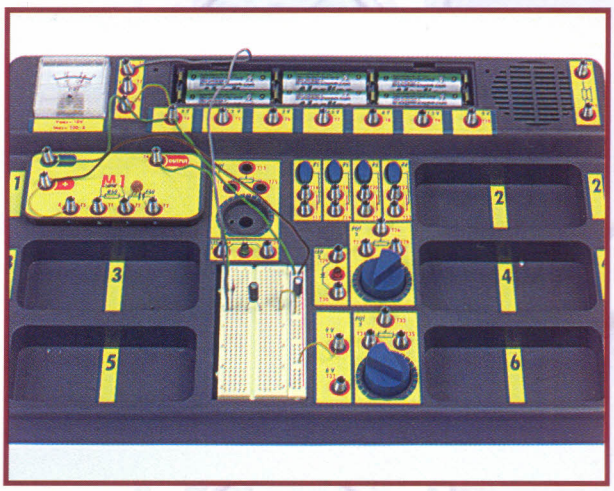
Multiplicador com diodos

EXPERIÊNCIA



Jogo de luzes noturno

SISTEMA DE TESTES



Experiências fáceis III

Aprenda a construir seu Sistema de Testes seguindo rigorosamente as instruções do fascículo

Monte seu Sistema de Testes

F&G
00037
8 414090 707251

Editor
Julio Goñi

Diretor Editorial
Julio Rodríguez

Diretor de Produção
Gregorio Goñi

Ajudante de Produção
Begoña Píriz

Realização Técnica
Videlec, S.L.

Importador para o Brasil
Nova Lente editora, Ltda.
Rua Belisário Pena, nº 821
C.E.P. 21020 Rio de Janeiro. Brasil
Tels: (0XX21) 2561.8271
Fax: 590.2878
E-MAIL: nlentelogistic@montreal.com.br

Distribuição e venda para todo o Brasil
Fernando Chinaglia
Distribuidora S.A.
Rua Teodoro Da Silva, nº 907-Grajaú-RJ
Tel: (0XX21) 3879.7766 C.F.P. 20550

Editor para Portugal
Ediber
Rua D. Carlos Mascarenhas, 15
1000 Lisboa
Tel: 3853149 - Fax: 3851229

Distribuição
Midesa
Rua Dr. José Espírito Santo, lote 1-A
1900 Lisboa
Proibida a reprodução total ou parcial da obra sem autorização da editora
© F&G Editores, S.A. ,Madrid, 2002
Fotomecânica, maquetação e filmagem
Videlec, S.L.
Rua Santa Leonor, nº 61, 4º andar, cj. 6 C.E.P.
28037 Madrid. España
Tel: 913750270

Impressão
IBERGRAPHI 2002
Rua Mar Tirreno, 7
San Fernando de Henares. Madrid

Plano Geral da Obra:
60 fascículos semanais
Printed in Spain
ISBN FICHA: 84-89617-89-9
ISBN BORA: 84-89617-88-0
ISBN FICHEIRO I: 84-89617-90-2
ISBN FICHEIRO II: 84-89617-91-0
ISBN FICHEIRO III: 84-89617-92-9
Depósito Legal: M-29613-2000

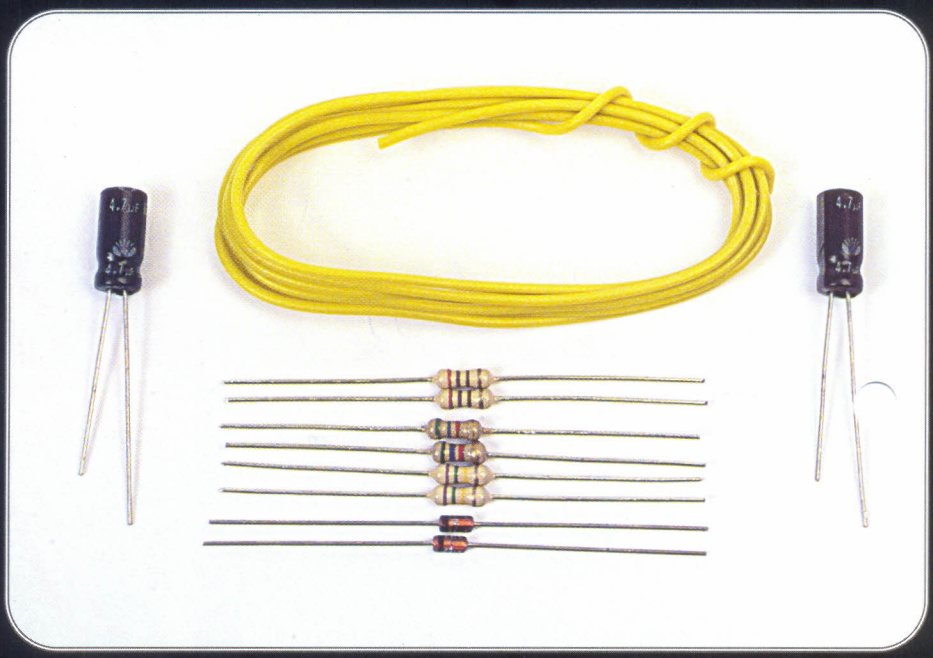
OS FASCÍCULOS
VÃO ACOMPANHADOS
COM PEÇAS OU COMPONENTES
ELETRÔNICOS DE BRINDE

Eletrônica Modular

Monte seu Sistema de Testes

Nesta entrega

- 2 Resistências 5K6, 5%, 1/4W
- 2 Resistências 270Ω, 5%, 1/4W
- 2 Resistências 750K, 5%, 1/4W
- 2 Diodos 1N4148
- 2 Capacitores 4,7µF, eletrolíticos
- 1 m. Fio amarelo



Nesta entrega são fornecidos mais componentes para se realizar experiências.

ALARME TEMPORIZADO DE BAIXO CONSUMO. Em situação de espera, a parte do circuito que mais consome se desconecta.

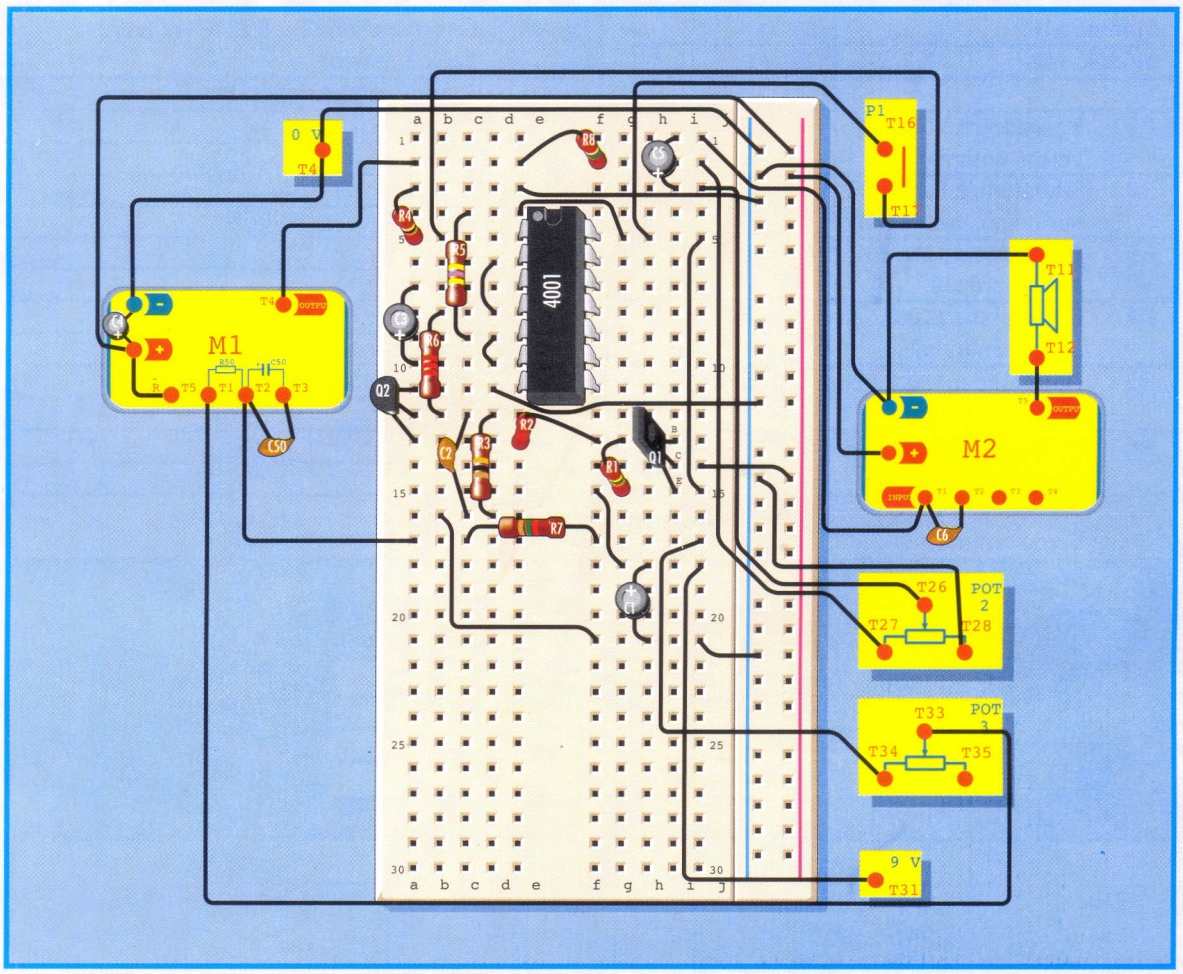


Diagrama de conexão do circuito de alarme temporizado de baixo consumo.

Nesta experiência se combinam vários circuitos que já foram utilizados e se acrescenta um temporizador construído com duas portas NOR da série 4000, cuja saída controla a ativação ou não de um interruptor eletrônico. Quando o circuito estiver conectado à espera de receber o sinal de alarme, só estará alimentado o circuito integrado 4001, que é o que forma o temporizador.

O circuito

Explicaremos cada um dos circuitos empregados na experiência. Se olharmos o esquema elétrico, começando pela parte superior esquerda, poderemos ver os transistores Q1 e Q2. O primeiro deles é de tipo PNP, um BD136, de mediana potência, que atua como interruptor, ativado pelo transistor Q2, de tipo NPN BC548.

As duas portas de tipo NOR do circuito integrado 4001 constituem um temporizador ativado pela tecla P1. Durante o tempo que está ativado este temporizador, o transistor Q2, conduz e, portanto, também o faz Q1, com o qual se alimenta o resto do circuito que se descreve a seguir.

O módulo oscilador cíclico M1 é utilizado como gerador, cuja freqüência pode se ajustar por meio do potenciômetro POT3. A saída deste se aplica ao atenuador, formado pela resistência R8 em série com o potenciômetro POT2. Este potenciômetro é o controle de volume e de sua tomada central (T26) se

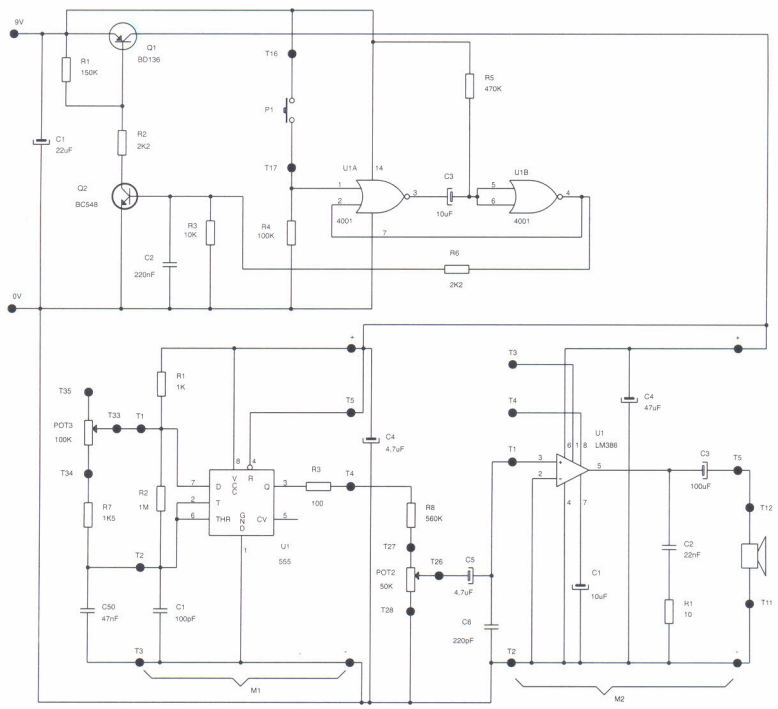
ALARME TEMPORIZADO DE BAIXO CONSUMO.

LISTA DE COMPONENTES

Módulo M1	
Módulo M2	
R1	Resistência 150K, 5%, 1/4W (marrom, verde, amarelo)
R2	Resistência 2,2K, 5%, 1/4W (vermelho, vermelho, vermelho)
R3	Resistência 10K, 5%, 1/4W (marrom, preto, laranja)
R4	Resistência 100K, 5%, 1/4W (marrom, preto, amarelo)
R5	Resistência 470K, 5%, 1/4W (amarelo, roxo, amarelo)
R6	Resistência 2,2K, 5%, 1/4W (vermelho, vermelho, vermelho)
R7	Resistência 1,5K, 5%, 1/4W (marrom, verde, vermelho)
R8	Resistência 560K, 5%, 1/4W (verde, azul, amarelo)
C1	Capacitor eletrolítico 22 µF
C2	Capacitor 220 nF
C3	Capacitor eletrolítico 10 µF
C4	Capacitor eletrolítico 4,7 µF
C5	Capacitor eletrolítico 4,7 µF
C6	Capacitor 220 nF
C50	Capacitor 47 nF
Q1	Transistor PNP BD136 o BD138
Q2	Transistor NPN BC547 o BC548
U1	Circuito integrado 4001
POT2	
POT3	
Tecla P1	
ALTO-FALANTE	

DADOS TÉCNICOS

Tensão de alimentação: 9 V
Freqüências de saída: 150 Hz a 6,27 kHz
Consumo em repouso: 4 mA
Consumo ativo: 39 mA



Esquema elétrico do alarme temporizado de baixo consumo.

ALARME TEMPORIZADO DE BAIXO CONSUMO.

obtém o sinal de entrada ao módulo amplificador de áudio, M2, que, por sua vez, entrega o sinal elétrico que excita o alto-falante, permitindo assim escutar o som de alarme com um volume razoável.

O capacitor eletrolítico C4, de 4,7 µF, evita que as perturbações que gera o módulo M1 passem à alimentação e possam perturbar o resto do circuito.

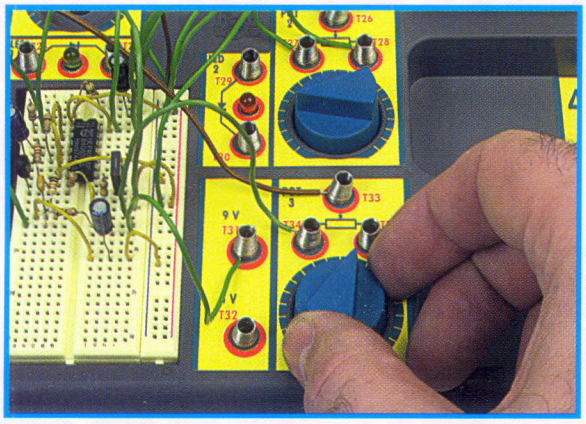
O temporizador

Quando não se necessitam de temporizações de muita precisão, podem se construir circuitos temporizadores, utilizando duas portas NOR. O funcionamento deste tipo de circuitos se vê bastante afetado por diferentes fatores, como podem ser as variações de alimentação e, inclusive, a substituição do integrado em caso de avaria, ainda sendo do mesmo tipo.

A temporização depende, diretamente, dos valores da resistência R5 e do capacitor eletrolítico C3. O tempo aproximado que dura a temporização vem dada pela equação:

$T = 0,7 \times R \times C$

Embora já se tenha dito que este valor não tem uma grande precisão.



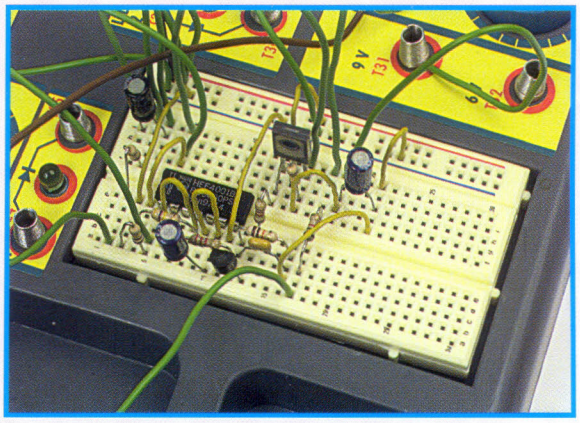
Com POT2 e POT3 se ajustam o volume e a freqüência do sinal de áudio.

Com o valor da resistência R5 = 470 K e do capacitor C2 = 10 µf colocados no circuito, obtém-se um tempo de saída em nível alto de uns 3,3 s.

A ativação da temporização se realiza usando a tecla P1, com o que produzimos uma mudança de nível no terminal 1 de U1A, que, normalmente, em repouso, está em nível baixo, mediante a resistência R4.

O interruptor de alimentação

O interruptor PNP Q1 é um transistor de potência média que suporta a circulação de vários ampères entre seu coletor/emissor. Considerando que neste



O consumo do circuito em estado de espera ou de repouso se deve à alimentação do circuito integrado 4001.

circuito o consumo é bastante reduzido, não haverá nenhum problema em seu funcionamento.

Ao se tratar um transistor PNP este conduzirá, quando em sua base se aplicar uma tensão inferior à do emissor, o que ocorrerá quando o transistor Q2 conduzir.

Tendo em conta que a base deste transistor NPN Q2 está conectada à saída do temporizador, quando este tiver um nível alto o transistor conduzirá e polarizará o transistor Q1, pelo que este alimentará o módulo oscilador cíclico M1 e o módulo amplificador de áudio M4. O capacitor de 220 nF, C2, colocado entre

U1A e U1B formam um temporizador

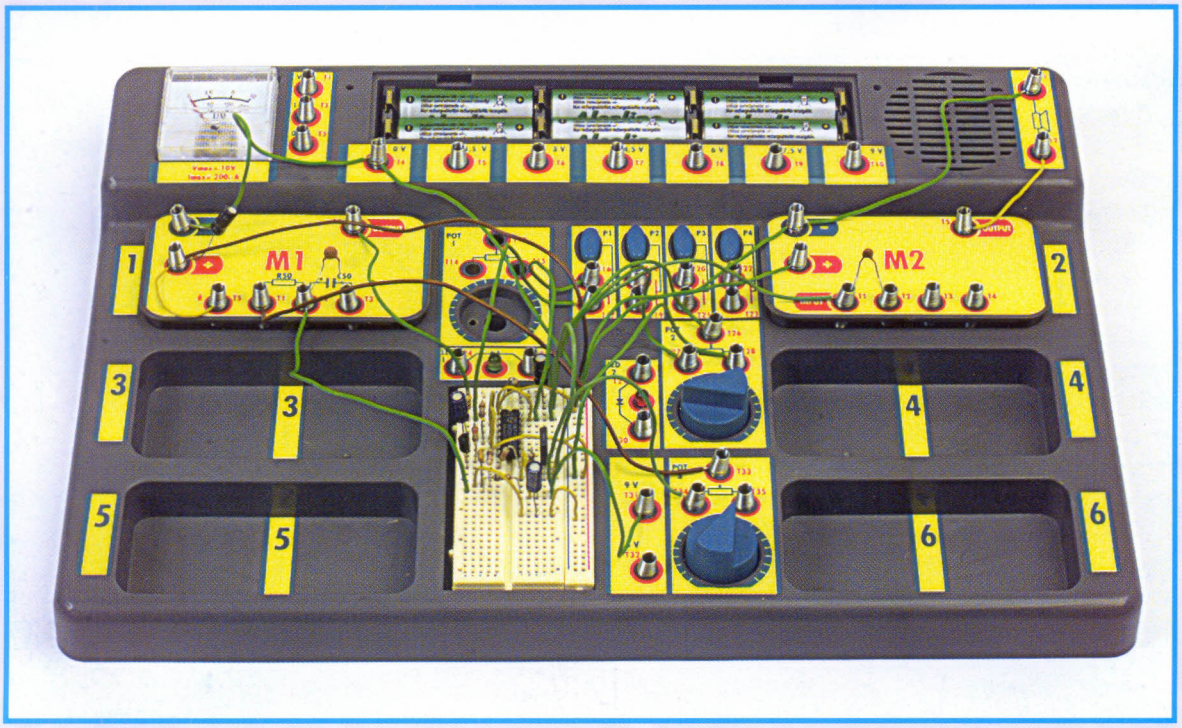
a base do transistor Q2 e o negativo de alimentação, serve para dar segurança de funcionamento ao circuito e evitar que se ative espontaneamente ao captar ruídos pelo fio de conexão à saída da porta U1B.

O oscilador cíclico

Este oscilador gera a freqüência para que o circuito soe. Realmente o sibilo soa quando se ativa a temporização. Ao não estar alimentado, quando a temporização não estiver ativada, o circuito não oscilará, portanto não ouviremos nada.

Por meio do potenciômetro POT3 obteremos toda uma categoria de freqüências auxiliares que vai dos 150 Hz até uns 6,27 kHz. A freqüência inferior é a que se obtém na máxima resistência de POT3, enquanto a freqüência superior se consegue quando a resistência for mínima.

ALARME TEMPORIZADO DE BAIXO CONSUMO.



Experiência completa no sistema de testes. A tecla P1 determina o começo da temporização.

A saída do oscilador não se aplica diretamente à entrada do amplificador, senão através de uma rede de atenuação formada pela resistência R8 e pelo potenciômetro POT2.

Experiência 1

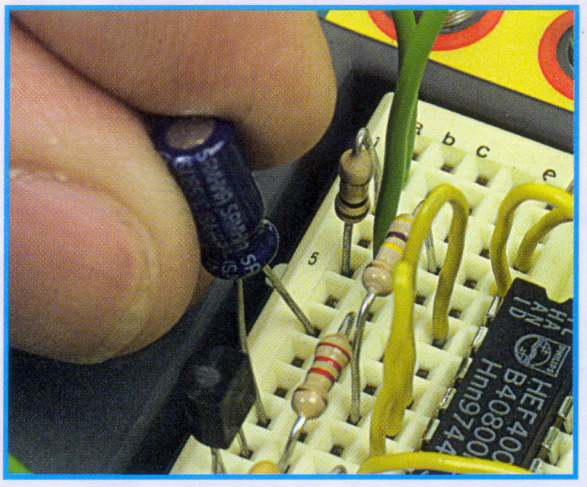
Podemos variar o tempo que dura o alarme ativado. Para isso, trocaremos o valor da resistência R5 e/ou o do capacitor C3.

Devemos ter em conta que se aumentarmos qualquer um dos dois valores, o tempo que a saída de U1B estará ativa, aumentará, é claro, em caso contrário, diminuirá.

Experiência 2

Vejamos onde devemos atuar para variar o som do alarme e seu volume máximo. O som de alarme vem dado pela freqüência do oscilador, portanto deveremos trocar a freqüência dele atuando sobre o capacitor C50 e/ou sobre a resistência R7 de 1,5K. Tendo em conta a categoria de saída que proporciona, aconselhamos baixar o valor de ambos e desta forma aumentar tanto a sua freqüência mínima como a máxima, embora, é claro, tentando não superar os 18 kHz, aproximadamente, que é a máxima freqüência que qualquer pessoa pode ouvir.

Observación: ¿La medida de la resistência 1K5 se refiere a 1,5K o el 5 és una característica de la resistência? Si és una característica, por favor desconsiderar todas las alteraciones deste documento y nos notificar al respecto para futuras correcciones.



Se variarmos a resistência R5, ou o capacitor C3, poderemos obter uma temporização diferente.

A montagem

O circuito funcionará quando conectarmos a alimentação a ele. No entanto, é recomendável revisar as conexões tendo em conta os numerosos componentes, com polaridade, utilizados.

MULTIPLICADOR COM DIODOS. Uma tensão alterna pode-se multiplicar.

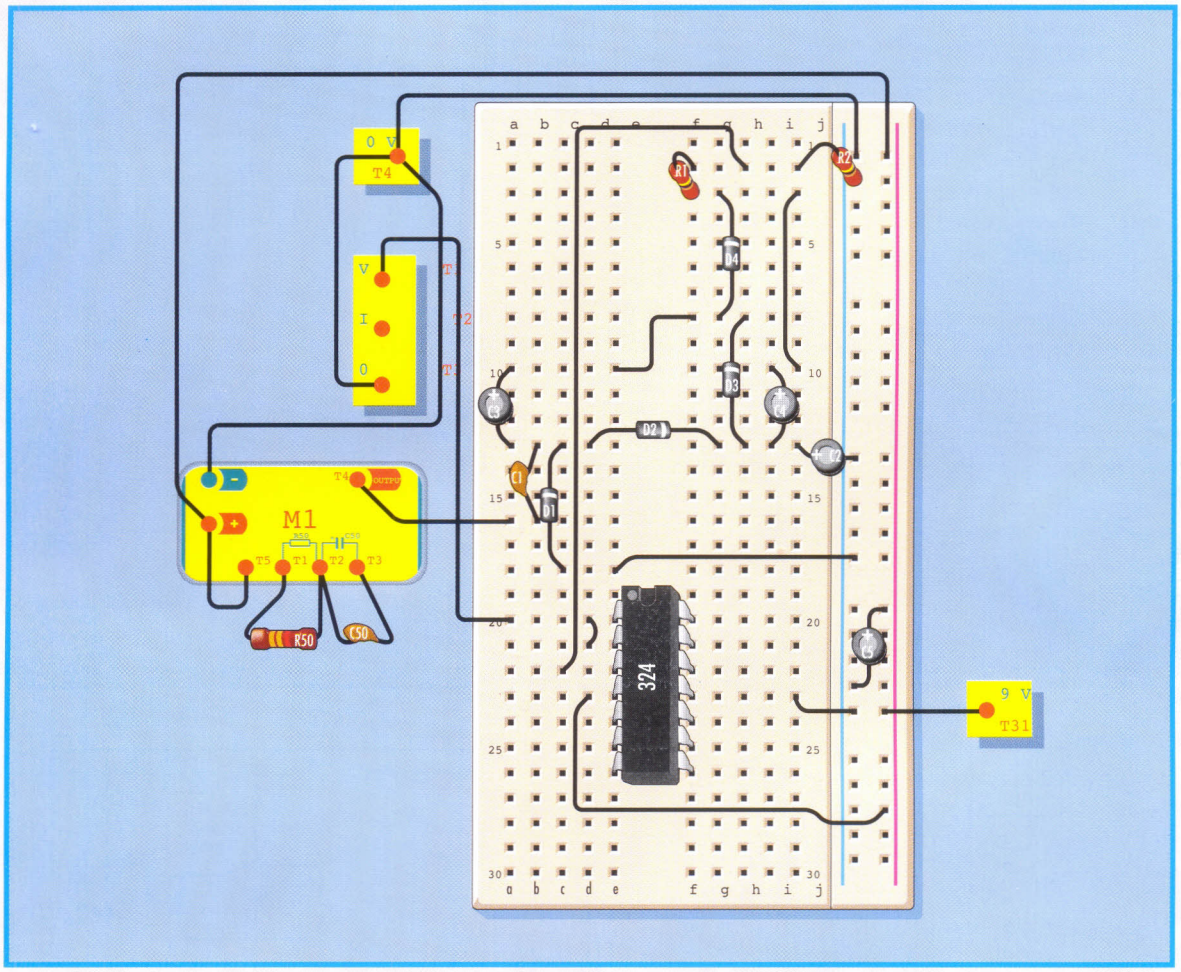


Diagrama de conexão do multiplicador de tensão com diodos.

Nesta experiência se apresenta um circuito clássico bastante utilizado, embora pareça o contrário quando se necessita dispor de uma tensão elevada, mas com um consumo muito reduzido. Chama a atenção por ser muito econômico, fácil de construir e por não necessitar transformadores elevadores de tensão.

O circuito

Se observarmos o esquema elétrico poderemos comprovar a sua simplicidade. O circuito multiplicador corresponde realmente aos diodos D1, D2, D3, D4 e aos capacitores C1, C2, C3 e C4. O resto dos componentes se empregam para completar a experiência, isto é, um circuito gerador de sinal alterno e outro para medida. Teoricamente este circuito multiplica por 4 e por raiz de 2 a tensão eficaz que se aplica à sua entrada. Também se pode dizer que se a tensão de entrada não for senoidal, a saída será n vezes a tensão de entrada, sendo n a quantidade de células elevadoras RC utilizadas. A tensão de entrada tem que ser alterna ou pulsante para que o circuito funcione. No entanto, a de saída será contínua. Esta tensão de saída tem uma pequena oscilação que corresponde à freqüência do sinal de entrada, que quase não afeta a maioria das aplicações.

Excitação

Para poder testar o circuito é necessário gerar uma tensão alterna, e isso se consegue com o gerador cíclico com 555 do módulo M1. Esta tensão

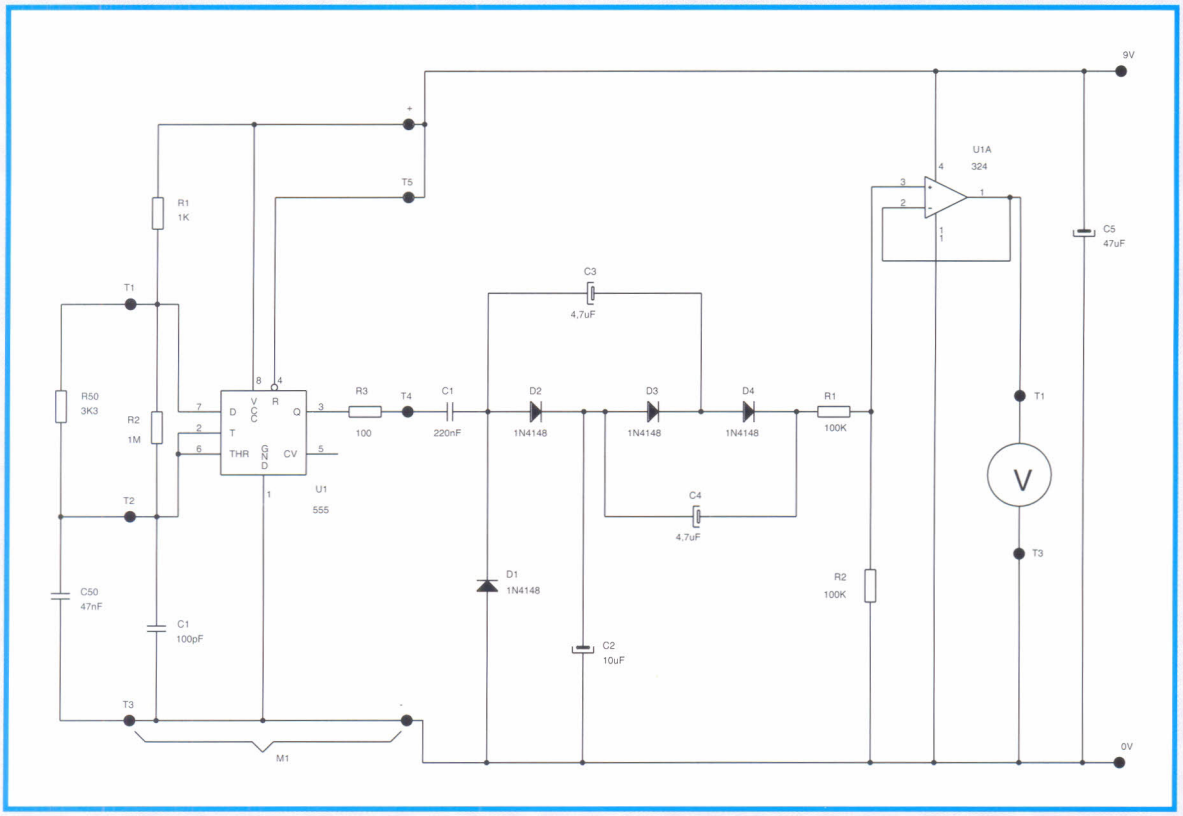
MULTIPLICADOR COM DIODOS.

LISTA DE COMPONENTES

M1	Módulo M1
R1	Resistência 100K, 5%, 1/4 W (marrom, preto, amarelo)
R2	Resistência 100K, 5%, 1/4 W (marrom, preto, amarelo)
R50	Resistência 3,3K, 5%, 1/4 W (laranja, laranja, vermelho)
C1	Capacitor 220 nF
C2	Capacitor, 10 µF, eletrolítico
C3	Capacitor, 4,7 µF, eletrolítico
C4	Capacitor, 4,7 µF, eletrolítico
C5	Capacitor, 47 µF, eletrolítico
C50	Capacitor, 47 nF
U1	Circuito integrado LM324
INSTRUMENTO	

DADOS TÉCNICOS

Tensão de alimentação: 9 V



Esquema elétrico do circuito multiplicador de tensão com diodos.

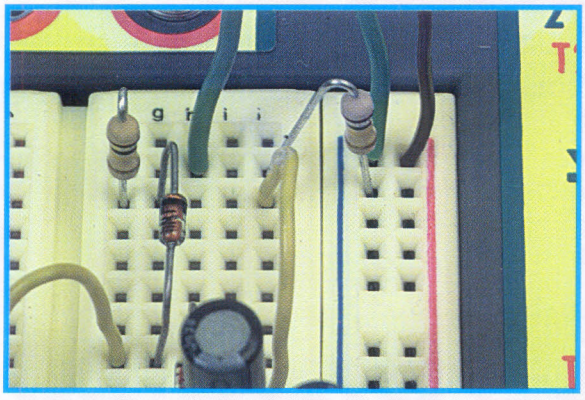
MULTIPLICADOR COM DIODOS.

alterna se mede entre o negativo da alimentação, terminal (-) do módulo M1 e o terminal T4 do mesmo módulo.

Circuito de medida

O voltímetro disponível mede até 10 volts de tensão contínua e o circuito pode fornecer uma tensão superior. Por outro lado, encontramos que o voltímetro pode consumir certa quantidade de corrente que pode ser muito elevada para este tipo de circuitos.

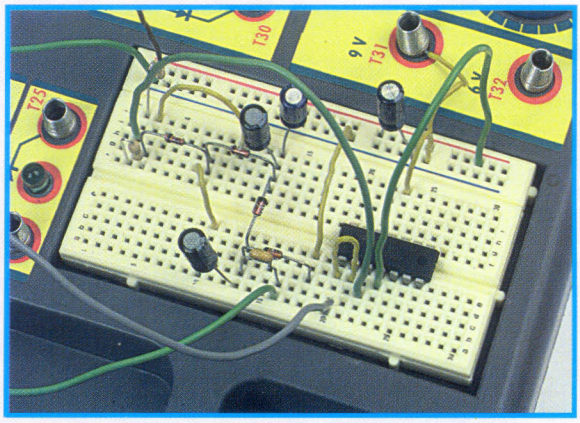
Estes dois problemas se solucionam em nosso sistema de trabalho. Em primeiro lugar, para evitar que o voltímetro consuma, utiliza-se um circuito seguidor baseado em um amplificador operacional. Este circuito tem um ganho de tensão UM, isto é, a tensão de entrada é igual à de saída, mas com a vantagem de que tem uma impedância de entrada muito alta, isto é, quase não consome corrente por sua entrada. No entanto, sua saída pode entregar alguns miliampères. Quando o problema do



Com R1 e R2 se consegue multiplicar a escala do instrumento por dois: deverá se multiplicar a leitura do mesmo por dois também.

consumo do voltímetro estiver solucionado, deverá se solucionar o da medida. Devemos ampliar a escala de medida, e pensamos que é suficiente multiplicá-la por dois. Isto é muito simples, basta conectar à entrada do voltímetro um divisor de tensão por dois, o qual poderá se fazer empregando duas resistências do mesmo valor, que em nossa experiência são de 100 K e se identificam no esquema como R1 e R2.

Ao usar este circuito de medida será importante se lembrar que a leitura do voltímetro está dividida por dois, tendo em conta que agora se podem medir até 20 volts de tensão contínua. Desta maneira, quando o voltímetro marcar 4 V, na saída do circuito teremos 4 x 2 V, isto é, 8 V.



Devemos ter muito cuidado com a conexão dos diodos e dos capacitores.

Célula multiplicadora

Para que o multiplicador funcione, necessita, pelo menos, de duas células RC. Neste caso as formadas por C1, D1 e por C2, D2; no cátodo de D2 já temos amplificação. Se acrescentarmos a seguinte célula C3, D3, aumentaremos a tensão. Esta tensão se torna a incrementar de novo com a seguinte célula C4, D4. Poderíamos incorporar novas células. O funcionamento consiste em ir traspassando a carga de um capacitor ao seguinte, utilizando os diodos para impedir a descarga. A carga se efetua de maneira lenta, pois a cada pulso captado vai passando de uma etapa a outra até conseguir a tensão final.

N células RC multiplicam por $n\sqrt{2}$

Montagem

A montagem não é complicada, pois usa muito poucos componentes, mas deverá se prestar muita atenção na polaridade dos mesmos: recordaremos que o cátodo de cada diodo é o terminal mais próximo da faixa situada sobre o seu corpo. Nos capacitores eletrolíticos, o terminal negativo se indica no seu próprio corpo.

Deverá se cuidar muito a conexão do instrumento de medida: o terminal T3 é o negativo e o 1 o positivo. Também não se deverá esquecer de alimentar o circuito integrado LM324.

MULTIPLICADOR COM DIODOS.



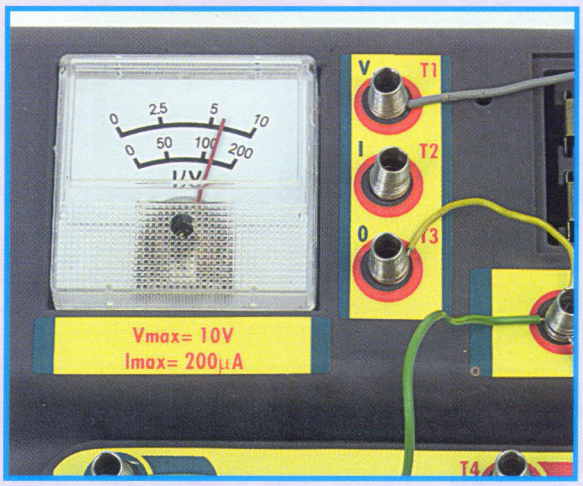
Sistema de testes com o circuito multiplicador de tensão com diodos.

Antes de conectar a alimentação, deveremos comprovar que cada componente ocupe seu lugar, que esteja conectado com a polaridade adequada e que todas as conexões sejam corretas.

A experiência

O circuito deve funcionar ao ser alimentado e o ponteiro se moverá e irá subindo até marcar 6 V, o que indica que temos na saída uma tensão de 12 volts.

Na entrada medimos uma tensão de máximos de uns 3 volts e é normal que na saída dê esta tensão. É claro que esta tensão depende do estado de carga das pilhas e pode diferir um pouco desta, se der um valor muito diferente, deve-se desligar imediatamente a alimentação e revisar todo o trabalho realizado.



O instrumento lê uns 6 V quando à saída do circuito há uns 12 V.

Variantes

Neste circuito não se recomenda realizar muitas variantes, embora possa se fazer alguma experiência que consiste em variar a freqüência do sinal de entrada. Se se aumentar muito C50, a freqüência baixará e poderá se observar que o ponteiro sobe mais lentamente, pois dá tempo de observar o traslado de cargas de um capacitor a outro. Recomenda-se testar com freqüência de aproximadamente 1, 10, 100 e 1.000 Hz, observando a tensão obtida na saída. Quando a freqüência for elevada, se alcançará mais rapidamente a tensão de saída, mas se for baixa demais, pode-se chegar a deixar de funcionar. Recomenda-se realizar estes testes, embora não faça falta que as freqüências indicadas antes sejam exatas.

Também é aconselhável efetuar testes com diferentes tensões de alimentação, isto é, 6 V e 7,5 V.

JOGO DE LUZES NOTURNO. Quatro osciladores se ativam ao cessar o nível de luz.

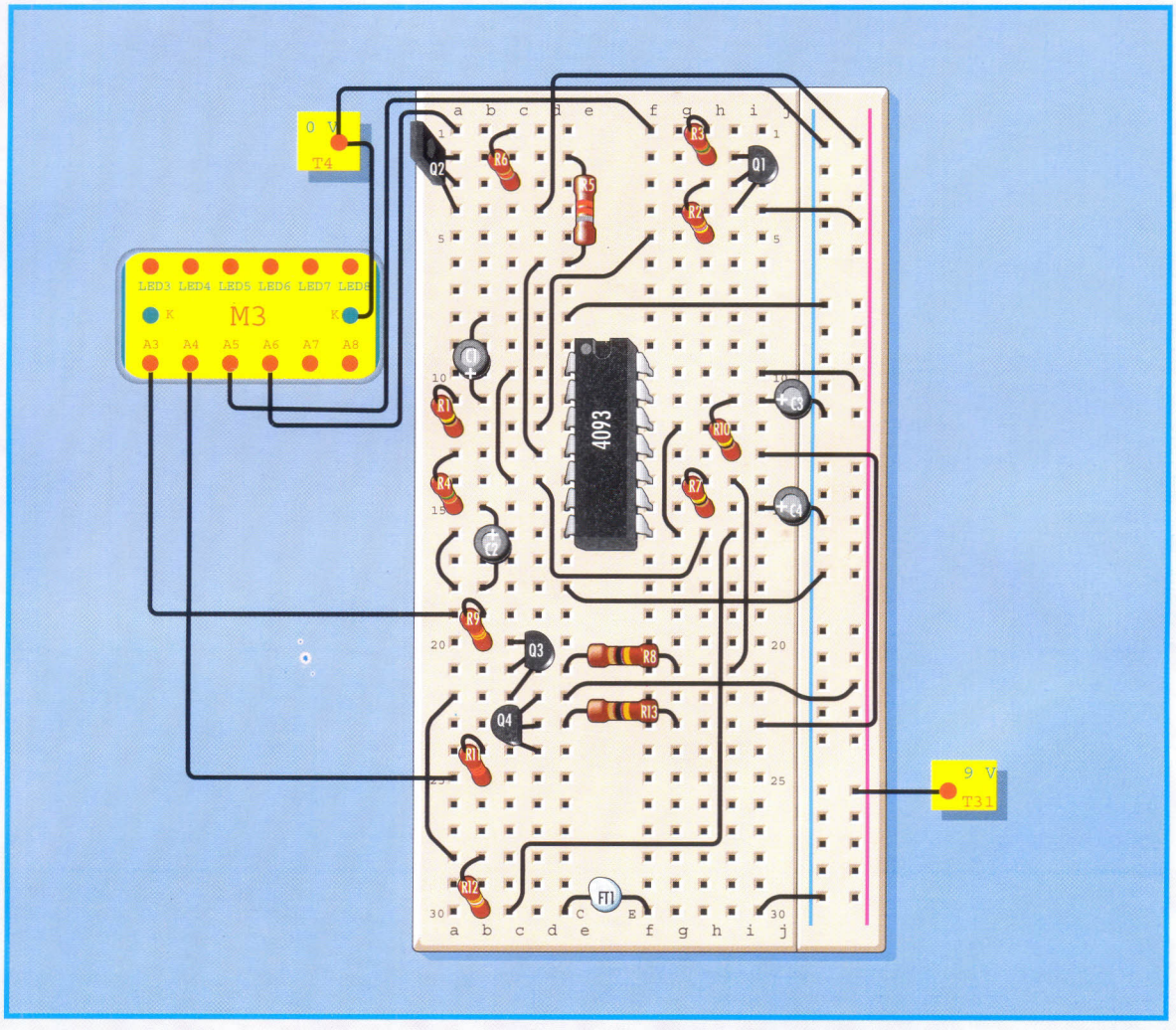


Diagrama de conexão do jogo de luzes noturno.

Nesta experiência se usa um transistor PNP com inversor. Isto soluciona o problema que se apresenta quando em um oscilador construído com uma porta NAND, do tipo das utilizadas em um 4093, conecta-se em nível baixo uma de suas entradas: então a saída passará a nível alto e o oscilador deixará de funcionar, mas na saída haverá um nível alto permanentemente. Se fosse um sinal de áudio bastaria intercalar um capacitor, mas se se trata de uma sinalização luminosa mediante um LED entre a saída da porta e massa, intercalando uma resistência limitadora, ficaria permanentemente iluminado ao deixar de oscilar.

O circuito

Se observarmos o esquema elétrico do circuito, poderemos comprovar que consta de quatro osciladores, com o mesmo esquema básico, mas com algumas variantes. Um fototransistor controla o funcionamento dos osciladores de maneira simultânea, pois as entradas do controle de cada oscilador estão unidas entre si.

Quando a entrada de controle de cada oscilador, terminais 8, 12, 1 e 5 de cada porta, estiver em nível baixo, o oscilador estará parado, isto é, não oscilará. Para controlar o nível lógico de ativação, utiliza-se uma resistência e um fototransistor. Se o nível de luz for

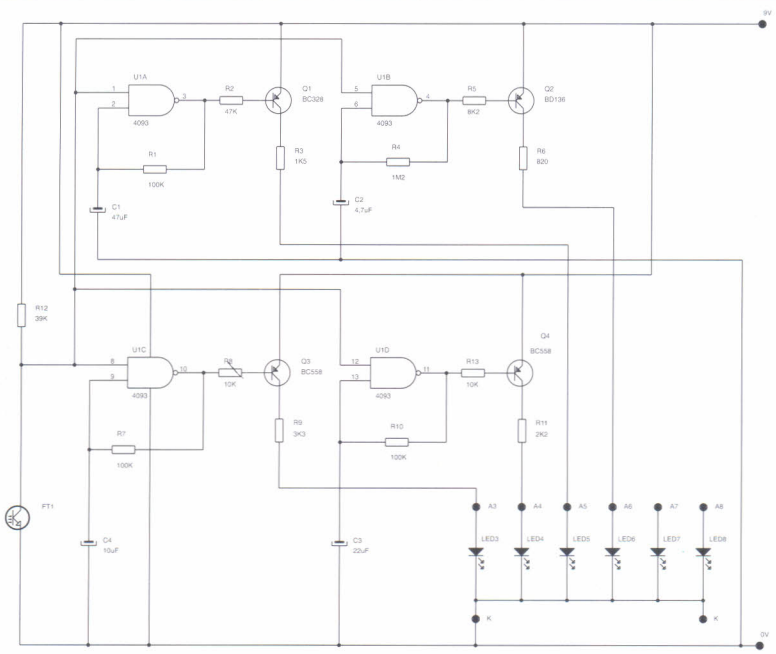
JOGO DE LUZES NOTURNO.

LISTA DE COMPONENTES

M3	Módulo M3
R1	Resistência 100K, 5%, 1/4 W (marrom, preto, amarelo)
R2	Resistência 47K, 5%, 1/4 W (amarelo, roxo, laranja)
R3	Resistência 1,5K, 5%, 1/4 W (marrom, verde, vermelho)
R4	Resistência 1,2M, 5%, 1/4 W (marrom, vermelho, verde)
R5	Resistência 8,2K, 5%, 1/4 W (cinza, vermelho, vermelho)
R6	Resistência 820 Ω, 5%, 1/4 W (cinza, vermelho, marrom)
R7	Resistência 100K, 5%, 1/4 W (marrom, preto, amarelo)
R8	Resistência 10K, 5%, 1/4 W (marrom, preto, laranja)
R9	Resistência 3,3K, 5%, 1/4 W (laranja, laranja, vermelho)
R10	Resistência 100K, 5%, 1/4 W (marrom, preto, amarelo)
R11	Resistência 2,2K, 5%, 1/4 W (vermelho, vermelho, vermelho)
R12	Resistência 39K, 5%, 1/4 W (laranja, branco, laranja)
R13	Resistência 10K, 5%, 1/4 W (marrom, preto, laranja)
C1	Capacitor, 47 µF, eletrolítico
C2	Capacitor, 4,7 µF, eletrolítico
C3	Capacitor, 22 µF, eletrolítico
C4	Capacitor, 10 µF, eletrolítico
Q1	Transistor NPN BC328 o BC327
Q2	Transistor NPN BD136 o BC138
Q1	Transistor NPN BC558 o BC557
Q1	Transistor NPN BC558 o BC557
U1	Circuito integrado 4093
FT1	Fototransistor

DADOS TÉCNICOS

Tensão de alimentação: 9 V



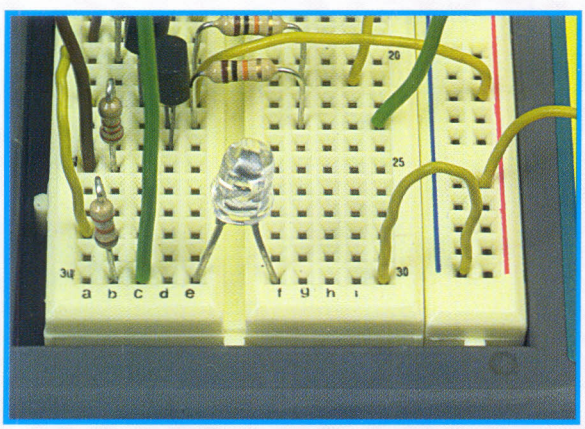
Esquema elétrico do circuito do jogo de luzes noturno.

JOGO DE LUZES NOTURNO.

elevado, o fototransistor conduzirá e o nível nas entradas de controle descerá, de forma que quando estas os interpretarem como um zero, deixarão de oscilar. À saída de cada porta se dispõe um transistor PNP, que, além de atuar como inversor, nos permite controlar uma carga mais elevada que a de uma porta individual.

O oscilador

O oscilador empregado nesta experiência já é conhecido, nesta ocasião comprovaremos que também funciona corretamente a freqüências muito baixas. Se nos fixarmos em uma das portas, já que se utiliza o mesmo tipo de conexão para todas, veremos que no caso da porta NAND U1A, os valores da resistência R1 e do capacitor C1 determinam a freqüência de oscilação. Mas, neste caso, a aplicação das fórmulas usadas em outras ocasiões encontra o inconveniente de que a tolerância anormalmente empregada para os capacitares eletrolíticos é de +50%, -10%, isto é, por exemplo, um capacitor marcado como 10 (F pode ter

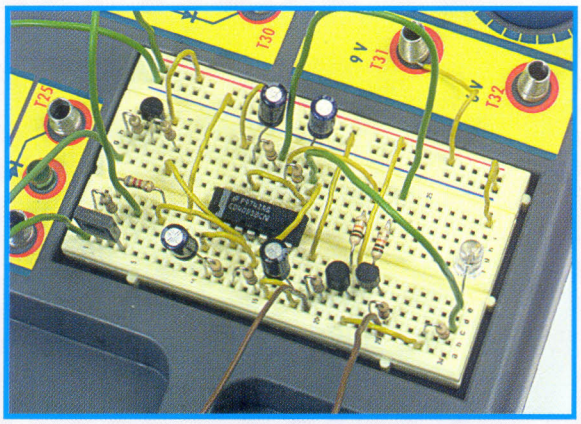


Os osciladores começam a funcionar quando o nível de luz for insuficiente para ativar o fototransistor.

qualquer valor compreendido entre 8 e 15 (f. Portanto, montado o circuito, deverá se comprovar se a freqüência real obtida é útil para nossos propósitos ou se deverá realizar alguma correção, trocando o valor do capacitor ou da resistência.

Corrente de saída

A corrente de saída de cada uma destas portas é bastante reduzida, limitando-se a alguns miliampères. A utilização de um transistor à saída nos permite aumentar esta corrente. No caso de Q3 e Q4 se usam transistores de pequena potência, com os quais se poderia obter uma corrente próxima aos 50 mA, que não suportaria uma porta. Neste caso as resistências



Ao colocar os componentes na placa de inserção, deverá se ter em conta a distribuição de terminais de cada transistor.

R9 e R11 poderia ser reduzida até uns 820 (, para não superar os aproximadamente 10 mA de corrente máxima recomendada para um LED. O transistor Q1 é do tipo darlington, em seu interior haverá realmente dois transistores, com o qual se consegue um ganho muito grande; na saída pode-se obter a mesma corrente que com os anteriores, mas neste caso necessita de uma corrente de base menor e, portanto, a resistência de base é maior e a saída da porta tem que absorver menos corrente. Finalmente, o transistor Q2 é de mediana potência e poderia absorver uma

A luz fixa o nível lógico

corrente maior; sem necessidade de dissipador adicional, poderia conduzir uns 250 mA. Poderíamos alimentar os LED 7 e 8, acrescentando as correspondentes resistências de polarização, de 1K por exemplo, conectando-as entre os terminais A7 e A8 do módulo M3, respectivamente, e o coletor de Q2.

Montagem

A realização prática desta experiência não é muito complicada, mas deverá se ter muito cuidado com o sistema de pernas dos transistores, para não trocá-las e com o transistor BD136, para não colocá-lo ao contrário, pois com isto trocaríamos a conexão de base pela de coletor. Também deverá se cuidar a colocação dos capacitores eletrolíticos, já que têm polaridade.

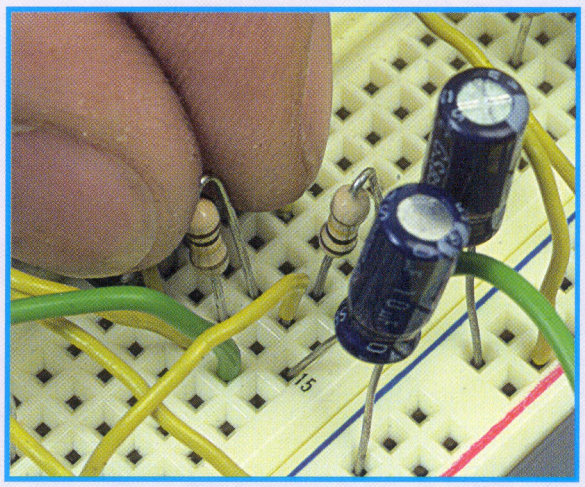
JOGO DE LUZES NOTURNO.



Sistema de testes com o jogo de luzes noturno montado.

Funcionamento

Alimentado o circuito, os LEDs começarão a acender e a apagar cada um com uma freqüência diferente, por exemplo, em nossa montagem no LED3, obteve-se aproximadamente 1 Hz, 0,5 Hz no LED4, 0,2 Hz no 5 e no 6 uma freqüência ainda mais baixa. Pode-se experimentar com todas elas, trocando os valores dos componentes que determinam a freqüência de oscilação. Mas tudo isto se obtém tapando o fototransistor, para o que, em nossas experiências, utilizaremos a tampa preta de uma caneta de feltro. Quando o nível de luz se elevar, o fototransistor FT1 começará a conduzir e o nível nas entradas de controle das portas começará a descer e quando estas o interpretarem como um zero, os osciladores deixarão de funcionar e os LEDs permanecerão apagados.



Trocando R7 se consegue variar a cadência com que se acende o LED3.

Modificações

No circuito podem se realizar muitas modificações, especialmente aumentar a carga na saída com mais LEDs. No entanto, deverá se ter em conta que não se deve aplicar mais de 10 mA a cada um deles. Quanto à freqüência, deverá se ter em conta que se se aumentar demais, o nosso olhar não poderá seguir as suas variações e o LED se verá sempre iluminado, embora em realidade o faça de maneira intermitente; para observar melhor este efeito, recomenda-se ir diminuindo progressivamente os valores da resistência ou do capacitor, para comprovar, pouco a pouco, os efeitos produzidos em cada mudança. Também é conveniente tomar nota em uma folha de papel de quais são as mudanças realizadas e os resultados obtidos.

GERADOR DE FORMAS DE ONDA. Se a forma de onda não for senoidal, gerar-se-ão freqüências harmônicas.

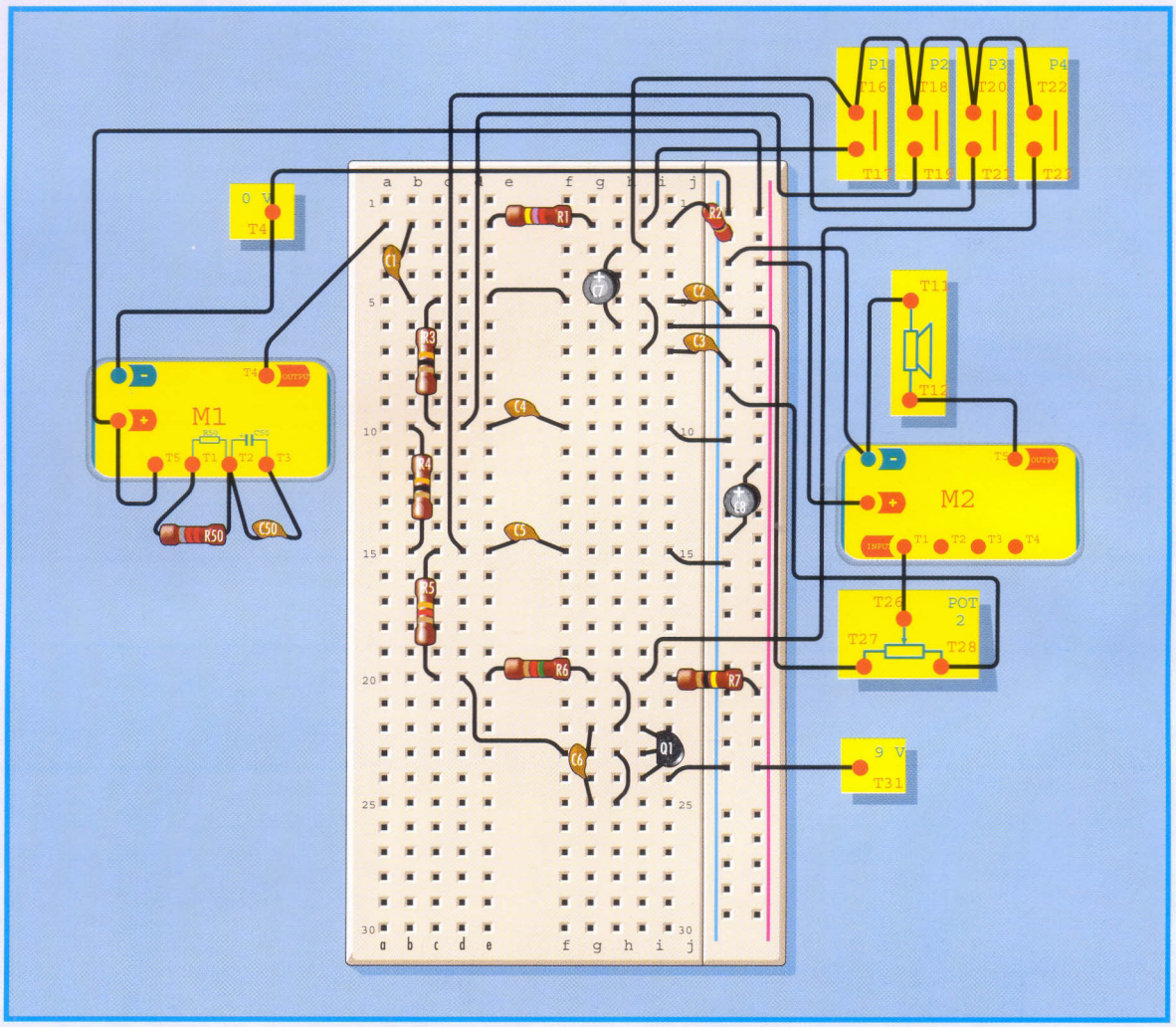


Diagrama de conexão do gerador de formas de onda.

Nesta experiência se comprova que formas de onda da mesma freqüência geram sons diferentes. Se não tivermos muitos conhecimentos de áudio, nem de música, poderá nos parecer esquisito que vários instrumentos musicais soem diferente, embora emitam a mesma nota, isto é, trabalhando com a mesma freqüência. Inclusive poderemos nos surpreender mais ainda se medirmos com um freqüencímetro e comprovármos que é a mesma freqüência, embora sigamos escutando sons diferentes.

Antes de continuar com a experiência, descreveremos de maneira muito simplificada alguns conceitos teóricos, muito interessantes para todos, mas especialmente para os entusiastas do som em todas as suas facetas, desde técnicos até músicos.

Tom

Um tom contém só uma freqüência, daí que muitos utilizem a denominação tom puro para confirmar este fato. Se se observa a forma de onda correspondente a um tom puro, pode-se ver que é uma senóide perfeita. Este tipo de sinal se utiliza nos geradores de áudio. Teoricamente tem uma distorção zero; no entanto, para as aplicações mais simples é suficiente uma distorção abaixo de 0,01%. Para se ter uma idéia, um ouvido normal aprecia que um tom é puro abaixo de 0,1%. Quando se aplica ao mesmo amplificador, que

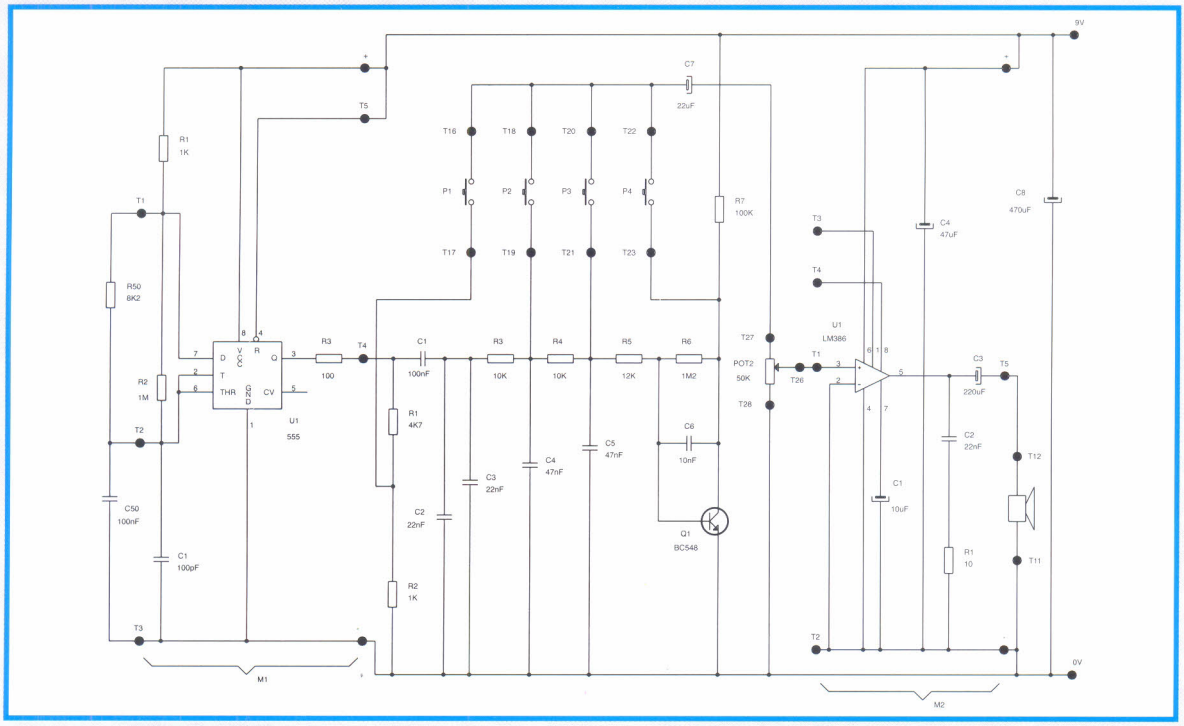
GERADOR DE FORMAS DE ONDA.

LISTA DE COMPONENTES

M1	Módulo M1
M2	Módulo M2
R1	Resistência 4K7, 5%, 1/4 W (amarelo, roxo, vermelho)
R2	Resistência 1K, 5%, 1/4 W (marrom, preto, vermelho)
R3	Resistência 10K, 5%, 1/4 W (marrom, preto, laranja)
R4	Resistência 10K, 5%, 1/4 W (marrom, preto, laranja)
R5	Resistência 12K, 5%, 1/4 W (marrom, vermelho, laranja)
R6	Resistência 1,2M, 5%, 1/4 W (marrom, vermelho, verde)
R7	Resistência 100K, 5%, 1/4 W (marrom, preto, amarelo)
R50	Resistência 8,2K, 5%, 1/4 W (cinza, vermelho, vermelho)
C1	Capacitor 100 nF
C2	Capacitor 22 nF
C3	Capacitor 22 nF
C4	Capacitor 47 nF
C5	Capacitor 47 nF
C6	Capacitor 10 nF
C7	Capacitor, 22 µF, eletrolítico
C8	Capacitor, 470 µF, eletrolítico
C50	Capacitor 100 nF
Q1	Transistor NPN BC548 o BC547
P1 a P4 TECLAS	
POT2	
ALTO-FALANTE	

DADOS TÉCNICOS

Tensão de alimentação: 9 V
Freqüência: 825 Hz (aprox.)



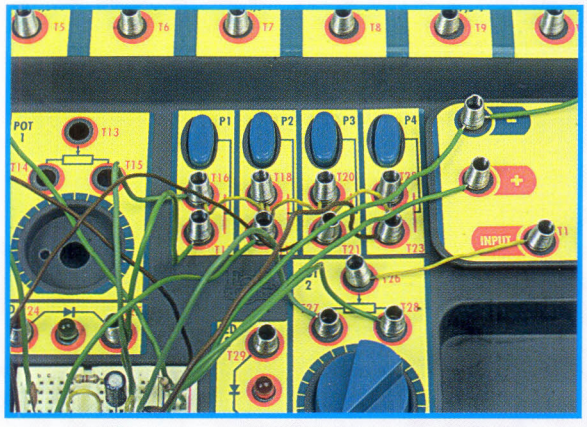
Esquema elétrico do circuito gerador de formas de onda.

GERADOR DE FORMAS DE ONDA.

excita o mesmo alto-falante, um tom, isto é, um sinal que contém só uma freqüência, escuta-se sempre o mesmo som, proceda de um gerador ou de outro, sempre que estivermos aplicando uma onda senoidal.

Freqüências harmônicas

Quando a forma de onda não for uma senóide perfeita começam a aparecer outras freqüências, em geral freqüências múltiplas, pares e ímpares da freqüência fundamental, que enquanto se mantiverem dentro da faixa de áudio serão perfeitamente audíveis. Por exemplo, uma freqüência de 400 Hz tem o segundo harmônico em 800 Hz, um terceiro em 1.200 Hz, etc., até chegar a uns 10 kHz audíveis, já que os mais altos vão se atenuando. O nível e composição destes harmônicos depende da forma de onda. Todas estas freqüências originam sinais elétricos que se amplificam e se entregam ao alto-falante, gerando sons que acompanham o tom principal. Precisamente



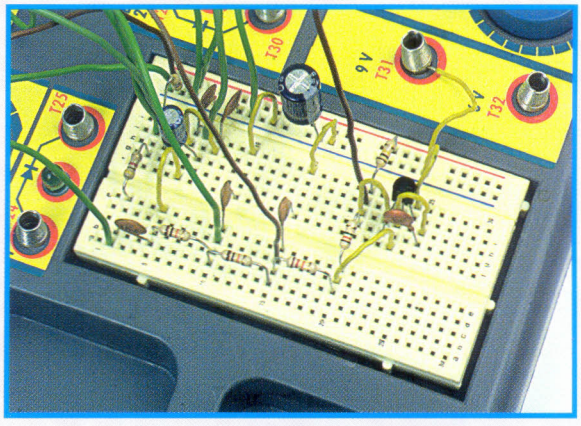
Cada tecla seleciona uma forma de onda diferente na saída.

esta distribuição de harmônicos é a que muda de um instrumento a outro e acompanha o tom principal, o qual não muda; isto é precisamente o que diferencia um instrumento de outro quando geram a mesma nota musical.

Onda quadrada

Um caso muito especial e típico é a onda quadrada. Seu espectro de freqüências é muito curioso. Compõe-se do tom fundamental e de todos os harmônicos ímpares, até o infinito, sendo o nível de cada um deles o nível do tom fundamental dividido pelo número de ordem.

Por exemplo, uma onda quadrada de 500 Hz de freqüência, tem um tom fundamental de uma amplitude A e de uma freqüência de 500 Hz, ao que



Fotografia da placa de protótipos com os componentes que conformam a onda de saída.

acompanham os seguintes tons: um tom de 1.500 Hz com uma amplitude de A/3, um tom de 2.500 Hz com uma amplitude a/5, um tom de 3.500 Hz com uma amplitude de A/7, etc. Conforme for aumentando a freqüência, irá diminuindo a amplitude do tom harmônico. Uma onda quadrada é muito fácil de reproduzir. No entanto, não tem sentido medir sua distorção, pois seria altíssima. A distorção só se mede para uma freqüência única, isto é para um tom.

Um tom não contém harmônicos

Filtros

Uma forma de onda que gera harmônicos pode ser modificada com os circuitos adequados. Um deles é o filtro passagem/baixa, pois nos permite atenuar as freqüências harmônicas mais altas e reduzir a distorção. No entanto, outras vezes não interessa reduzir a distorção senão simplesmente modificar o som.

O circuito

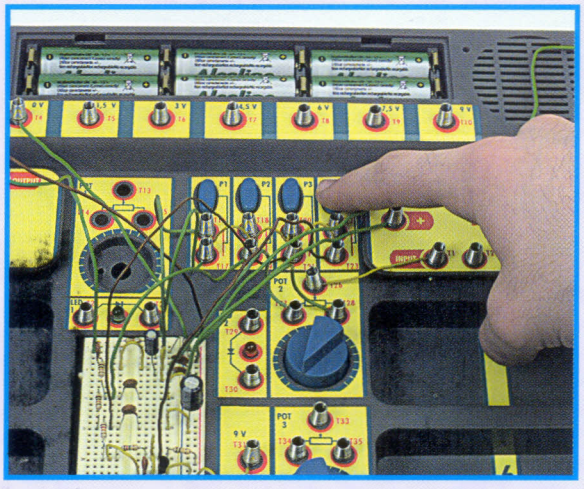
O circuito é muito simples, consiste em um conjunto de componentes que modificam o sinal de onda quadrado, gerado em um oscilador cíclico de uns 825 Hz, que se obtém com o módulo M1. O circuito que modifica o sinal em várias saídas, que correspondem a diferentes formas de onda e se aplicam por meio de quatro teclas a um amplificador de áudio, módulo M2, dá a sua saída um sinal de

GERADOR DE FORMAS DE ONDA.



Gerador de formas de onda montado no sistema de testes.

potência suficiente para permitir escutar o som gerado por cada um destes sinais no alto-falante. Os sinais que se obtêm são os seguintes: no terminal T17, correspondente à tecla P1, consegue-se um sinal com forma de onda quadrada de uma amplitude de 1,2 V, máximo a máximo; no terminal T19, tecla P2, consegue-se uma onda quase triangular de 1,7 V pp; no terminal T21, tecla P3, obtém-se uma onda triangular de uns 0,5 V pp, e finalmente, no terminal T23, tecla P4, dá um sinal senoidal de uns 0,5 V pp, que é quase perfeito, pelo que poderá ser considerado um tom puro. As saídas de cada tecla estão unidas a um ponto comum, o positivo do capacitor C7, do qual se levam cada um destes sinais, quando se aciona á correspondente tecla, até a entrada do controle de volume do amplificador de áudio, o que nos permite escutar à vontade o som que gera cada um dos sinais.

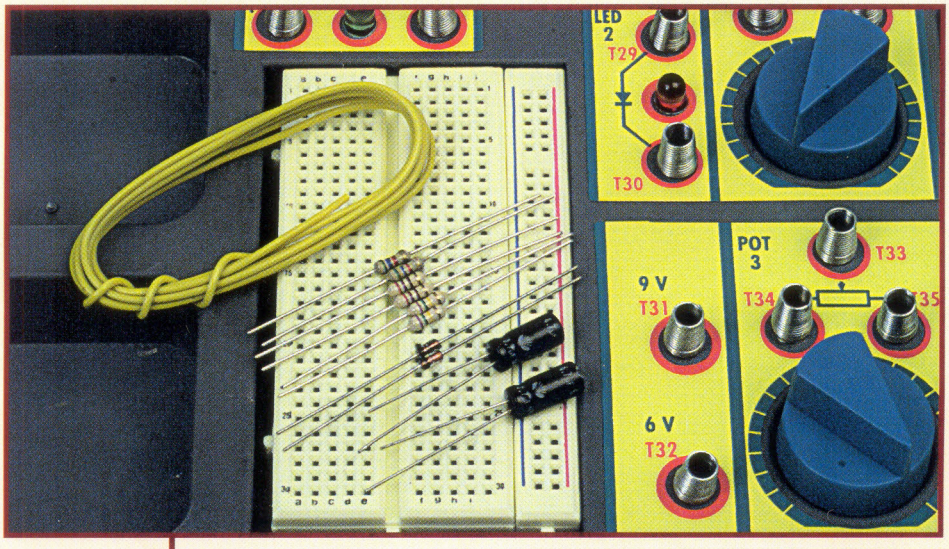


Clicando P4 se consegue uma onda senoidal na saída.

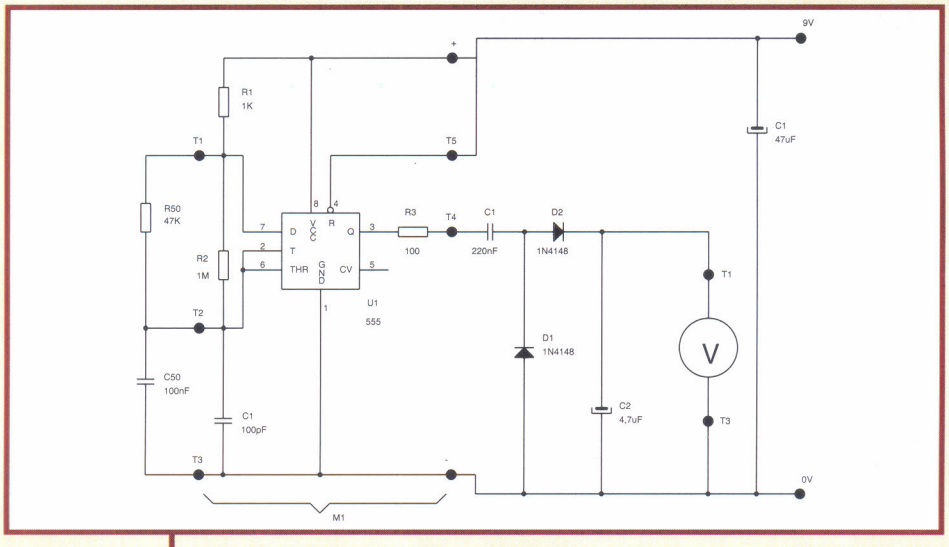
A experiência

A experiência consiste em comprovar, ao ir acionando uma ou outra tecla, que o som muda, apesar da freqüência fundamental ser a mesma. Com isso se demonstra que com diferentes formas de onda se geram diferentes freqüências harmônicas que acompanham o sinal original, produzindo sons que o ouvido identifica rapidamente como diferentes. Em nossa experiência trabalhamos com uma freqüência de uns 825 Hz, mas recomendamos experimentar também com outras freqüências; para isso basta mudar o valor do capacitor C50, utilizando 220, 47 e 22 nF e comprovar os resultados obtidos em cada caso. Também podemos comprovar a influência de mudar algum capacitor, por exemplo, C4 e/ou C5 e alguma resistência, como R3 ou R4. A freqüência fundamental se manterá, mas mudamos a composição de harmônicos e o som mudará.

EXPERIÊNCIAS FÁCEIS III. Circuitos de medida simples.

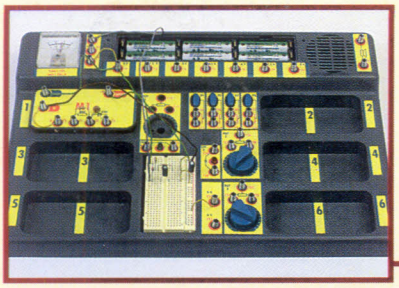


Nesta entrega são fornecidos mais componentes para se realizar experiências e mais fio de interconexão, neste caso amarelo, para montar uns 20 fiozinhos de interconexão de uns 5 cm de comprimento.

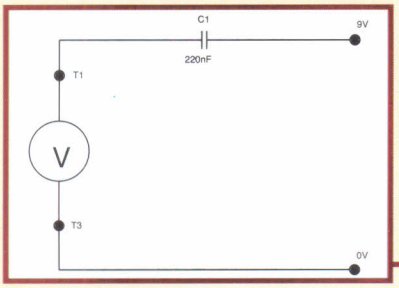


Para medir a tensão de saída do cíclico com 555 deve-se retificá-la, mas neste caso intercalamos um capacitor C1, enquanto C2 estabiliza a tensão retificada obtida e a converte quase em contínua, de maneira que possa ser medida facilmente com o voltímetro.

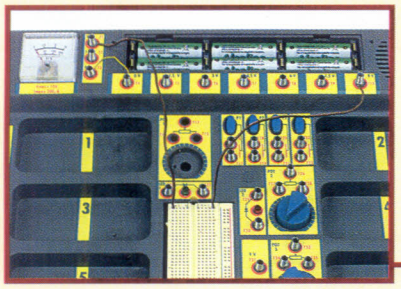
Para nos familiarizarmos com o uso do voltímetro, vamos realizar uma série de medidas em uns circuitos simples, que deverão ser montados com paciência a partir do esquema, para ver a influência nestes circuitos de diodos e capacitores.



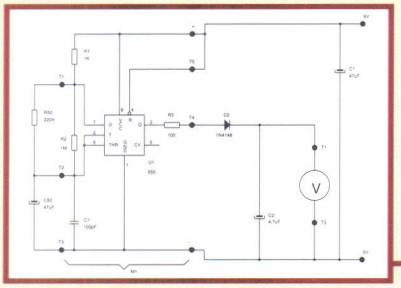
1 Esta é a montagem correspondente ao esquema anterior. No voltímetro se obtém uma leitura de uns 4,5 V. Deverá se cuidar bem as conexões, recordando que o positivo do voltímetro é T1 e o negativo T2.



2 Este circuito é correto e serve para fixar idéias. Aplica-se uma tensão contínua a um capacitor que se intercala entre a alimentação contínua a pilhas e um voltímetro de contínua. A corrente contínua não atravessa o capacitor.



3 Se realizarmos a montagem anterior observaremos que o ponteiro tem tendência a se mover um pouco no momento da conexão, embora logo marque zero, pois não pode circular corrente através do capacitor. Concluindo: a corrente contínua não atravessa os capacitores.



4 Circuito retificador simples. Neste caso se elimina o capacitor, mas por ser uma corrente alterna deverá se pôr um capacitor de filtragem, ou suavizador do sinal que é C2. Além disso, desta maneira se assegura um movimento gradual do ponteiro do instrumento.

O esquema anterior poderá ser montado no sistema de testes e, assim, comprovaremos os resultados obtidos. O capacitor armazena a carga e o voltímetro consome pouco e quase não o descarrega, obtendo-se, portanto, uma tensão de uns 6 V.

