

# 50 Circuitos com Diodos Retificadores e Zener



R N SOAR





# SUMÁRIO

<b>CIRCUITO</b> <b>Nº</b>		<b>Página</b>
1	Sintonizador de Ondas Médias .....	7
2	Rádio-Receptor com Detector do Tipo Dobrador de Tensão	8
3	Sintonizador com Detector Quadruplicador de Tensão	9
4	Demodulador Dobrador de Tensão para Rádio Transistori- zado .....	11
5	Receptor para Controle de Modelos .....	11
6	Discriminador Foster-Seeley .....	13
7	Detector de Relação Equilibrado .....	15
8	Detector de Relação não Equilibrado .....	17
9	Detector de Produto para SSB .....	18
10	Dobrador de Freqüências de Áudio .....	19
11	Medidor de Saída para Transmissores de Radiocon- trole (27 MHz) .....	21
12	Voltímetro para C.C. ou C.A. ....	22
13	Demodulador Síncrono .....	24
14	Fonte de Alimentação de Baixa Potência .....	25
15	Limitador de Áudio .....	26
16	Limitador de Áudio para Uso em Rádios de Ondas Curtas	27
17	Rejuvenescedor de Pilhas Secas .....	28
18	Dispositivo de Proteção contra Inversão de Polaridade em Televisores Portáteis de 12 V .....	29
19	Controle de Aquecimento para Soldadores .....	30
20	Melhorando a Fonte de Alimentação de Rádios Transis- torizados .....	31
21	Supressor de Centelhas para Motores de Baixa Ten- são Contínua .....	32
22	Proteção para Semicondutores que Comutam Relés ...	34
23	Utilizando um Diodo para Melhorar a Filtragem de Fon- tes de Alimentação .....	34
24	Convertendo a Alimentação de Receptores a Válvula da Bateria para a Rede Elétrica .....	36

<b>25</b>	<b>Disparador para Lâmpada Néon</b> .....	<b>37</b>
<b>26</b>	<b>Combinando Diodos Zener e C.I. Reguladores de Tensão</b> .....	<b>39</b>
<b>27</b>	<b>Combinando Capacitores Eletrolíticos com Diodos Zener</b> .....	<b>41</b>
<b>28</b>	<b>Carregador para Pilhas de Níquel-Cádmio</b> .....	<b>42</b>
<b>29</b>	<b>Quadruplicador de Tensão</b> .....	<b>43</b>
<b>30</b>	<b>Capacitor Despolarizado de Alta Capacitância</b> .....	<b>44</b>
<b>31</b>	<b>Retificadores em Paralelo</b> .....	<b>46</b>
<b>32</b>	<b>Controle para Relés</b> .....	<b>47</b>
<b>33</b>	<b>Proteção contra Transientes em Auto-Rádios</b> .....	<b>48</b>
<b>34</b>	<b>Retificador para Altas Tensões</b> .....	<b>49</b>
<b>35</b>	<b>Usando um Diodo como Resistor de Queda</b> .....	<b>50</b>
<b>36</b>	<b>O Superzener</b> .....	<b>51</b>
<b>37</b>	<b>Diodo Zener como Resistor de Queda</b> .....	<b>52</b>
<b>38</b>	<b>Proteção contra Sobretensões</b> .....	<b>54</b>
<b>39</b>	<b>Melhorando o Desempenho do Relé</b> .....	<b>54</b>
<b>40</b>	<b>Proteção de Medidores</b> .....	<b>55</b>
<b>41</b>	<b>Voltímetro com Zero Suprimido</b> .....	<b>56</b>
<b>42</b>	<b>Reguladores para Células Solares de Silício</b> .....	<b>57</b>
<b>43</b>	<b>Voltímetro de Escala Logarítmica</b> .....	<b>58</b>
<b>44</b>	<b>Fonte para Polarização de Grades de Controle de Válvulas</b> .....	<b>59</b>
<b>45</b>	<b>Oscilador com Diodo Túnel</b> .....	<b>60</b>
<b>46</b>	<b>Usando Diodos Zener</b> .....	<b>61</b>
<b>47</b>	<b>Regulador de Tensão Usando Zener, Diodo e Transistor</b> .....	<b>63</b>
<b>48</b>	<b>Ligando Baterias em Paralelo</b> .....	<b>65</b>
<b>49</b>	<b>Comutação Automática Bateria/Rede Elétrica</b> .....	<b>66</b>
<b>50</b>	<b>Proteção contra Inversão de Polaridade com Retificadores em Ponte</b> .....	<b>68</b>

# APRESENTAÇÃO

Nas páginas seguintes o leitor encontrará circuitos práticos que utilizam diodos de germânio e de silício, bem como diodos zener.

Onde for especificado o diodo de germânio OA91, poderão ser empregados os tipos OA70, OA81, OA85 e OA95. Na prática, qualquer diodo de germânio para sinal servirá, sendo que o OA95 é fabricado no Brasil (Ibrape).

O diodo de germânio OA79 poderá ser substituído pelo 1N60.

Nos circuitos que empregam o diodo de silício 1N914, unidades do tipo 1N4148 ou BA127 poderão substituí-lo. A Ibrape também fabrica o diodo 1N914. Tais componentes são de sinal e de rápido tempo de recuperação. Desta forma, retificadores de silício convencionais *não os substituem*.

Os retificadores de silício do tipo 1N4001, 1N4002 ou 1N4007 têm como equivalência o BY127. Tais diodos são de fácil obtenção no comércio especializado, e apresentam as seguintes características: 1N4001 (1 A, 50 V); 1N4002 (1 A, 100 V) e 1N4007 (1 A, 1.000 V). A primeira especificação dentro dos parênteses corresponde à corrente direta máxima, enquanto que a segunda especifica a tensão inversa máxima. Outros

retificadores de silício com as mesmas características poderão ser utilizados sem comprometer o funcionamento do circuito. De qualquer forma, é possível substituir-se um diodo retificador por outro cujo valor de corrente direta ou tensão inversa seja maior que o especificado para o componente original. Por exemplo, é válido substituir-se o 1N4001 pelo 1N4002, ou então o 1N4002 pelo 1N4007.

No caso de diodos zener são especificadas a tensão nominal zener e a potência máxima que o componente é capaz de dissipar. Ex.: 9,1 V, 400 mW. Na maioria dos circuitos apresentados é sempre possível substituir-se o zener recomendado por outro de maior dissipação. Por exemplo, um zener de 1 W em substituição a outro de 400 mW.

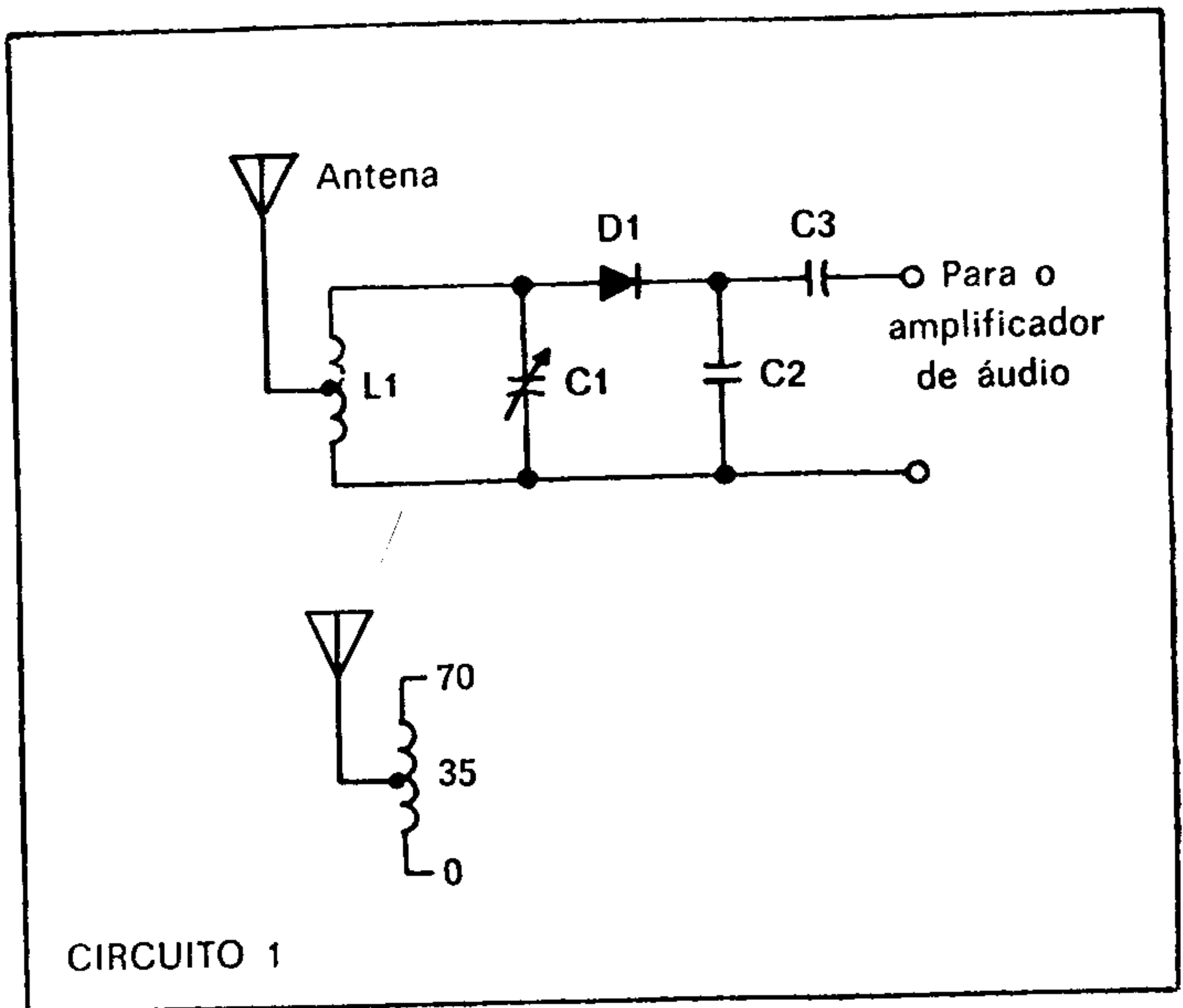
As tensões nominais para os diodos zener de 400 mW (série BZX) da Ibrape vão de 1,4 V (BZX 75 C1V4) a 75 V (BZX 79 C 75). As dissipações máximas são: 400 mW, 1,3 W, 2,5 W, 10 W, 20 W e 75 W (os diodos zener de 10, 20 e 75 W são de invólucro metálico com perno rosqueado para fixação. O catodo geralmente é ligado ao invólucro metálico).

# CIRCUITO 1

## Sintonizador de Ondas Médias

Este é um sintonizador que emprega um demodulador simples a diodo, projetado para a utilização em conjunto com um amplificador de áudio. Com uma pequena antena, que pode ser um fio de alguns centímetros, é possível captar-se, com boa recepção, duas ou três emissoras de ondas médias locais. A qualidade da reprodução é boa, sendo a falta de seletividade a única desvantagem de um receptor tão simples, o que pode constituir-se em um problema, especialmente à noite, quando estações mais distantes podem ser recebidas na mesma faixa de frequência.

Se você deseja sintonizar apenas uma estação de ondas médias, o capacitor de sintonia pode ser um capacitor ajustável ("padder") de 500 pF, o que reduzirá o custo do receptor.





A fôrma da bobina pode ser um tubo de papelão, ou um pequeno carretel de madeira, com diâmetro de aproximadamente 38 mm (1 1/2").

A bobina para o uso em ondas médias deve ter 70 espiras de fio esmaltado com 0,39 mm de diâmetro (nº 25 ou 27 AWG) com tomada na 35ª espira.

Se você deseja experimentar o receptor em ondas curtas, use uma bobina com 20 espiras, com tomada na 10ª.

O sintonizador de ondas médias acima descrito pode ser utilizado também como amplificador de sinais para um rádio transistorizado, colocando-se a antena de ferrita do rádio próxima à bobina do nosso sintonizador de O.M. e sintonizando o rádio transistorizado em uma estação fraca. Uma melhoria na recepção ocorrerá quando ajustarmos o sintonizador para a mesma frequência captada pelo rádio.

Usando-se este método, transmissões distantes de O.M. poderão ser recebidas.

#### LISTA DE MATERIAL

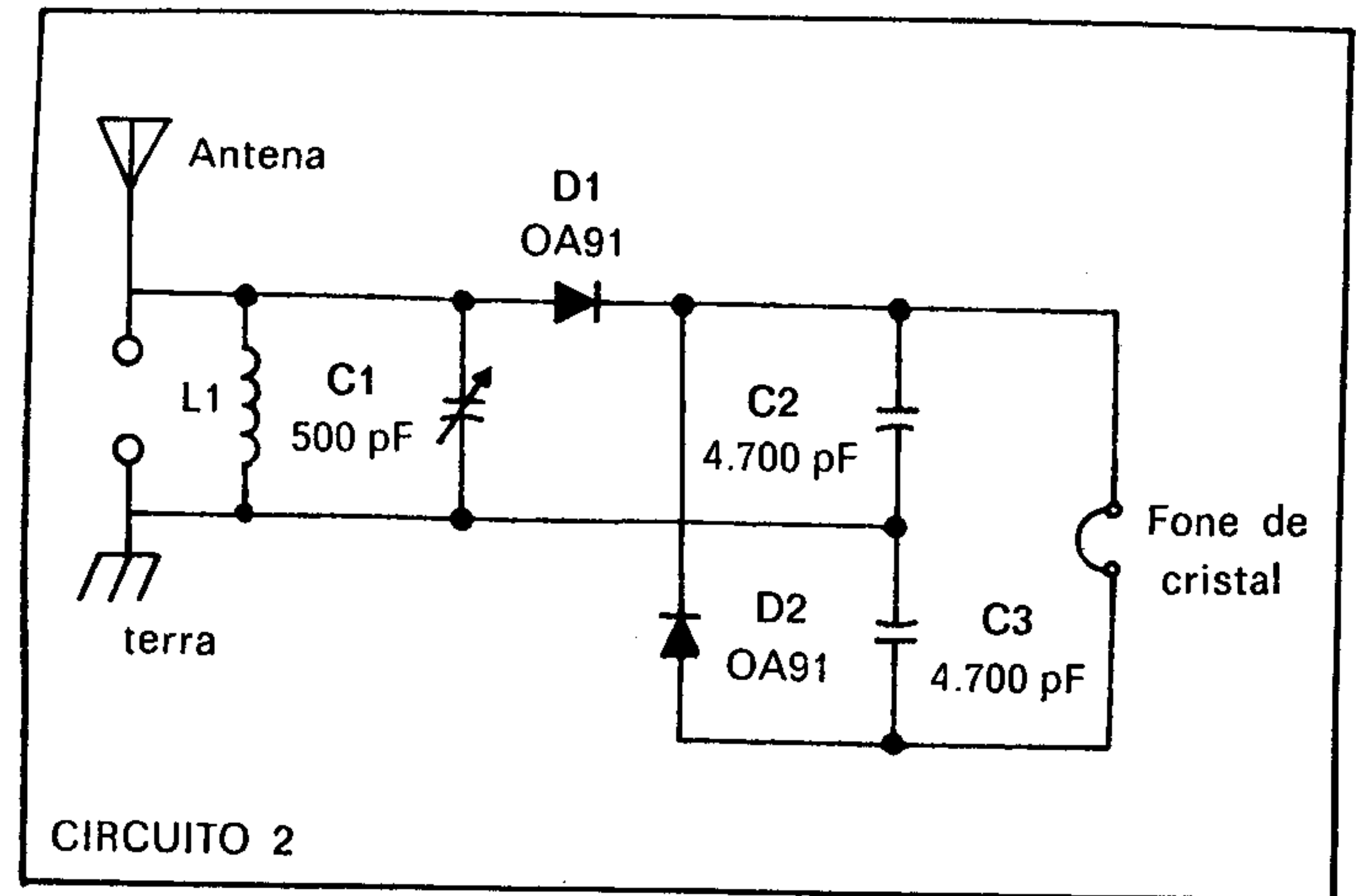
- D1 — OA91 ou equivalente
- C1 — 500 pF, capacitor variável (ver texto)
- C2 — 2.200 pF, cerâmica ou polistireno
- C3 — 0,047 µF, poliéster ou papel
- L1 — Ver texto

### CIRCUITO 2

#### Rádio-Receptor com Detector do Tipo Dobrador de Tensão

Por serem os diodos semicondutores componentes de baixo custo, é possível utilizar, com vantagem, dois ou mais deles no estágio detector. Você já deve estar familiarizado com os multiplicadores de tensão usados em fontes de alimentação. Pois bem, neste circuito e no circuito (3) são usados demoduladores multiplicadores de tensão.

Os diodos D1 e D2 carregam os capacitores C2 e C3, e o fone é excitado pela soma das tensões sobre esses capacitores. É muito importante que o fone empregado seja do tipo que uti-



liza um cristal piezelétrico para movimentar seu diafragma, sendo excitado por tensão. O tipo de fone normalmente utilizado em rádios transistorizados não é recomendável.

A bobina de sintonia é composta de 90 espiras de fio esmaltado com 0,2 mm de diâmetro (32 AWG) enroladas sobre um tubo de cartolina de, aproximadamente, 2,5 cm de diâmetro.

O receptor deve ser usado com uma boa antena e ligação à terra.

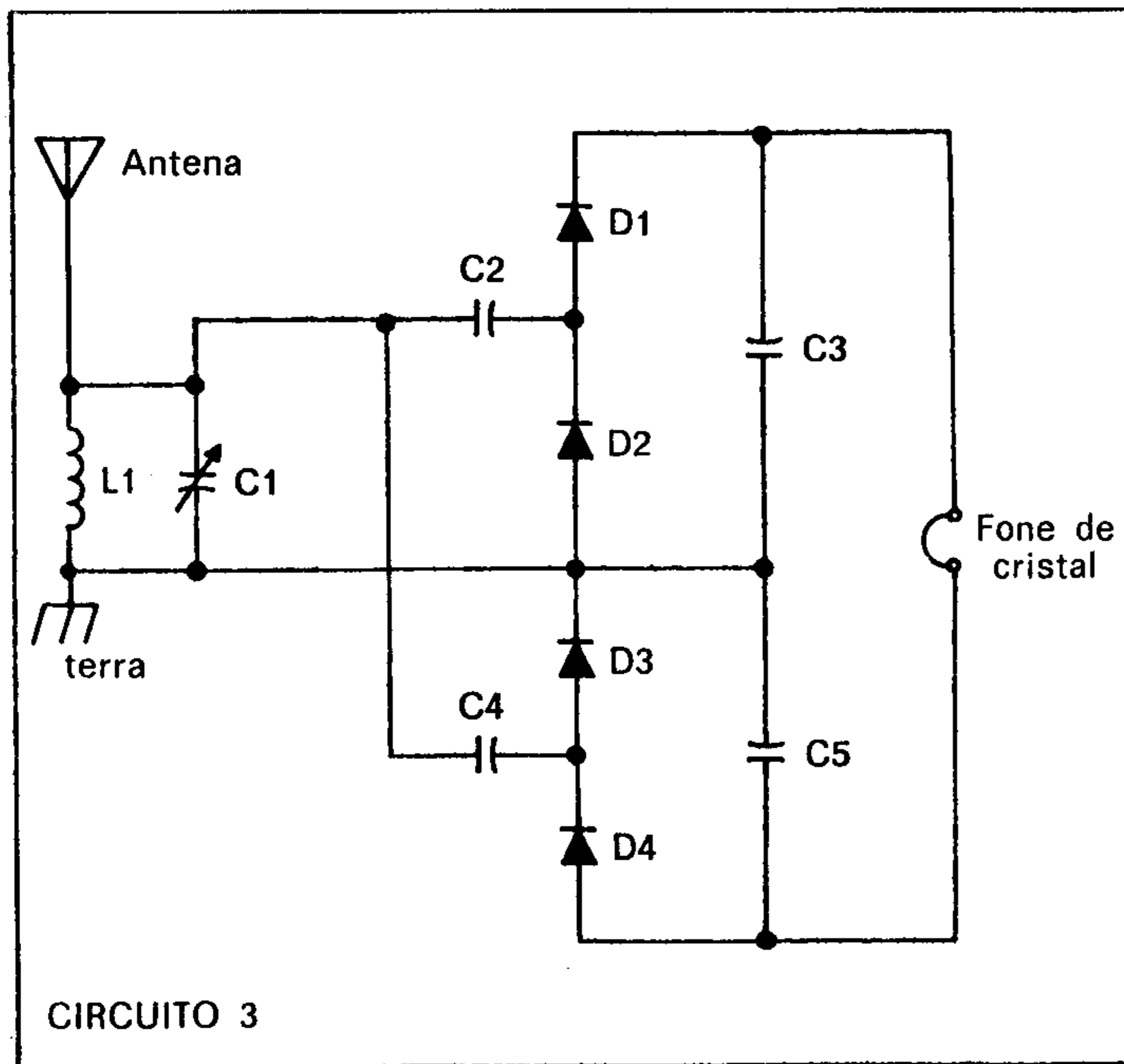
#### LISTA DE MATERIAL

- D1, D2 — OA91 ou equivalente
- C1 — 500 pF, capacitor variável
- C2, C3 — 0,0047 µF, cerâmica ou polistireno
- L1 — Ver texto

### CIRCUITO 3

#### Sintonizador com Detector Quadruplicador de Tensão

Nesta versão o sintonizador faz uso de um demodulador que quadruplica a tensão.



A bobina é a mesma do circuito anterior, sendo também importante que o fone a ser utilizado seja de cristal, além do emprego de uma boa antena e tomada de terra.

Os diodos devem ser os indicados no circuito dobrador de tensão, já que outros tipos de diodo funcionam muito bem como retificadores, mas fazem uma detecção muito deficiente.

A maioria dos problemas que podem ocorrer é devida à antena ou, então, ao uso de diodos inadequados.

Deve-se tomar cuidado ao soldar os diodos, pois estes podem ser danificados com o calor excessivo.

#### LISTA DE MATERIAL

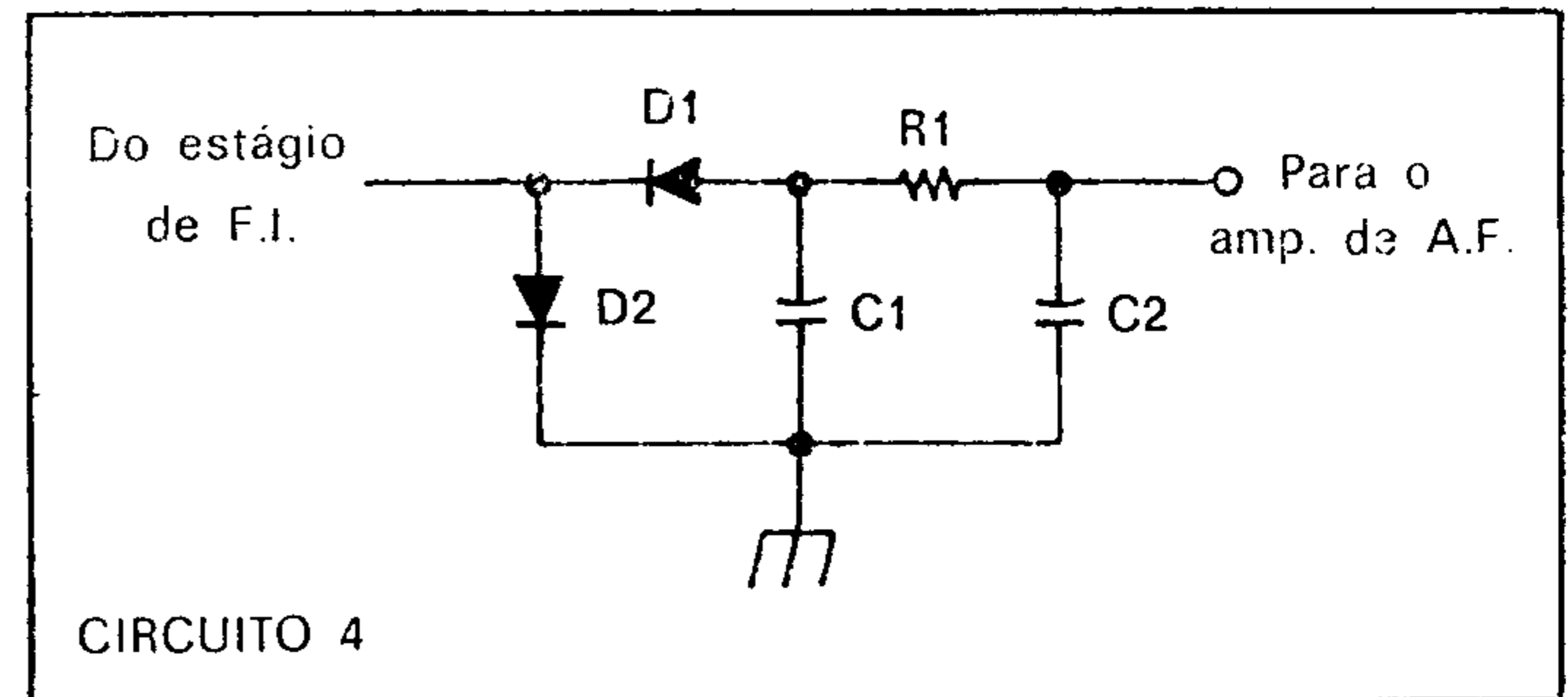
- D1, D2 — OA91 ou equivalente
- C1 — 500 pF, capacitor variável
- C2 a C5 — 0,0047  $\mu$ F, cerâmica ou polistireno
- L1 — Veja circuito 2

## CIRCUITO 4

### Demodulador Dobrador de Tensão para Rádio Transistorizado

Neste circuito o princípio do dobrador de tensão é empregado na obtenção de um demodulador para ser utilizado no circuito de um rádio transistorizado do tipo super-heterodino.

C1, C2 e R1 formam um filtro que elimina qualquer sinal de F.I. presente na saída dos diodos demoduladores.



#### LISTA DE MATERIAL

- D1, D2 — OA91 ou equivalente
- R1 — 10 k $\Omega$ ,  $\pm$  10%, 1/4 W
- C1, C2 — 0,0022  $\mu$ F, cerâmica ou polistireno

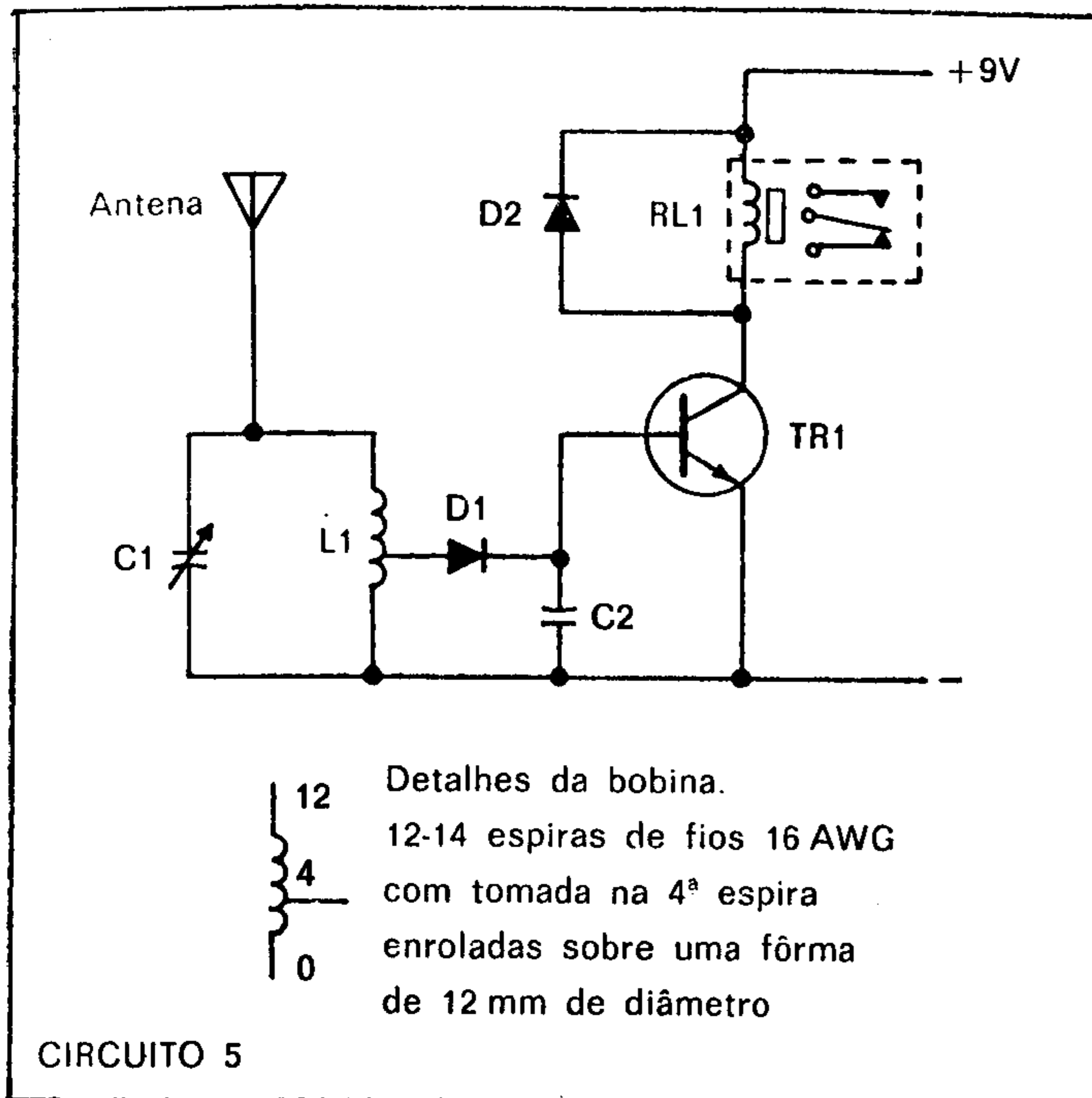
## CIRCUITO 5

### Receptor para Controle de Modelos

Este é um receptor de baixa sensibilidade que opera na faixa de 27 MHz destinada ao radiocontrole.

O transistor é montado na configuração de amplificador de corrente contínua, para melhorar a excitação do relé. D2 protege





o transistor contra o efeito Lenz que ocorre quando o relé é comutado.

A bobina deve ter de 12 a 14 espiras de fio esmaltado com diâmetro igual a 1,34 mm (16 AWG), enroladas sobre uma fôrma de 12,7 mm (1/2") de diâmetro. O circuito é ajustado na ressonância desejada através de um compensador ("trimmer") de 30 pF.

Pode ser necessário "sintonizar a bobina", isto é, comprimi-la ou expandi-la, de forma a obtermos a frequência de ressonância do circuito em 27 MHz.

A única razão da baixa sensibilidade do receptor é sua simplicidade. Porém, assim obtemos uma solução barata para controlar modelos náuticos através de ondas de rádio. O único

dispositivo que necessitaremos para o modelo náutico é um comando de leme.

## LISTA DE MATERIAL

- TR1 — BC108 ou equivalente
- D1 — OA91 ou equivalente
- C1 — 30 pF, compensador ("trimmer")
- C2 — 0,001  $\mu$ F, cerâmica ou polistireno
- RL1 — Relé para 9 V com resistência da bobina igual a 460  $\Omega$
- L1 — Ver texto

## CIRCUITOS 6, 7 e 8

Nestes circuitos apresentaremos demoduladores de FM típicos. As bobinas indicadas são encontradas já prontas, providas de um invólucro metálico.

Um grande avanço nas transmissões de FM foi o projeto desenvolvido pela Zenith/GE, para transmissão em FM-estéreo multiplexada. O sistema faz uso de um tom piloto de 19 kHz e uma subportadora suprimida de 38 kHz incorporados ao sinal normal de FM.

Esta informação adicional de estereofonia é retirada, nos sintonizadores mono, pelo circuito de deênfase. Para converter um sintonizador mono em estéreo, precisamos retirar o circuito de deênfase.

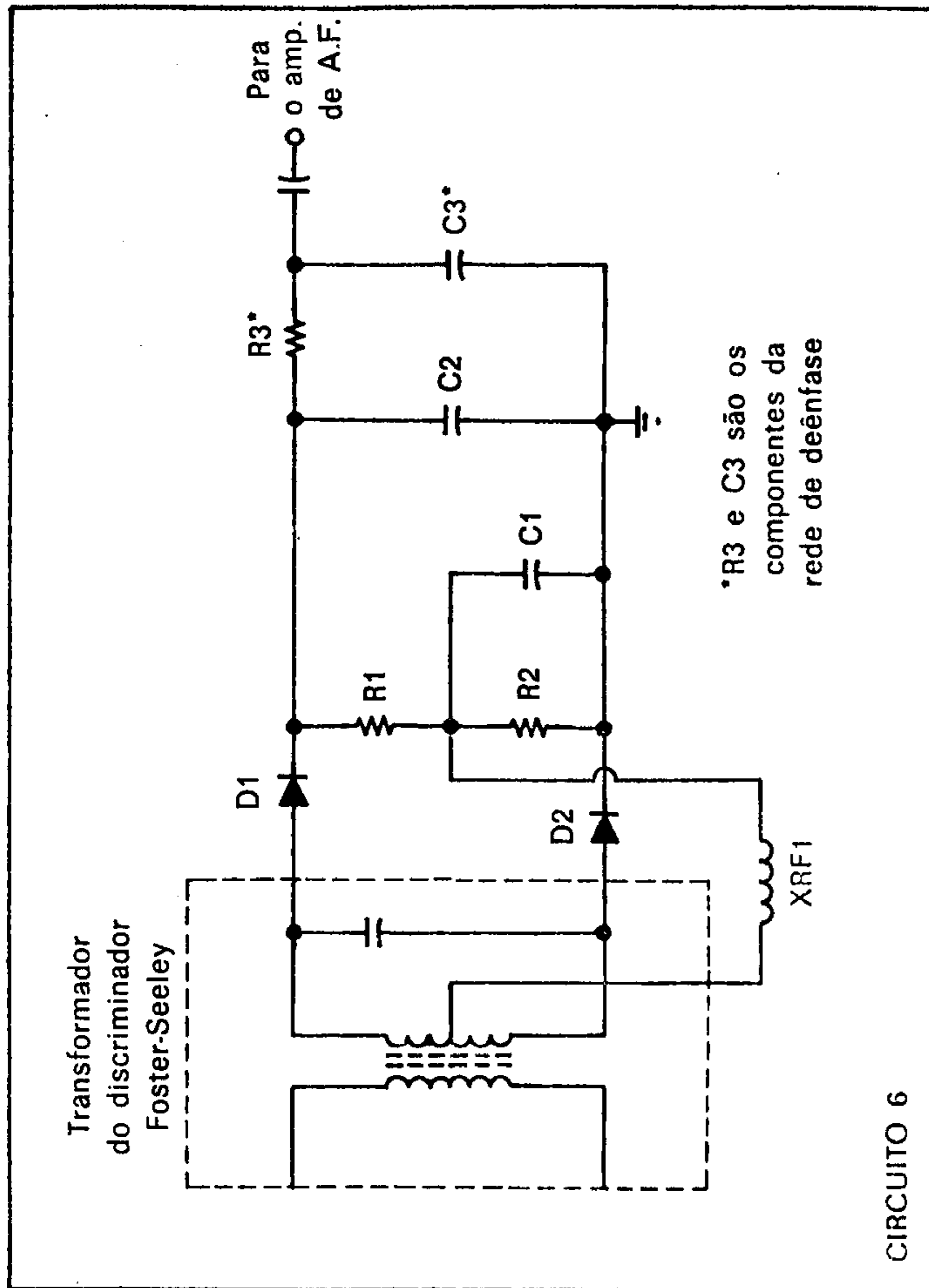
Com a finalidade de auxiliar o leitor na identificação da rede de deênfase, assinalamos estes componentes nos três demoduladores que serão apresentados. O valor dos componentes pode variar, mas a constante de tempo deve permanecer em 75  $\mu$ s.

Cada circuito utiliza dois diodos OA91. Para melhor desempenho do demodulador é interessante que seja um par casado; em vista disso, quando reparamos demoduladores de FM e constatamos que apenas um diodo está avariado, devemos trocar ambos.

## CIRCUITO 6

### Discriminador Foster-Seeley

Este é um circuito equilibrado no qual os resistores R1 e R2 devem ter valores muito próximos. Portanto, esses resistores devem ter uma tolerância de apenas 1%.



Os dois diodos, D1 e D2, são conectados no mesmo sentido. Esta é uma das maneiras de distinguir um circuito Foster-Seeley de um detector de relação, onde os diodos são conectados em oposição.

#### LISTA DE MATERIAL

D1, D2 — par casado OA91  
 C1, C2 — 100 pF, capacitor de mica prateada  
 C3 — 0,001  $\mu$ F, cerâmica ou polistireno  
 R1, R2 — 100 k $\Omega$ ,  $\pm$  1%, 1/4 W  
 R3 — 75 k $\Omega$ ,  $\pm$  10%, 1/4 W (rede de deênfase)  
 XRF1 — 5  $\mu$ H, reator de filtro para VHF

### CIRCUITO 7

#### Detector de Relação Equilibrado

Apresentamos aqui um detector de relação equilibrado. Note que os diodos são ligados em oposição. Como o circuito é equilibrado em relação à massa, ele pode proporcionar uma tensão de erro, quando fora de sintonia, para ativar um circuito de C.A.F.

O detector de relação é, sem dúvida, o tipo mais comum de demoduladores de FM, tanto em equipamentos a válvulas como nos transistorizados.

#### LISTA DE MATERIAL

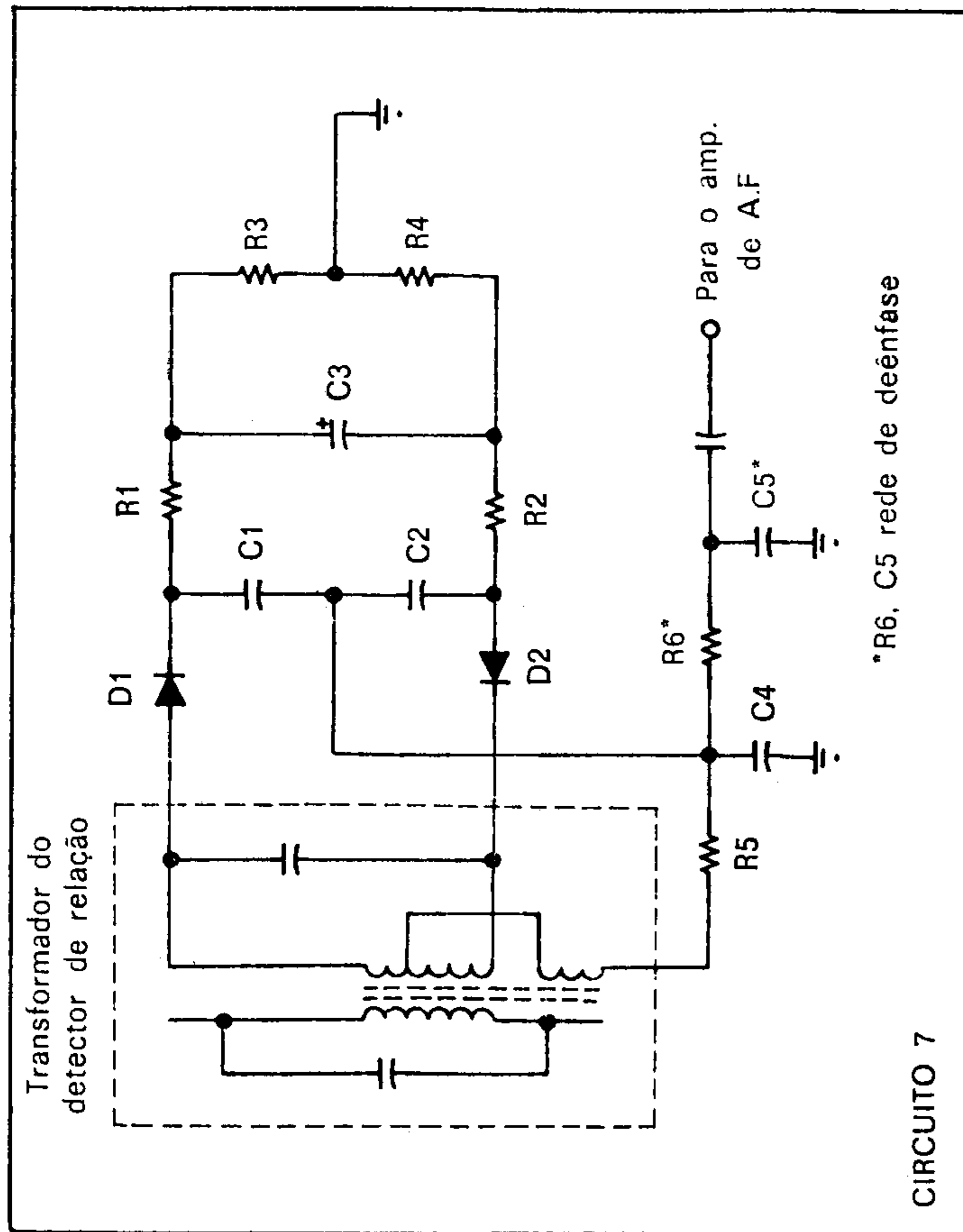
##### Diodos

D1, D2 — OA91 (par casado)

##### Resistores (todos de 1/4 W)

R1\* — 1 k $\Omega$   
 R2\* — 1,5 k $\Omega$   
 R3\*, R4\* — 6,8 k $\Omega$   
 R5\* — 68  $\Omega$   
 R6 — 75 k $\Omega$  (rede de deênfase)  
 (\*) 5% de tolerância





### Capacitores

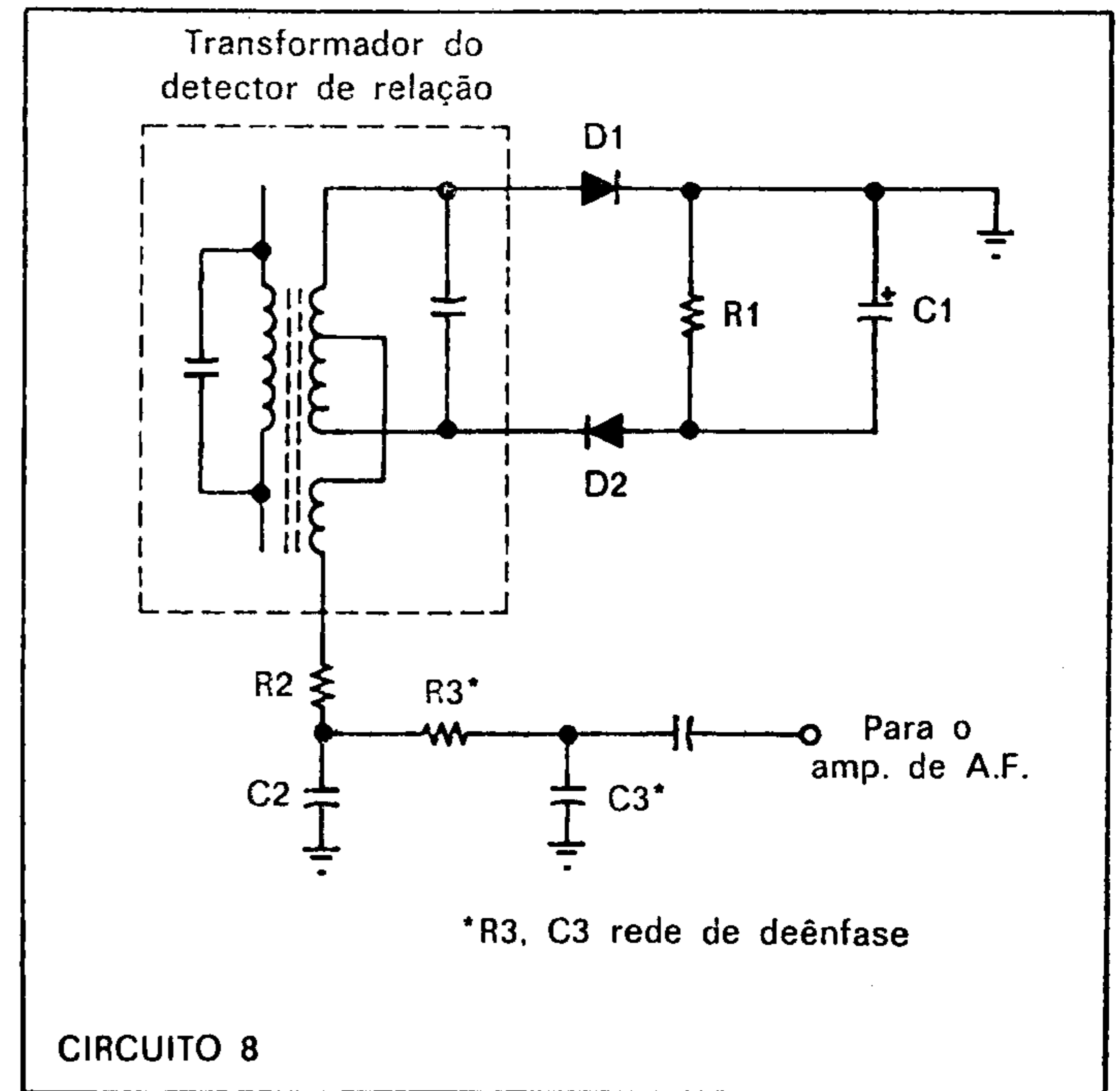
- C1, C2, C4 — 330 pF, cerâmica, disco
- C3 — 8  $\mu$ F, 25 V, eletrolítico
- C5 — 0,001 pF, cerâmica, disco (rede de deênfase)

## CIRCUITO 8

### Detector de Relação não Equilibrado

Esta é uma versão mais simples (e econômica) de um detector de relação para FM. O circuito é do tipo não equilibrado em relação à massa. Ele usa bem menos componentes que o circuito anterior, e seu funcionamento é menos crítico.

Os diodos não precisam ser do tipo par casado para obtermos um funcionamento satisfatório. Por outro lado, a qualidade do som é inferior à do detector equilibrado, como já era de se esperar.



## LISTA DE MATERIAL

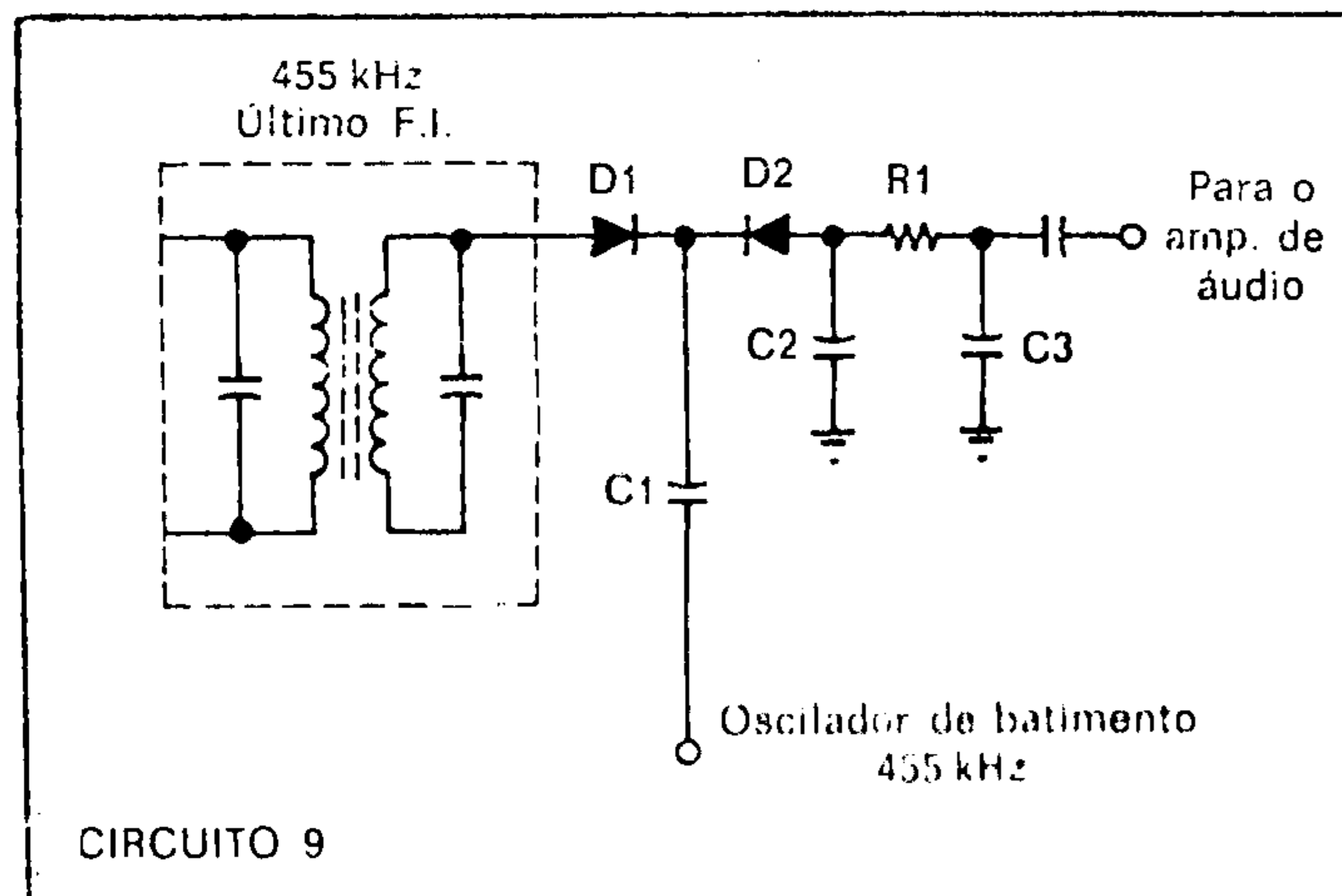
D1, D2 — OA91 ou equivalente  
R1 — 22 k $\Omega$ ,  $\pm 10\%$ , 1/4 W  
R2 — 120  $\Omega$ ,  $\pm 10\%$ , 1/4 W  
R3 — 100 k $\Omega$ ,  $\pm 10\%$ , 1/4 W  
C1 — 8  $\mu$ F, 25 V, eletrolítico  
C2 — 220 pF, cerâmica, disco  
C3 — 750 pF, cerâmica, disco

## CIRCUITO 9

### Detector de Produto para SSB

Em ondas médias, uma transmissão convencional do tipo modulação em amplitude possui, além da frequência de portadora, duas faixas laterais que contêm a informação de áudio.

Como a faixa para transmissão em ondas curtas em Radio-amadorismo é muito limitada, utiliza-se um método que elimina parte da onda modulada em amplitude — o SSB ("Single Side



Band"). Com este método eliminamos a portadora e uma das faixas laterais. Nenhuma parte vital é perdida no processo, já que a faixa lateral única que é transmitida ainda contém toda a informação de áudio que a onda primitiva em AM transportava.

Porém, a técnica de demodulação empregada em SSB é diferente: necessitamos de um sinal com a frequência da portadora, que nos é fornecido pelo oscilador de batimento. Este oscilador funciona na frequência de F.I. do receptor super-heterodino, no caso 455 kHz. Quando um sinal com esta frequência é injetado no detector de produto, obtemos a informação de áudio.

A frequência do oscilador de batimento deve ser exatamente 455 kHz, pois desvios acarretarão distorção no sinal de áudio.

## LISTA DE MATERIAL

D1, D2 — OA91 ou equivalente  
R1 — 47 k $\Omega$ ,  $\pm 10\%$  (filtro de F.I.)  
C1 — 10 pF, cerâmica, disco  
C2, C3 — 500 pF, capacitor de cerâmica (filtro de F.I.)

## CIRCUITO 10

### Dobrador de Frequências de Áudio

Este circuito explora as características de condução em baixo nível de um diodo de germânio, utilizando-as em um circuito dobrador de frequência.

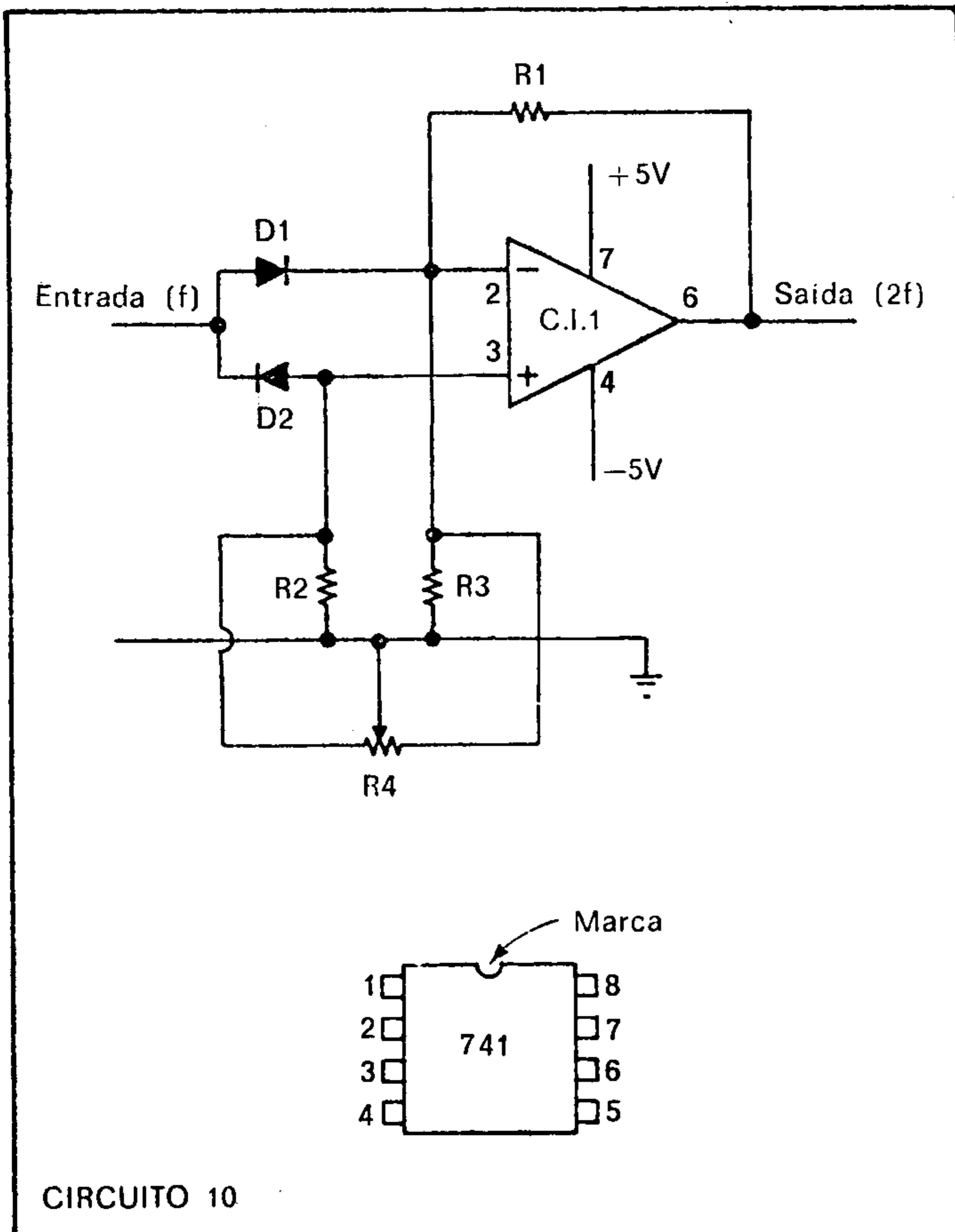
Para um funcionamento correto, o valor pico-a-pico da tensão de entrada deve ser menor que 50 mV. A saída do amplificador operacional 741 obteremos o dobro da frequência de entrada.

O circuito pode funcionar em 19 kHz. Portanto, podemos empregá-lo em um decodificador estéreo, dobrando a frequência do tom piloto de forma a obtermos a subportadora de 38 kHz.

O potenciômetro de 10 k $\Omega$  (R4) deve ser ajustado para obtermos a mínima distorção.

Os diodos utilizados são os OA79 ou equivalentes. Tais diodos são empregados em circuitos detectores e, para melhores resultados, devem ser um par casado.





CIRCUITO 10

**LISTA DE MATERIAL**

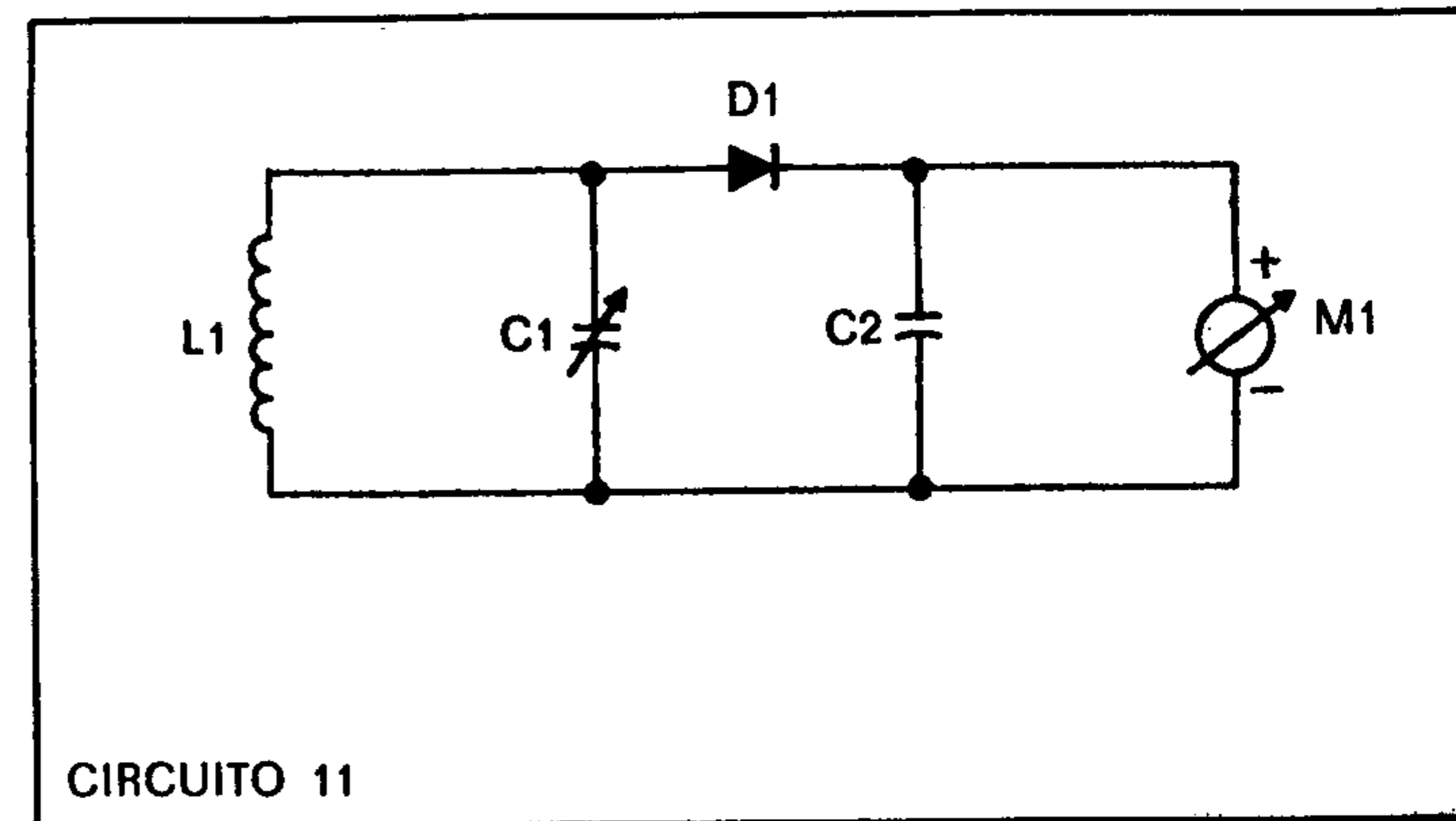
- C.I.1 — amplificador operacional 741
- D1, D2 — OA79 (par casado) ou equivalente
- R1 — 100 kΩ, ± 10%, 1/4 W
- R2, R3 — 1 kΩ, ± 5%, 1/4 W
- R4 — 10 kΩ, potenciômetro linear

**CIRCUITO 11**

**Medidor de Saída para Transmissores de Radiocontrole (27 MHz)**

O circuito aqui apresentado é bem simples e tem a finalidade de verificar a saída de 27 MHz de um transmissor de radiocontrole. O instrumento pode ser do tipo utilizado como medidor de nível nos gravadores portáteis, de baixo custo.

A bobina deve ter 12 espiras de fio esmaltado com 1,2 mm de diâmetro (17 AWG) enroladas sobre uma fôrma com um diâmetro de 12 mm. Após confeccionada a bobina, retirar a fôrma, deixando as espiras auto-suportadas.



CIRCUITO 11

**LISTA DE MATERIAL**

- D1 — OA91 ou equivalente
- C1 — 30 pF, compensador ("trimmer")
- C2 — 470 pF, cerâmica, disco
- M1 — microamperímetro, 0-500 μA (ver texto)
- L1 — ver texto

## CIRCUITO 12

### Voltímetro para C.C. ou C.A.

Temos a seguir o circuito de um voltímetro simples, capaz de medir tensões até 100 V, contínuas ou alternadas. O medidor deve apresentar uma deflexão máxima com  $500 \mu\text{A}$  e sua escala deverá ser modificada para marcar de 0 a 10.

Os diodos (D1 a D4) formam um retificador em ponte, sendo utilizados nos alcances de tensão alternada.

Os resistores R2 e R4 apresentam valores de resistência pouco comuns. Caso não seja possível obtê-los no comércio, poderão ser substituídos por potenciômetros miniatura ("trim-pots") que deverão ser ajustados com o auxílio de um bom ohmímetro.

A chave (CH1A, CH1B) deve ser do tipo rotativo, com 2 pólos e 4 posições.

#### LISTA DE MATERIAL

D1 a D4 — OA91 ou equivalente

Resistores (5%,  $\frac{1}{4}$  W)

R1 —  $180 \text{ k}\Omega$

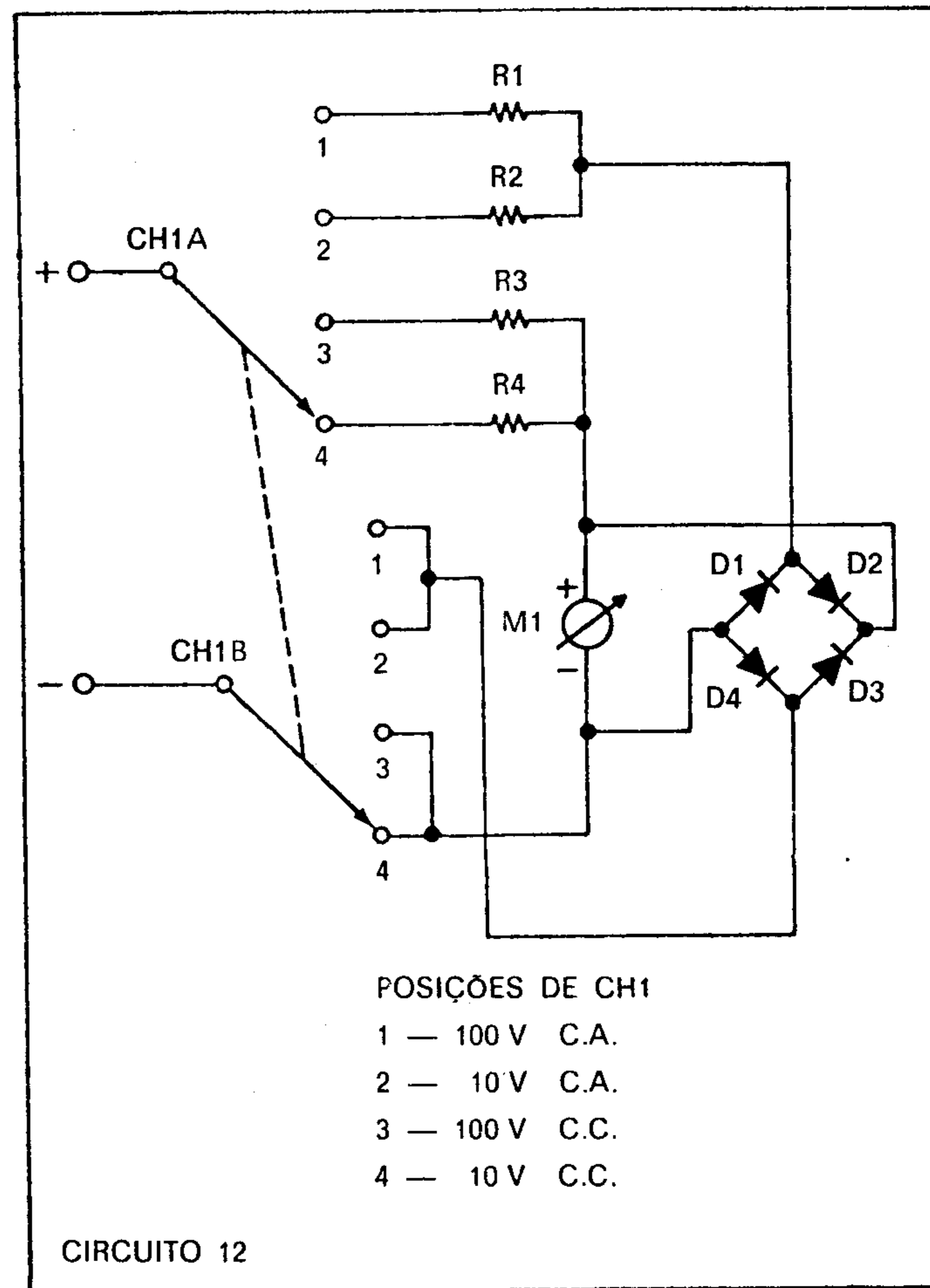
R2 —  $16 \text{ k}\Omega$

R3 —  $200 \text{ k}\Omega$

R4 —  $20 \text{ k}\Omega$

M1 — microamperímetro, 0-500  $\mu\text{A}$

CH1A, CH1B — chave de 2 pólos, 4 posições





## CIRCUITO 13

### Demodulador Síncrono

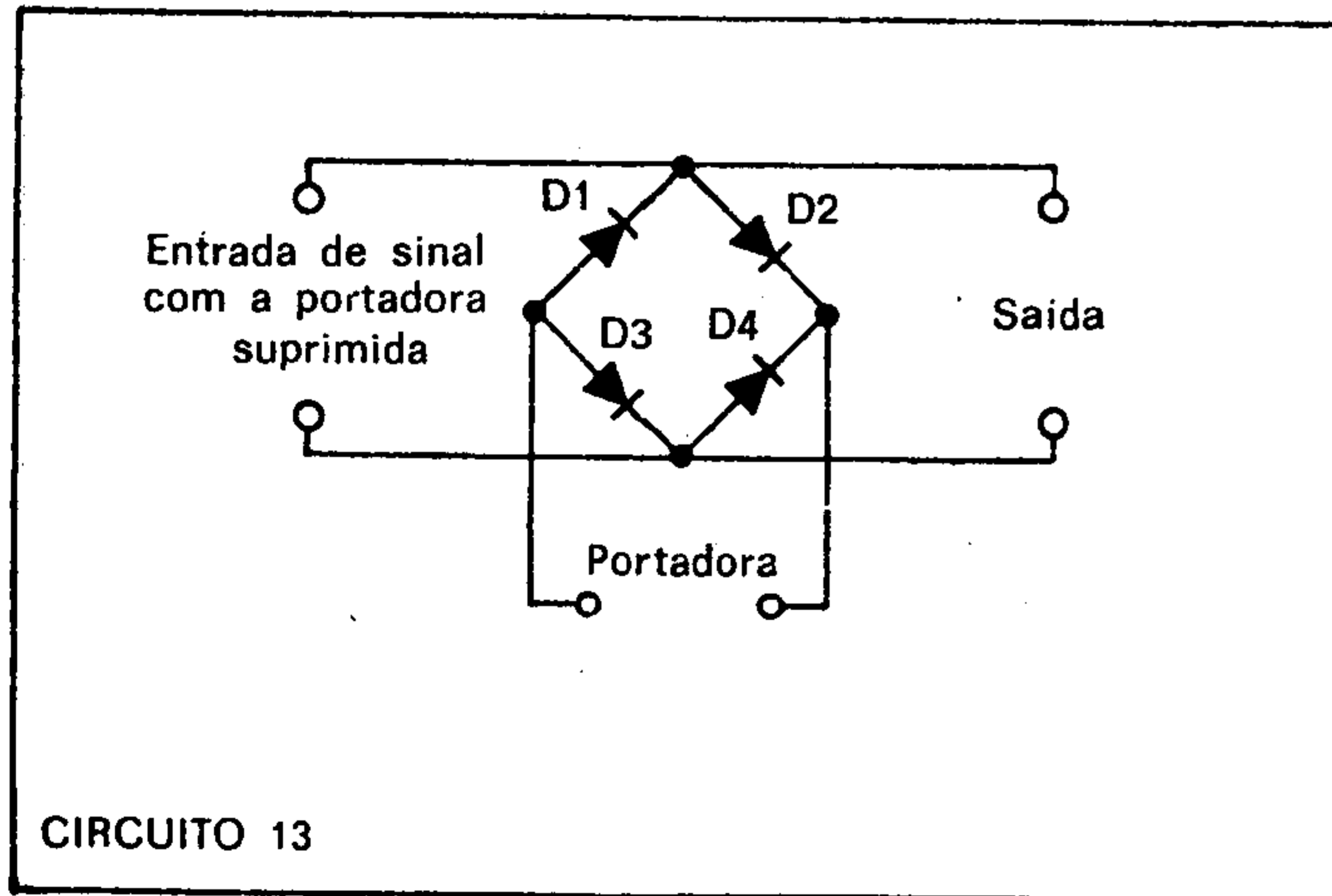
Este tipo de demodulador destina-se a sinais com portadora suprimida, isto é, um sinal que contém as faixas superiores e inferiores, e que teve a portadora removida. Para remodular este tipo de sinal é preciso que forneçamos a portadora ao sinal.

Para melhores resultados os quatro diodos devem apresentar características bem próximas, sendo, de preferência, um jogo casado.

Este circuito pode ser usado em decodificadores estéreo, uma vez que a informação estereofônica é transmitida por uma portadora de 38 kHz, posteriormente suprimida. Esta frequência (38 kHz) pode ser reconstituída dobrando-se a frequência do tom piloto de 19 kHz.

#### LISTA DE MATERIAL

D1 a D4 — OA91 ou equivalente

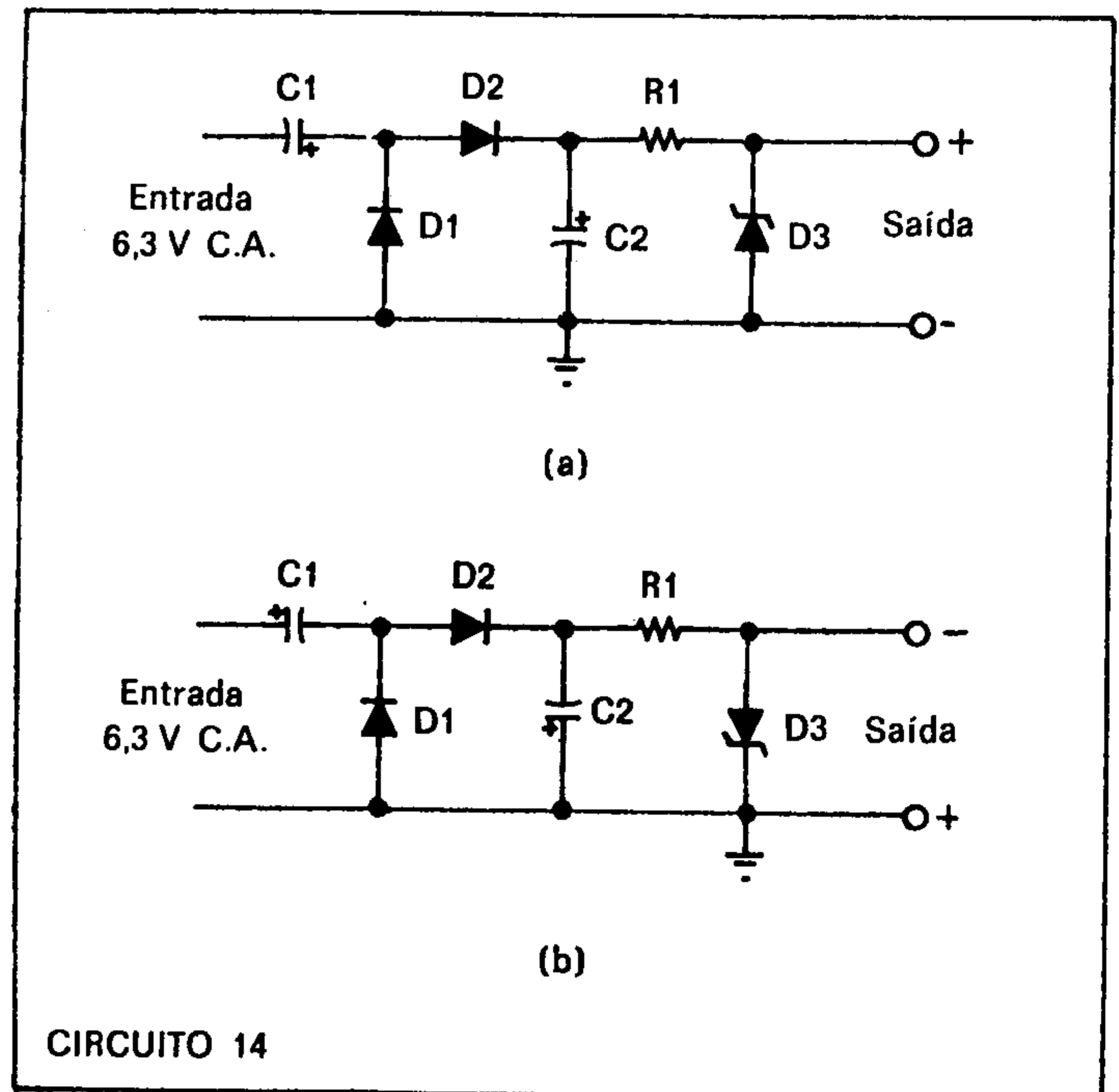


## CIRCUITO 14

### Fonte de Alimentação de Baixa Potência

Esta é uma fonte de alimentação capaz de fornecer 9 V sob muito baixa potência, especialmente indicada para alimentar preamplificadores ou circuitos que solicitem uma corrente de, no máximo, 5 mA.

O circuito utiliza um transformador para filamento (6,3 V), um dobrador de tensão e um diodo zener que estabiliza a tensão em 9,1 V.



No circuito (a) a massa é negativa, enquanto que em (b) temos massa positiva.

### LISTA DE MATERIAL

D1, D2 — OA91 ou equivalente  
D3 — diodo zener, 9,1 V, 400 mW  
R1 — 1 k $\Omega$ ,  $\pm$  10%, 1/4 W  
C1, C2 — 100  $\mu$ F, capacitor eletrolítico

## CIRCUITO 15

### Limitador de Áudio

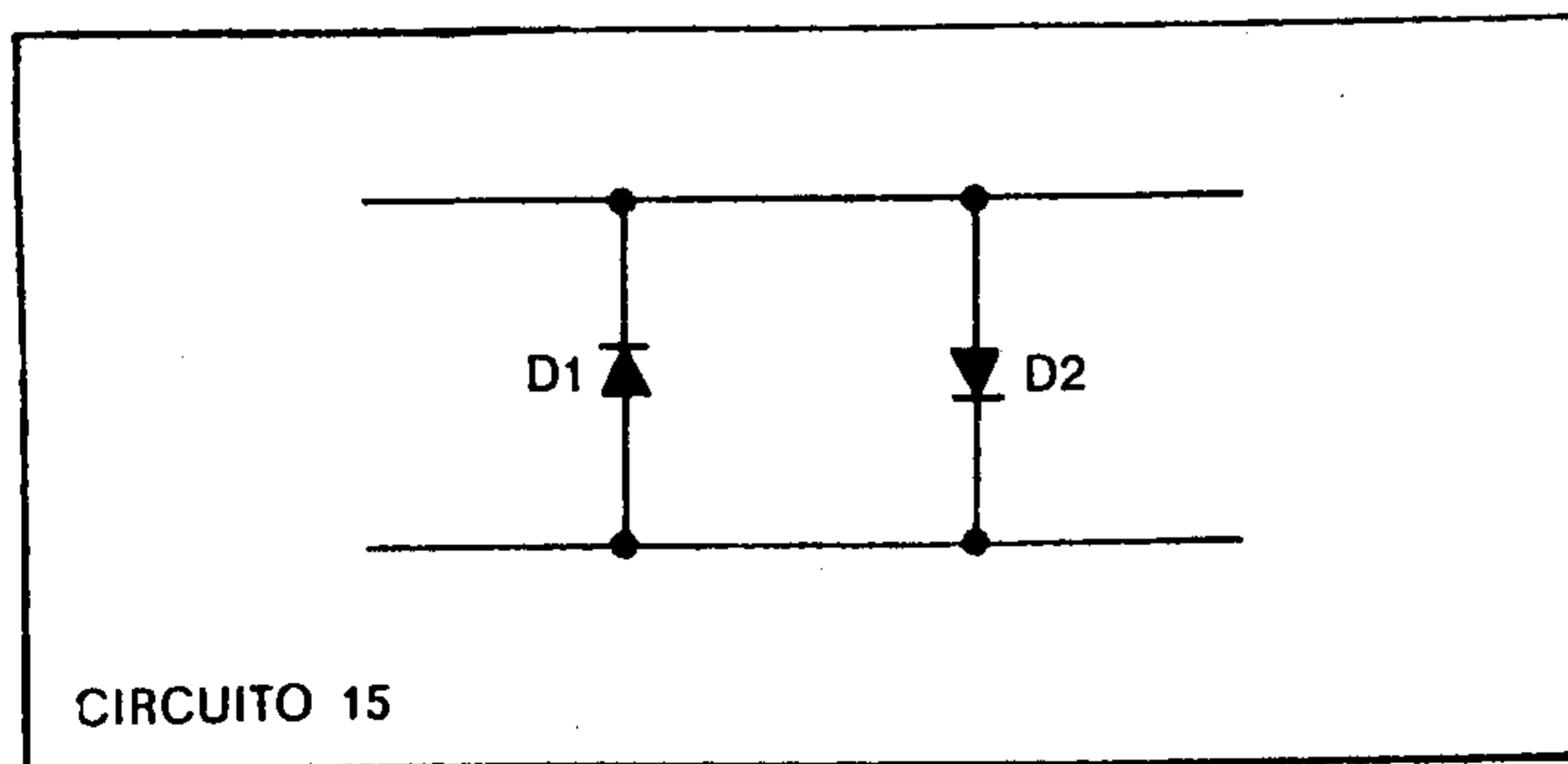
Neste simples limitador para uso em circuitos de rádios, os dois diodos são ligados em paralelo e em oposição. Cada diodo conduzirá com uma tensão direta de 0,7 V, aproximadamente, e o sinal de entrada será limitado a este nível.

O circuito também pode ser utilizado como limitador da tensão proveniente da antena de receptores, a fim de evitar sobretensões quando o receptor se encontrar muito próximo à antena transmissora.

Os diodos usados neste circuito e no próximo são de silício, do tipo 1N914 ou 1N4148. Estes diodos apresentam característi-

### LISTA DE MATERIAL

D1, D2 — 1N914 ou 1N4148



cas de comutação rápida, enquanto que diodos de silício para retificação do tipo BY127 não são adequados neste circuito por serem fabricados para uso em baixa frequência, como 50 e 60 Hz, que são as frequências de rede elétrica.

## CIRCUITO 16

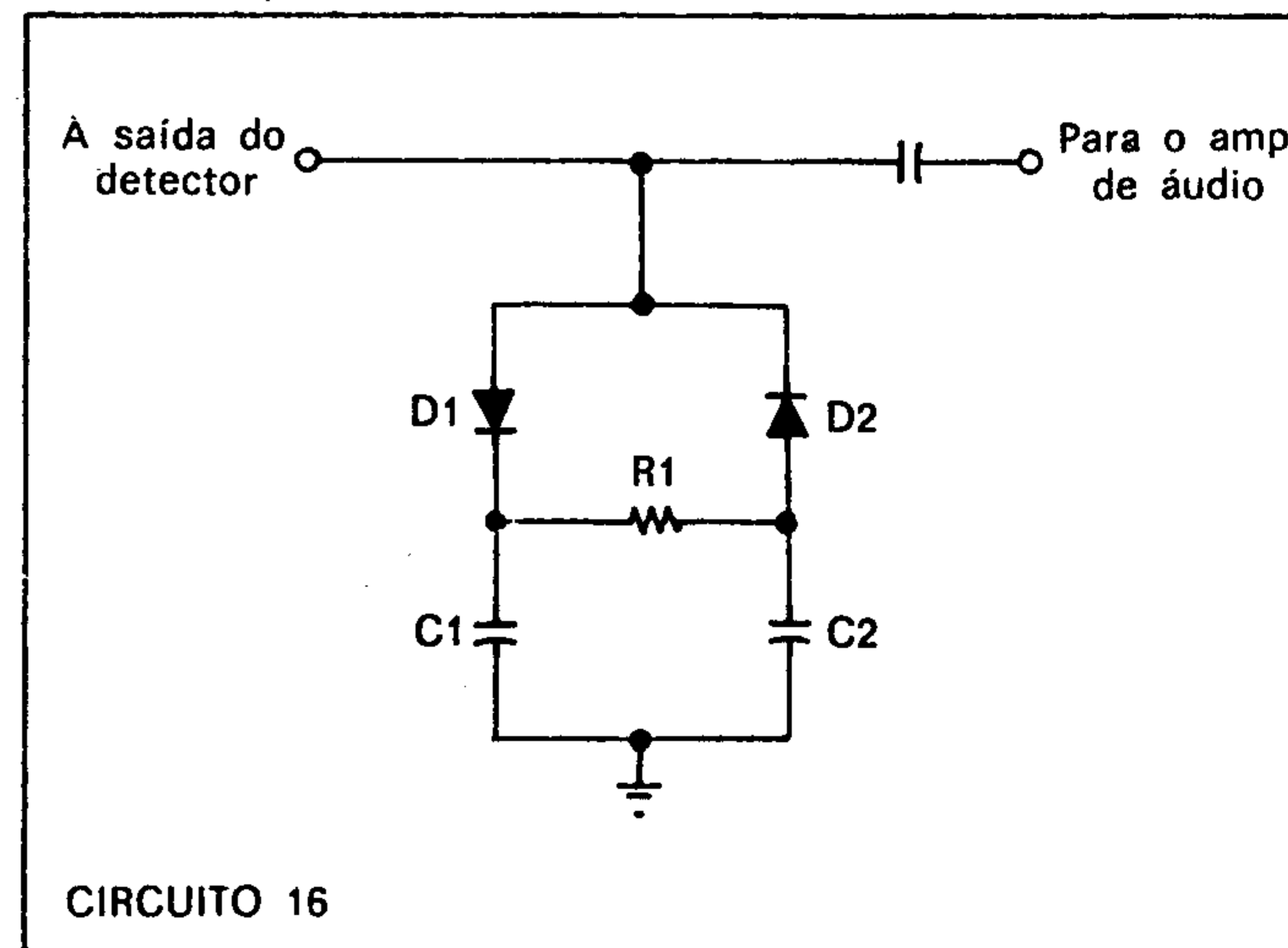
### Limitador de Áudio para Uso em Rádios de Ondas Curtas

Este é um limitador de áudio para uso em receptores de rádio de ondas curtas.

O circuito tem a finalidade de evitar sobrecargas quando o nível de sinal for muito alto, e produz um melhor equilíbrio entre as transmissões fortes e fracas.

### LISTA DE MATERIAL

D1, D2 — 1N914 ou 1N4148 (diodo de silício de recuperação rápida)  
R1 — 2,2 M $\Omega$ ,  $\pm$  10%, 1/4 W  
C1, C2 — 0,1  $\mu$ F, 250 V, poliéster metalizado  
C3 — 0,047  $\mu$ F, 125 V, cerâmica, disco





## CIRCUITO 17

### Rejuvenecedor de Pilhas Secas

Temos aqui um recarregador simples ou, mais corretamente, um rejuvenecedor para pilhas secas parcialmente esgotadas. O circuito pode reativar 3 pilhas de 1,5V (ou uma bateria de 4,5 V) de cada vez.

Através do resistor de 270  $\Omega$  colocado em paralelo com D1, passa uma pequena corrente alternada para a pilha, o que melhora o processo.

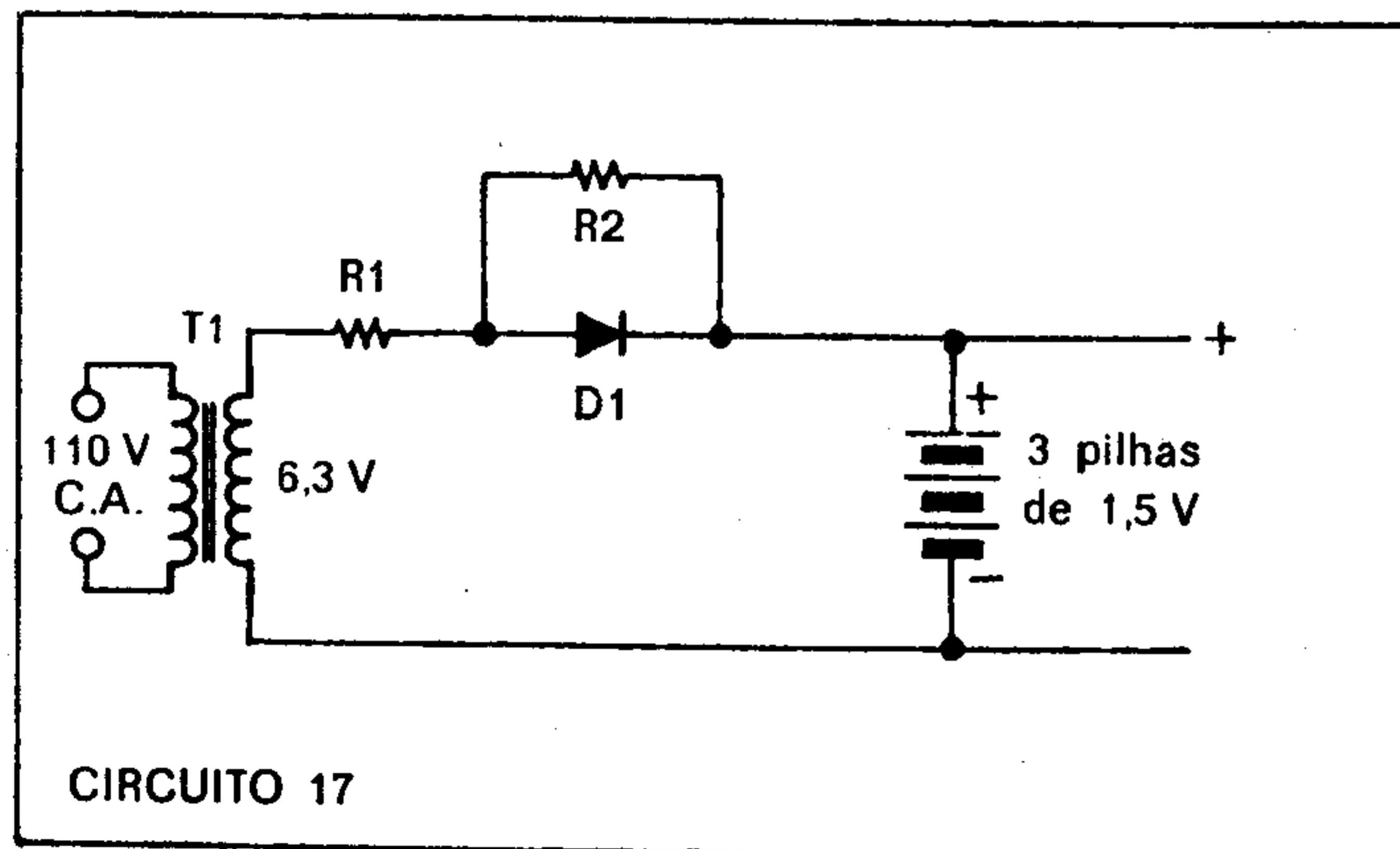
As pilhas deverão estar apenas "parcialmente" esgotadas para que a recarga possa ser bem sucedida. Qualquer pilha seca que esteja totalmente esgotada ou apresentando fugas é inútil, e pode ser jogada fora.

Durante o processo de carga as pilhas ficarão mornas, mas não devemos permitir que fiquem muito quentes, pois isto as danificaria.

A tensão alternada (6,3 V) pode ser fornecida por um transformador de filamentos de válvulas.

#### LISTA DE MATERIAL

- D1 — 1N4001
- R1 — 22  $\Omega$ ,  $\pm 10\%$ , 5 W
- R2 — 270  $\Omega$ ,  $\pm 10\%$ , 1/2 W
- T1 — primário: 110 V; secundário: 6,3 V (transformador para filamentos)



## CIRCUITO 18

### Dispositivo de Proteção contra Inversão de Polaridade em Televisores Portáteis de 12 V

O próximo circuito é um dispositivo de proteção para televisores portáteis que podem ser alimentados tanto pela rede elétrica como por uma bateria de veículo.

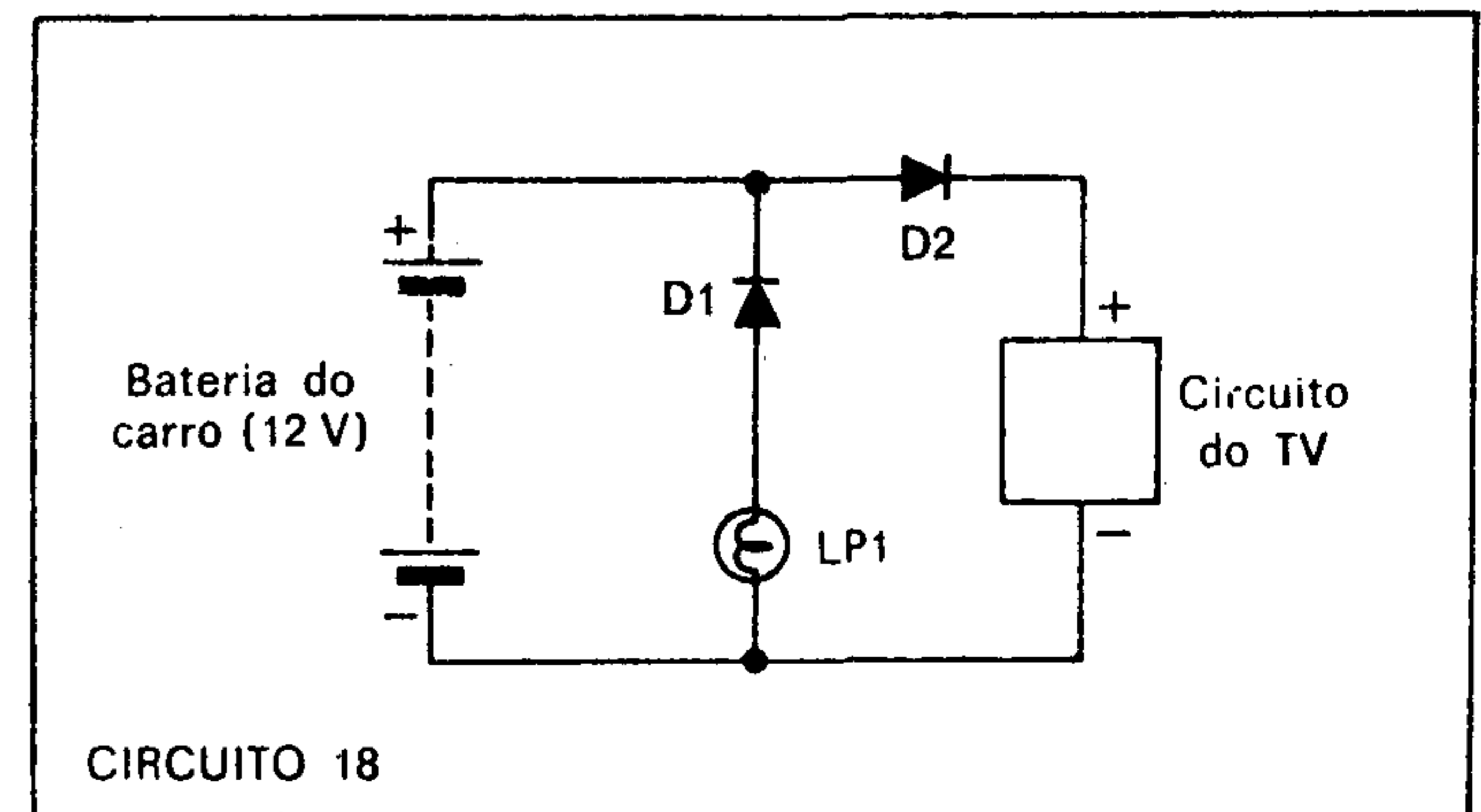
Um erro muito comum que pode danificar o aparelho é ligar os cabos da bateria com polaridade invertida.

Neste circuito, D2 somente conduzirá quando as ligações com a bateria estiverem corretas. D2 deve ser capaz de suportar correntes de até 3 A, e o circuito é adaptável a qualquer televisor que funcione com 12 V.

Se a bateria for ligada de forma inadequada, D2 não conduzirá, protegendo o circuito do televisor. Entretanto, D1 será polarizado diretamente, fazendo acender LP1, indicando que as ligações com a bateria estão invertidas.

#### LISTA DE MATERIAL

- D1 — 1N4001 ou equivalente
- D2 — 1N5400 (3 A) ou equivalente
- LP1 — lâmpada para 12 V, baixa corrente



## CIRCUITO 19

### Controle de Aquecimento para Soldadores

Apresentamos aqui um circuito muito simples que possibilita diminuir a potência de um ferro de soldar durante o intervalo entre as soldagens, o que pode ser muito útil quando o serviço é feito intermitentemente por um longo período. A temperatura mais baixa ajuda a evitar que a ponta do soldador se estrague quando este não estiver em uso. Quando for necessário fazer alguma soldagem ligamos o ferro à potência total e ele esquentará rapidamente.

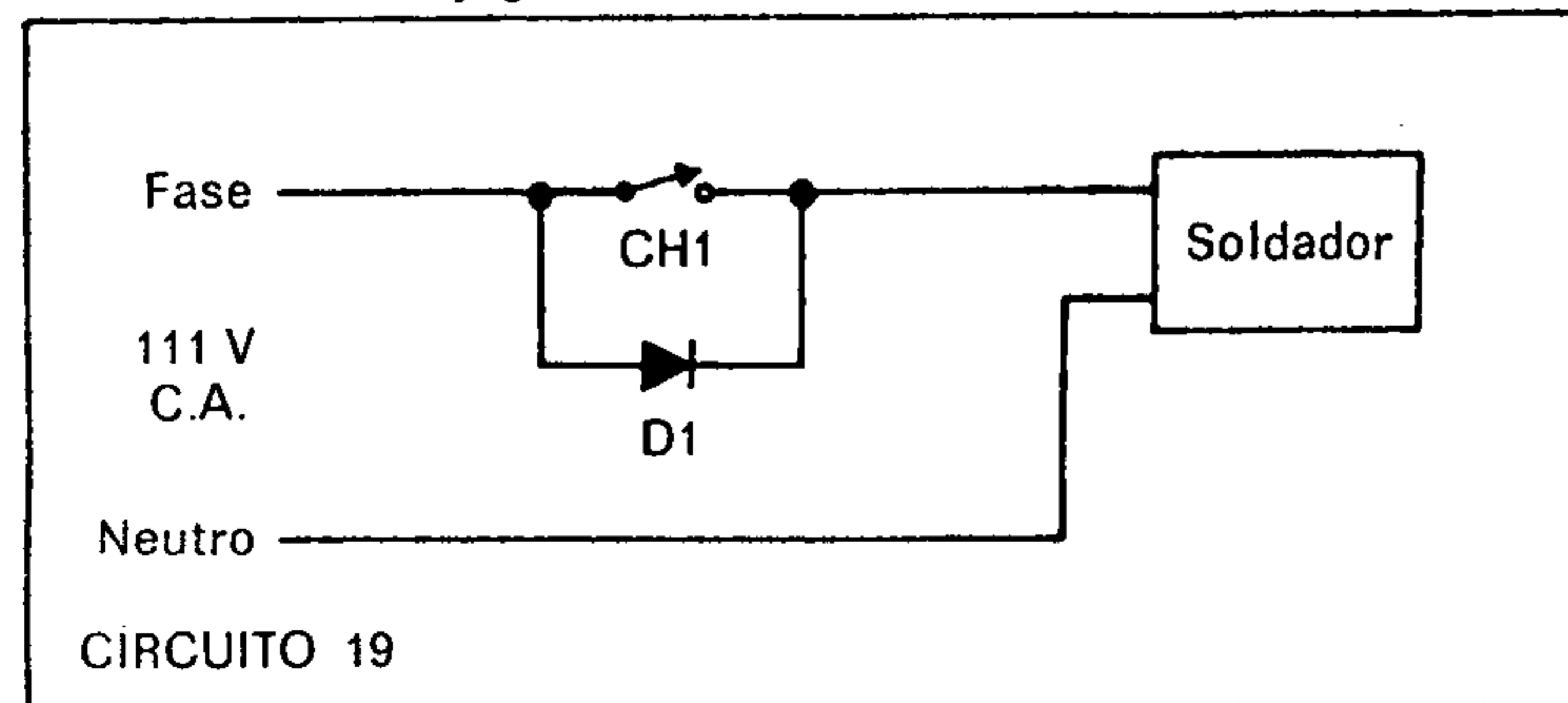
Quando CH1 está aberto, o soldador é alimentado através da corrente retificada por D1, e a potência dissipada no ferro será 0,707 (e não a metade!) da potência total. Com CH1 fechado, o diodo é curto-circuitado, e o soldador recebe a potência total. Como o circuito é ligado à rede elétrica, ele deverá ser alojado no interior de uma caixa, a fim de se evitar choques elétricos. D1 deve ser capaz de suportar uma tensão inversa de 1.000 V, servindo unidades como o 1N4007 ou o BY127.

O circuito também poderá ser utilizado no controle de luminosidade de lâmpadas incandescentes de até 60 W, permitindo que elas sejam acesas com luminosidade total ou reduzida.

#### LISTA DE MATERIAL

D1 — 1N4007, BY127 ou equivalente

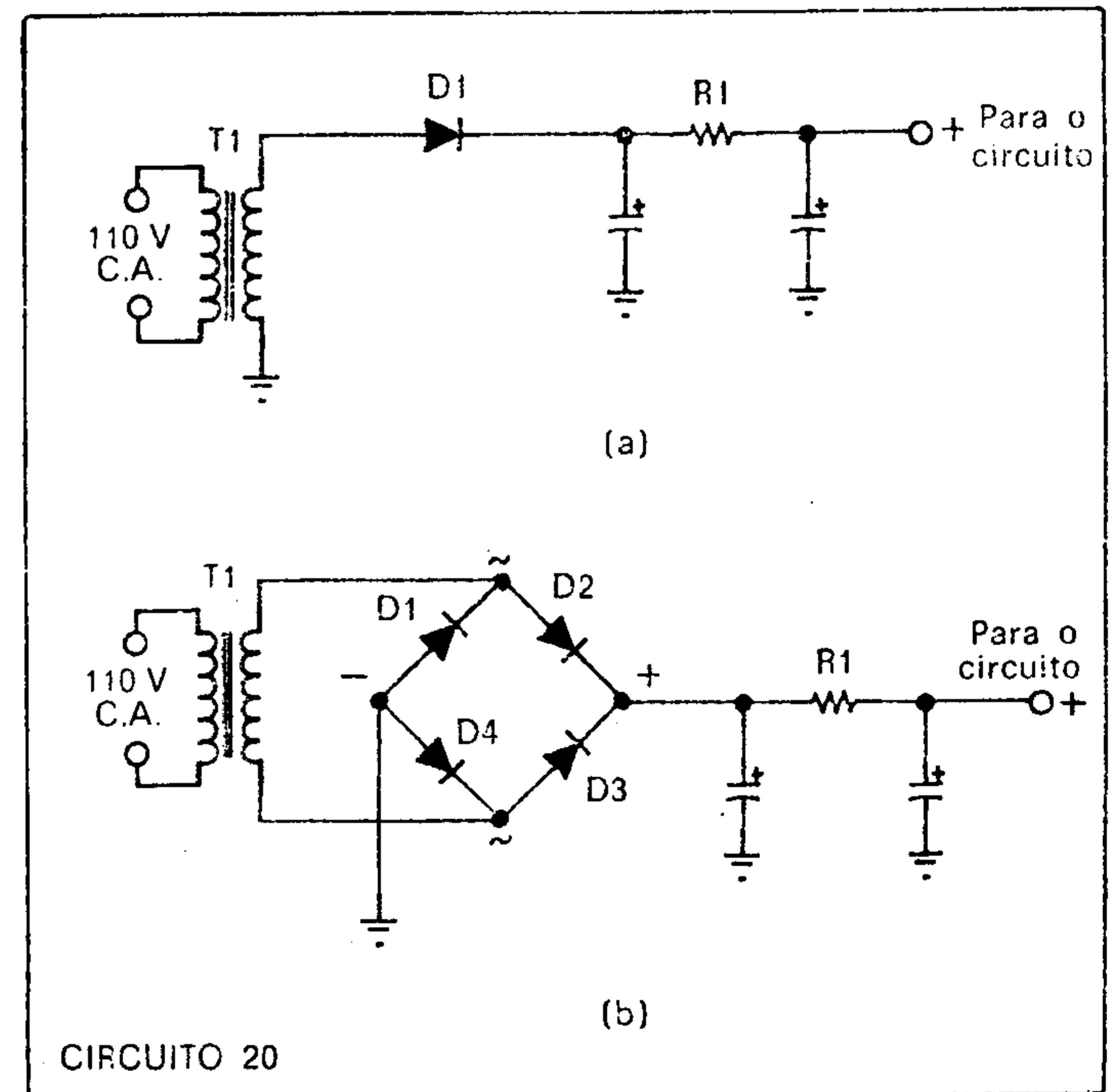
CH1 — interruptor simples, capaz de suportar as tensões e correntes em jogo



## CIRCUITO 20

### Melhorando a Fonte de Alimentação de Rádios Transistorizados

Devido ao alto custo das pilhas, muitos rádios transistorizados vendidos atualmente são alimentados ou por pilhas ou pela rede elétrica. Eles possuem um pequeno transformador juntamente com outros elementos de uma fonte de alimentação simples. A maioria desses rádios usa retificação em meia onda e,





como resultado, temos um zumbido bastante perceptível quando o volume sonoro está baixo.

Uma forma de se reduzir o zumbido é modificar o circuito para uma retificação em onda completa. A maneira mais fácil de executarmos tal tarefa é substituir o diodo original (a) por quatro diodos miniatura do tipo 1N4001 ou, então, por uma única ponte retificadora, como no circuito (b).

Note que antes da modificação — circuito (a) — um dos terminais do enrolamento secundário do transformador era conectado à massa. Essa ligação deve ser desfeita, ficando ambos os terminais do secundário ligados à entrada da ponte retificadora.

Com a retificação em meia onda, a frequência do fator de ondulação é 60 Hz, enquanto que com a retificação em onda completa esta frequência é dobrada (120 Hz), acarretando uma melhoria na ação de filtragem dos capacitores, uma vez que:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

A facilidade com que cada capacitor pode derivar a componente alternada para a massa aumenta com o aumento da frequência, ou seja, o zumbido diminui.

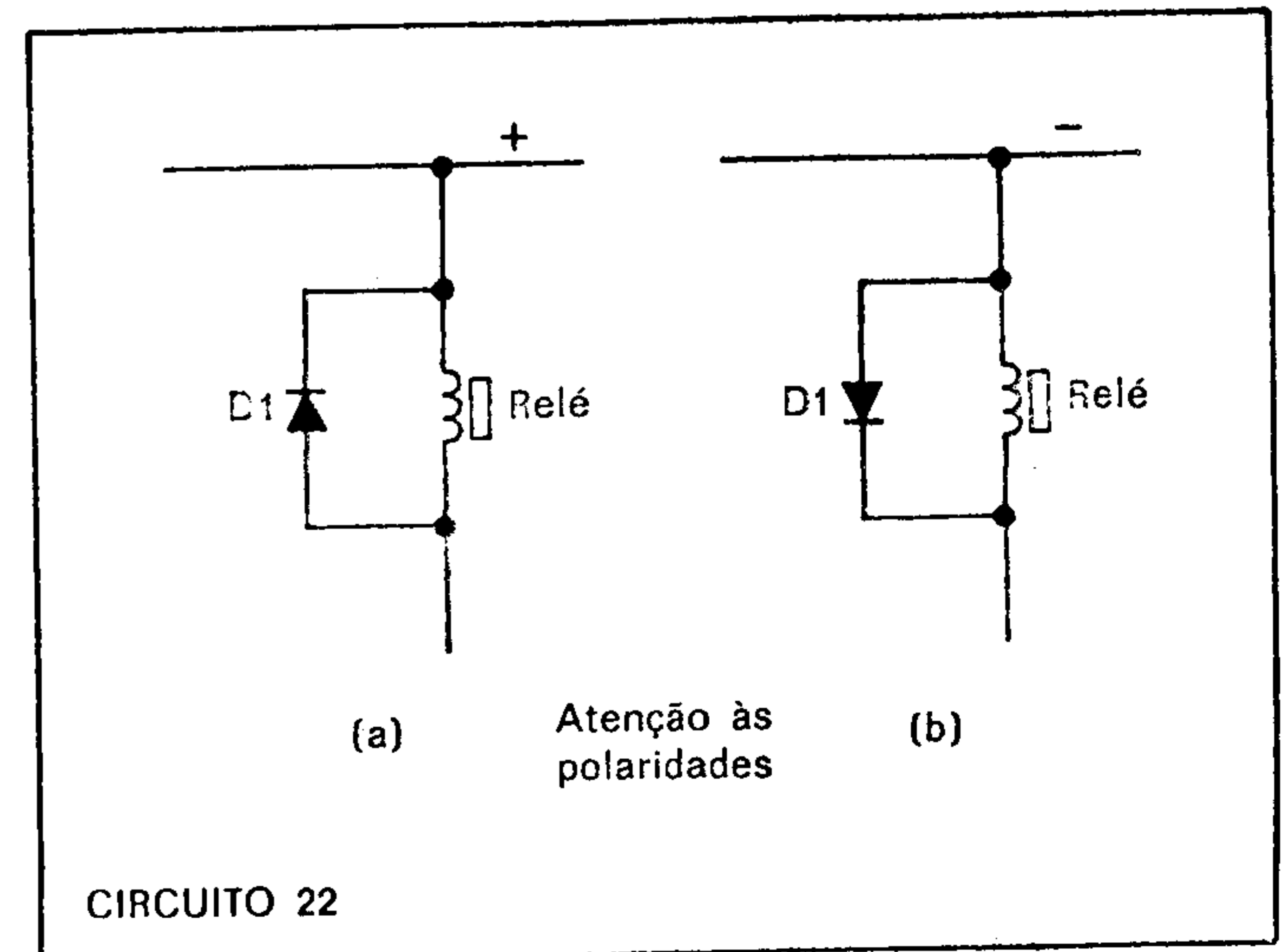
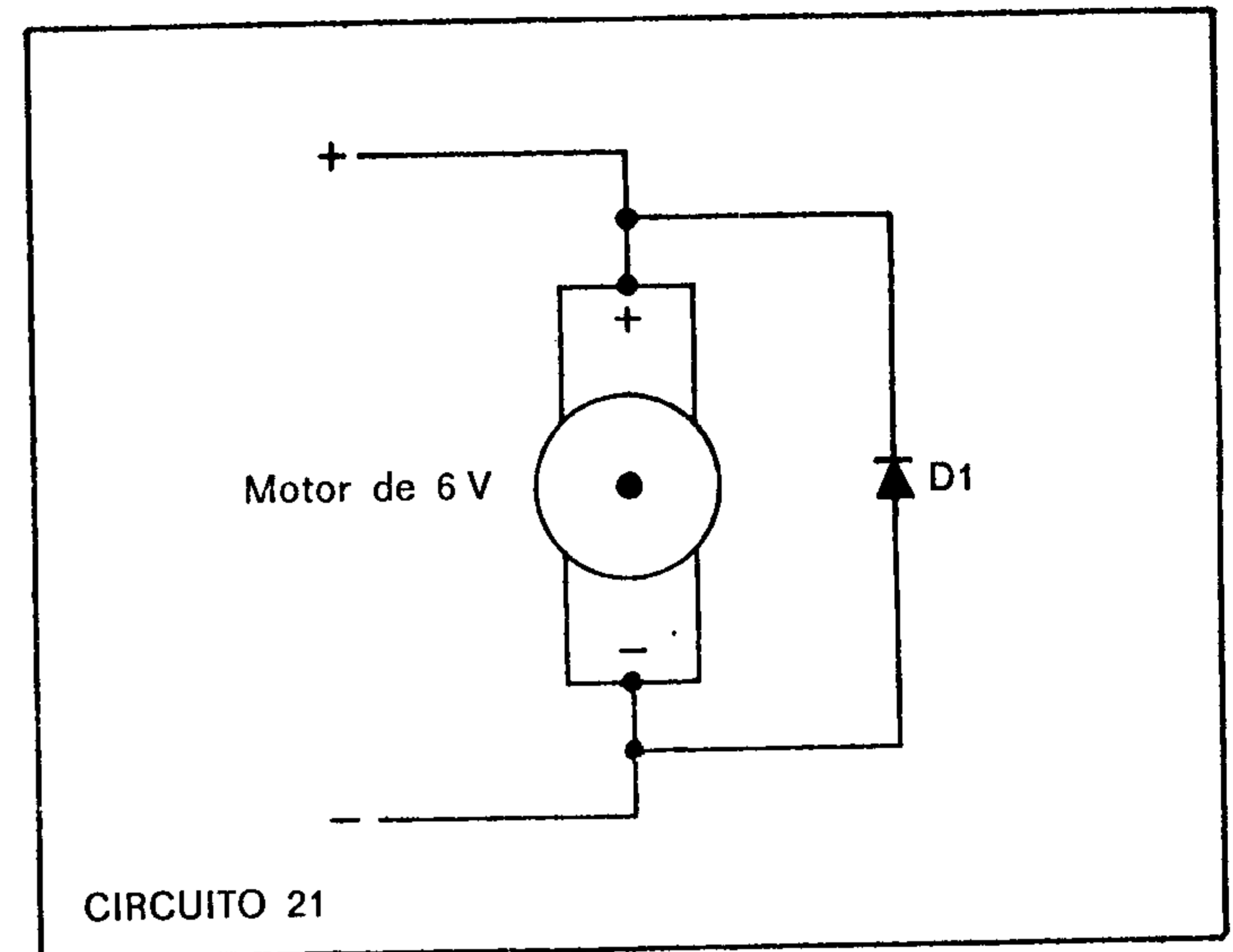
Os circuitos ilustrados são para massa negativa. Eles também podem ser utilizados com massa positiva, bastando para isso inverter as polaridades dos diodos e capacitores.

## CIRCUITO 21

### Supressor de Centelhas para Motores de Baixa Tensão Contínua

Esta é uma forma simples, porém eficaz, para eliminar o centelhamento produzido por pequenos motores que operam com baixas tensões contínuas.

O centelhamento de tais motores deve-se à força contra-eletromotriz gerada pelos enrolamentos do motor. O diodo D1 é polarizado inversamente em relação à alimentação do motor; mas, como a força contra-eletromotriz tem polaridade inversa à tensão de energização, o diodo é polarizado diretamente em



relação a esta força, conduzindo e curto-circuitando a força contra-eletromotriz e, por conseguinte, eliminando a fonte de centelhamento.

Este circuito não é adequado para motores cuja polaridade não é fixa, como os de 12 V de trens de brinquedo. Quando queremos que o trem ande para trás, invertemos a polaridade da tensão aplicada ao motor. Caso o motor estivesse equipado com esse diodo, como ilustrado, a tensão de alimentação seria curto-circuitada quando fizéssemos o trem andar para trás.

Praticamente qualquer diodo pode ser utilizado, como, por exemplo, 1N4001, 1N4002, 1N4007 ou BY127.

## CIRCUITO 22

### Proteção para Semicondutores que Comutam Relés

Este circuito é parecido com o anterior, onde o diodo de silício 1N4002 tem a finalidade de curto-circuitar a força contra-eletromotriz que o enrolamento do relé produz ao ser desenergizado.

É muito importante que coloquemos este diodo se o relé for comutado por um transistor, pois a força contra-eletromotriz pode inutilizar o semicondutor.

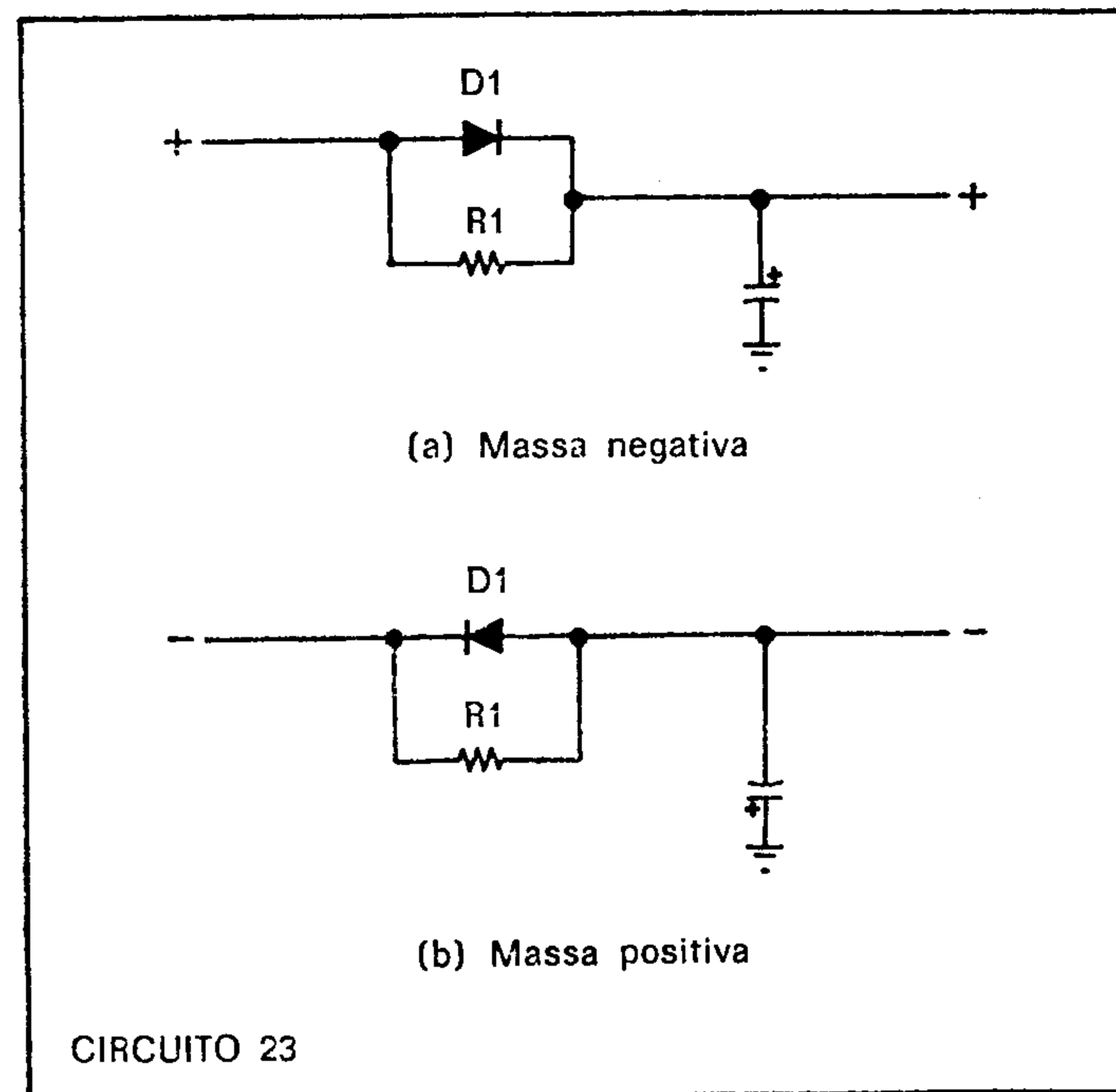
Note que o diodo é sempre polarizado inversamente em relação à alimentação do relé.

## CIRCUITO 23

### Utilizando um Diodo para Melhorar a Filtragem de Fontes de Alimentação

Este circuito pode ser adicionado a fontes de alimentação de baixa tensão, com a finalidade de proporcionar uma melhoria na filtragem.

Para fontes de baixa tensão com alto nível de zumbido, a solução é adicionar um estágio posterior contendo um resistor e um capacitor de filtragem. O zumbido é mais pronunciado em



baixo volume sonoro, isto é, quando o som produzido não o cobre, sendo praticamente inaudível com um maior volume.

A queda de tensão sobre o resistor de filtragem será maior com o aumento da corrente, mas a ação de filtragem não será realmente necessária. A solução para o problema é usar um diodo que "desligue" o resistor a uma determinada corrente. A tensão sobre um diodo de silício, antes que ele comece a conduzir, está em torno de 0,7 V, e os valores do resistor do filtro e da corrente solicitada são calculados para produzir uma tensão de 0,7 V.

Como exemplo, vamos supor que a ação de filtragem do resistor não é necessária para uma corrente acima de 25 mA. O valor do resistor de filtragem é calculado da seguinte maneira:

$$V = IR$$



$$V = 0,7 \text{ V}; I = 0,025 \text{ A}$$

$$R = \frac{0,7}{0,025} = 28 \Omega \rightsquigarrow \text{valor mais próximo: } 27 \Omega$$

Se o valor do resistor for  $27 \Omega$ , a diferença de potencial máxima sobre ele será de  $0,7 \text{ V}$ . Se desejarmos uma maior queda de tensão poderemos utilizar dois diodos de silício ligados em série, o que produz  $1,4 \text{ V}$ , possibilitando que o resistor de filtragem seja dobrado para  $56 \Omega$ .

O circuito pode ser utilizado com qualquer valor de corrente, desde que o resistor tenha um valor adequado e suporte a potência a ser dissipada; o diodo deve ser capaz de suportar a passagem da corrente solicitada e os capacitores eletrolíticos devem possuir capacitância e isolamento adequados.

Podemos utilizar o dispositivo com massa negativa (a) ou positiva (b).

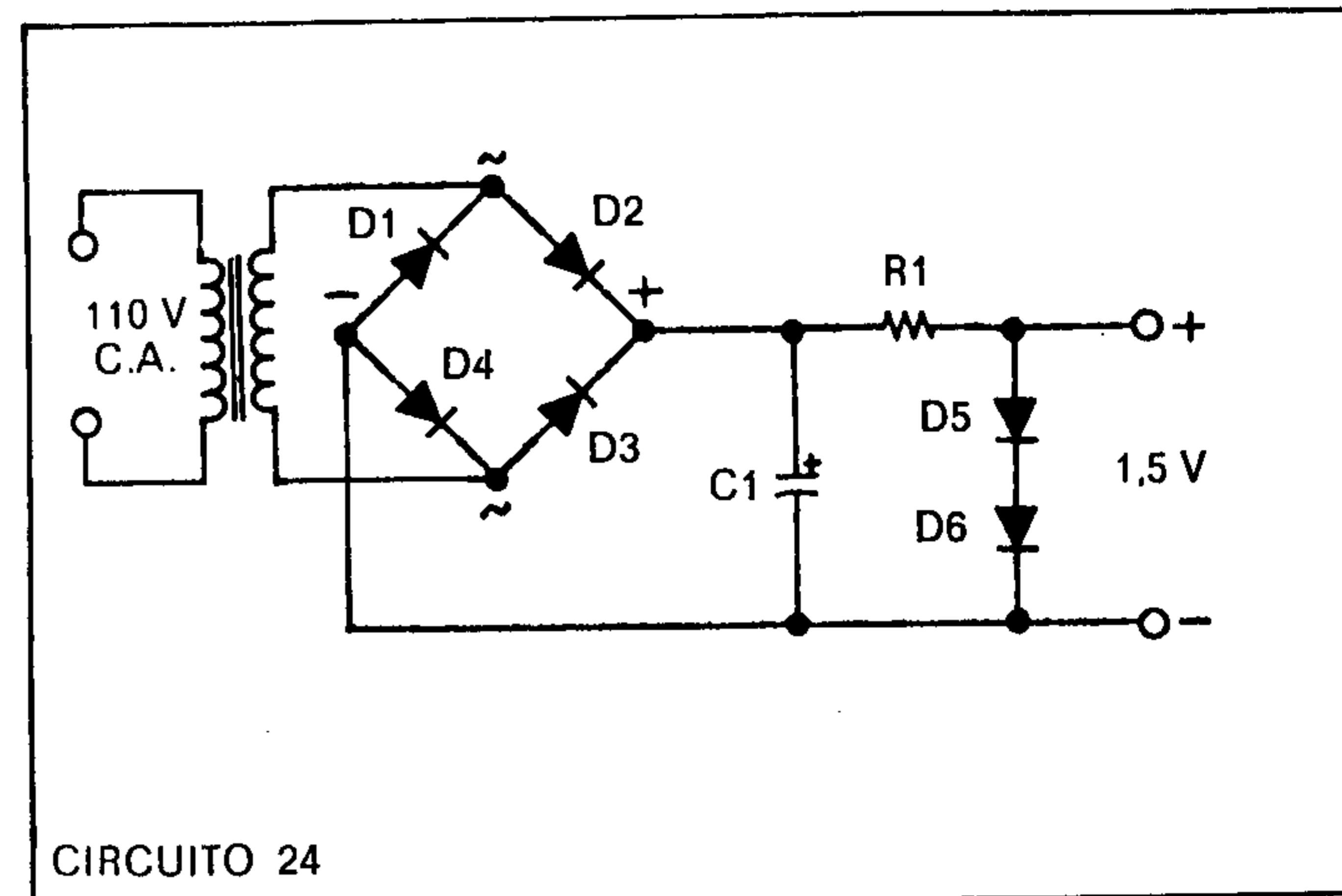
## CIRCUITO 24

### Convertendo a Alimentação de Receptores a Válvula da Bateria para a Rede Elétrica

Existem muitos receptores antigos a válvulas que não estão em uso devido ao fato de não se poder obter as baterias que os alimentavam. Não obstante, eles podem apresentar um excelente desempenho quando alimentados pela rede elétrica.

Os  $90 \text{ V}$  contínuos, necessários para a "alta tensão", são fáceis de ser fornecidos com o auxílio de um transformador, um retificador e um filtro. Esta tensão não é crítica, e qualquer valor entre  $45$  e  $90 \text{ V}$  dará bons resultados.

A dificuldade surge com a fonte de baixa tensão, que deve ser estável em  $1,5 \text{ V}$ . Se este valor de tensão for maior, a vida útil da válvula será reduzida; se for inferior a  $1,4 \text{ V}$ , a válvula misturadora (normalmente uma DK96) pode não funcionar. Desta forma, necessitaremos de um diodo zener para  $1,5 \text{ V}$ , que pode ser simulado utilizando-se dois diodos de silício, ligados em série e polarizados diretamente, fornecendo uma queda de tensão de aproximadamente  $1,5 \text{ V}$  sobre eles.



CIRCUITO 24

A tensão deve ser bem filtrada, a fim de evitar o aparecimento de zumbido. Utilizamos para isso um capacitor de  $5.000 \mu\text{F}$ . Uma boa idéia é colocar a fonte de alimentação no espaço antes ocupado pelas baterias de alta e de baixa tensão.

Devemos notar que na maioria dos receptores os negativos das fontes de baixa e alta tensão **não** são comuns, uma vez que, caso fossem ligados à massa do circuito, poderiam surgir problemas de polarização.

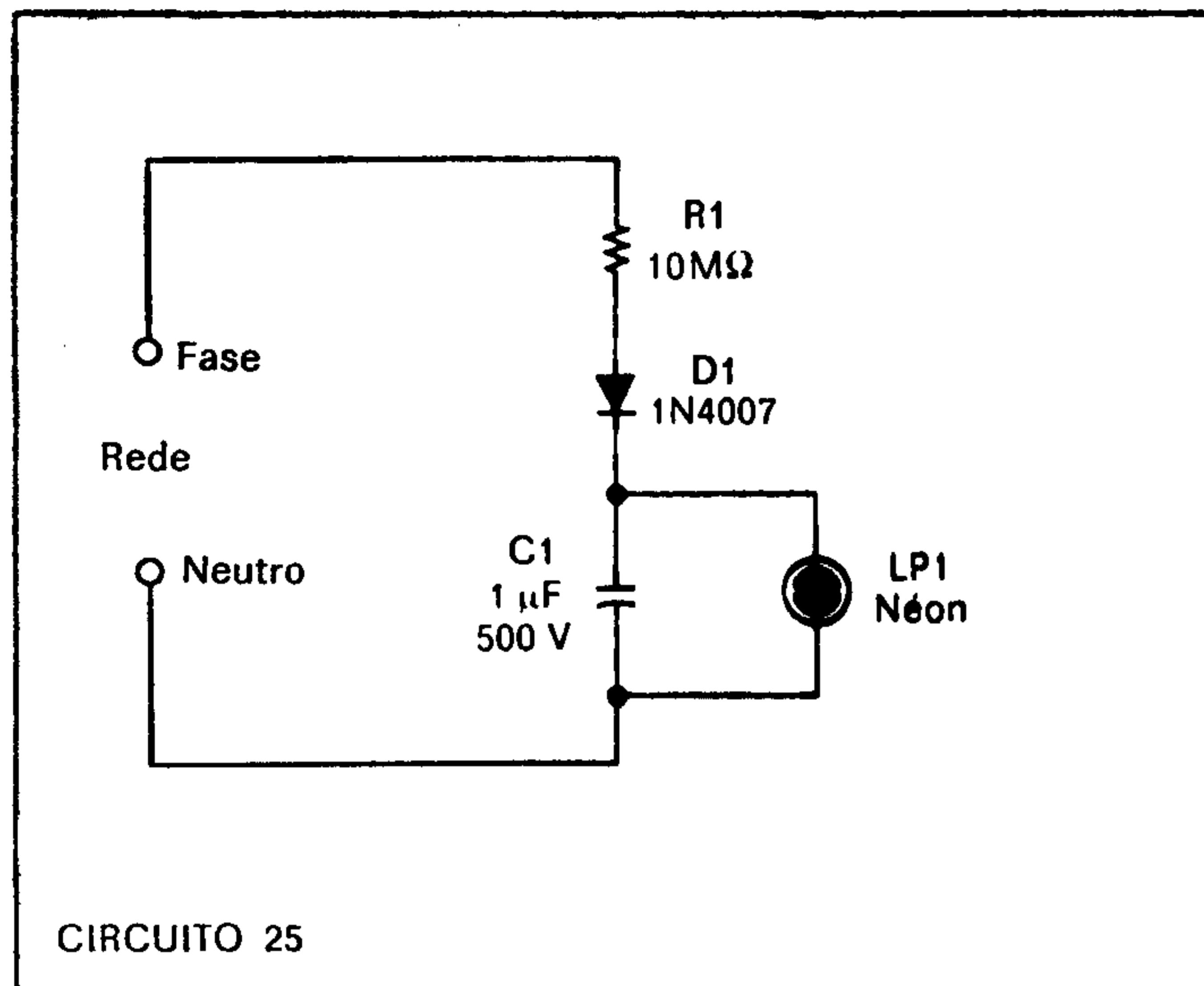
#### LISTA DE MATERIAL

- D1 a D6 — diodo de silício 1N4001 ou equivalente
- R1 —  $390 \Omega$ ,  $\pm 10\%$ ,  $\frac{1}{4} \text{ W}$
- C1 — capacitor eletrolítico,  $5.000 \mu\text{F}$ ,  $12 \text{ V}$

## CIRCUITO 25

### Disparador para Lâmpada Néon

Apresentamos aqui um circuito simples para disparar uma lâmpada néon a partir da rede elétrica. O capacitor se carrega



CIRCUITO 25

através do diodo D1 até que a tensão sobre ele seja igual à tensão de disparo da néon. Esta, disparando, irá descarregar parcialmente o capacitor, que se carregará outra vez, até atingir novamente a tensão de disparo da lâmpada, e assim por diante. Como resultado teremos a néon piscando em uma cadência lenta. Se quisermos aumentar a frequência de disparo, devemos utilizar capacitores de valores mais baixos, como  $0,47 \mu\text{F}$  ou  $0,22 \mu\text{F}$ . Com um capacitor de  $0,22 \mu\text{F}$  teremos um útil indicador de "ligado" para equipamentos. Note-se que o circuito está conectado diretamente à rede e, por isso, devem ser tomadas precauções, montando-o de modo que nenhuma de suas partes possa ser tocada quando em uso.

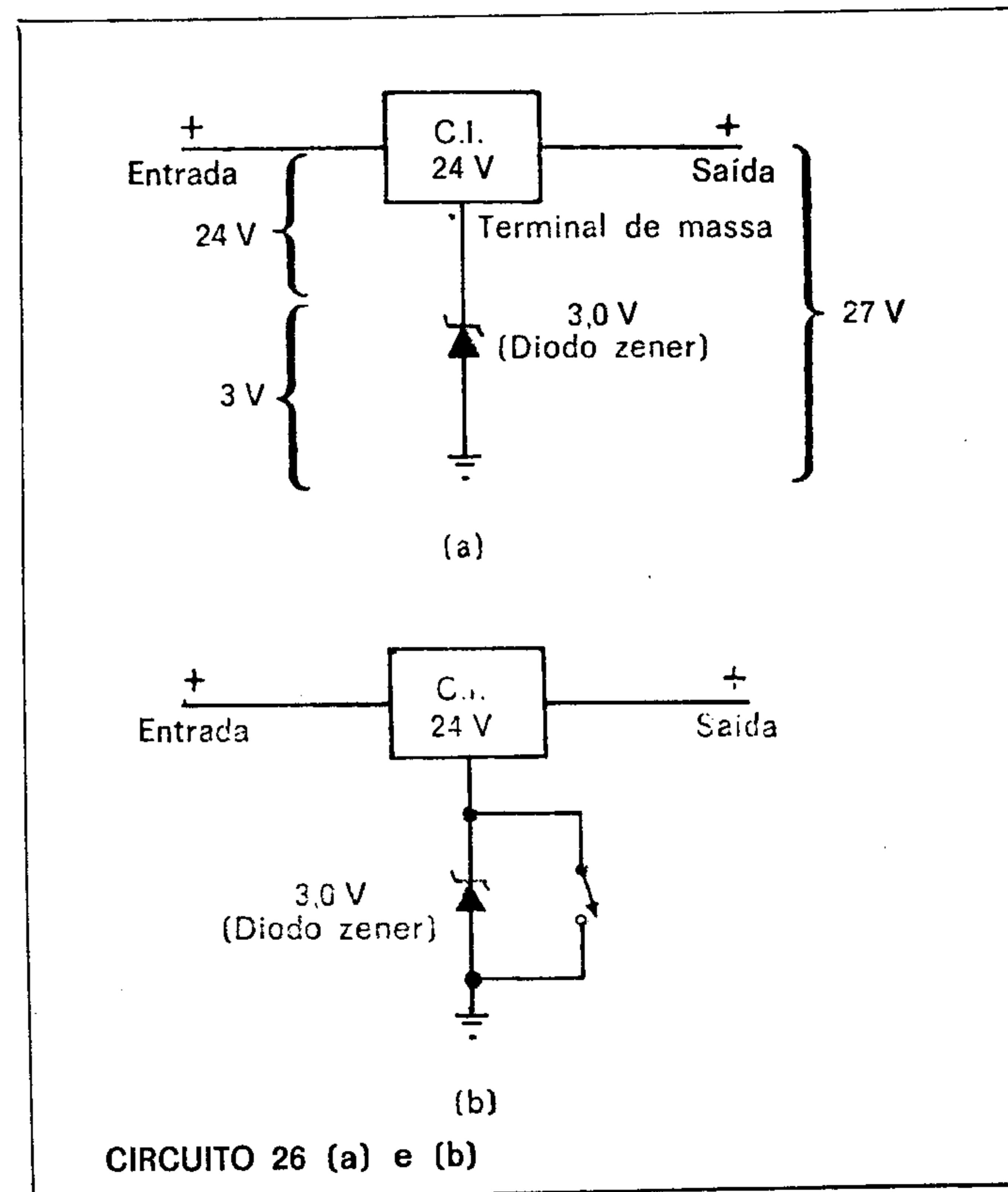
#### LISTA DE MATERIAL

D1 — 1N4007 ou equivalente  
 R1 —  $10 \text{ M}\Omega$ ,  $\frac{1}{2} \text{ W}$   
 C1 —  $1 \mu\text{F}$ , 600 V, poliéster ou papel  
 LP1 — lâmpada néon tipo NE-2

## CIRCUITO 26

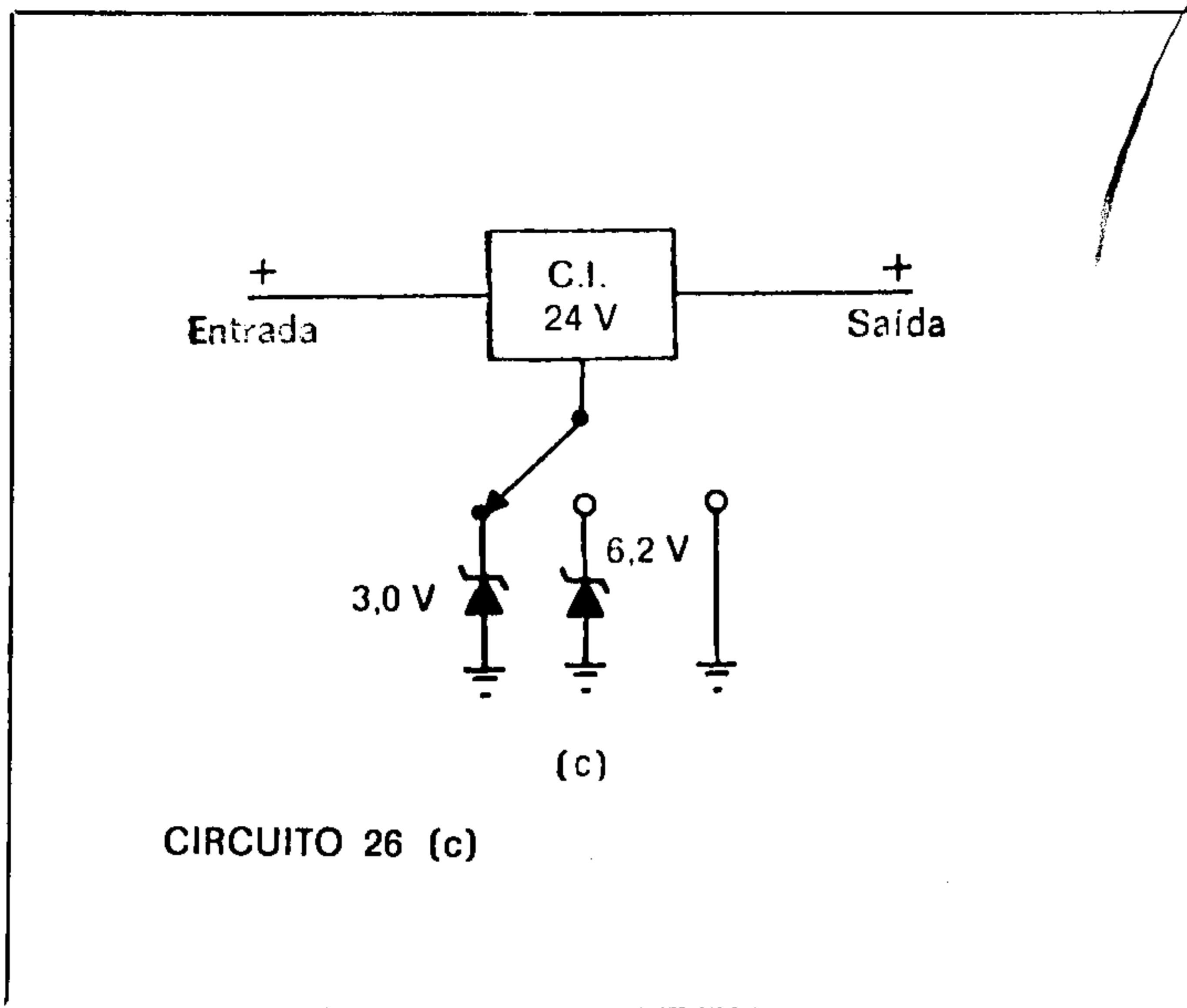
### Combinando Diodos Zener e C.I. Reguladores de Tensão

Os reguladores de tensão integrados de três terminais são disponíveis com tensões de 5 V, 12 V, 15 V, 18 V e 24 V. Esses



CIRCUITO 26 (a) e (b)





componentes nos proporcionam um meio simples e confiável para a regulação de tensão. Mas o que devemos fazer se quisermos tensões não padronizadas como, por exemplo, 27 V?

A solução é manter o regulador acima do potencial de massa, conectando-se um diodo zener, com dissipação de potência suficiente, em série com o terminal de massa do regulador. No circuito 26a, um diodo zener de 3 V, 3 W, é conjugado a um regulador de tensão de 24 V. O valor da tensão do regulador permanece o mesmo (24 V), mas a tensão entre os terminais de saída será a soma das tensões do regulador e do zener, ou seja, 27 V.

Pode-se ampliar a utilidade deste circuito curto-circuitando-se o diodo zener através de um interruptor, como no circuito 26b. Desta forma, a fonte pode fornecer 24 V ou 27 V.

Outra possibilidade é utilizar mais um diodo (6,2 V, 10 W por exemplo), como no circuito 26c, podendo-se agora obter 24 V, 27 V e 30 V.

## CIRCUITO 27

### Combinando Capacitores Eletrolíticos com Diodos Zener

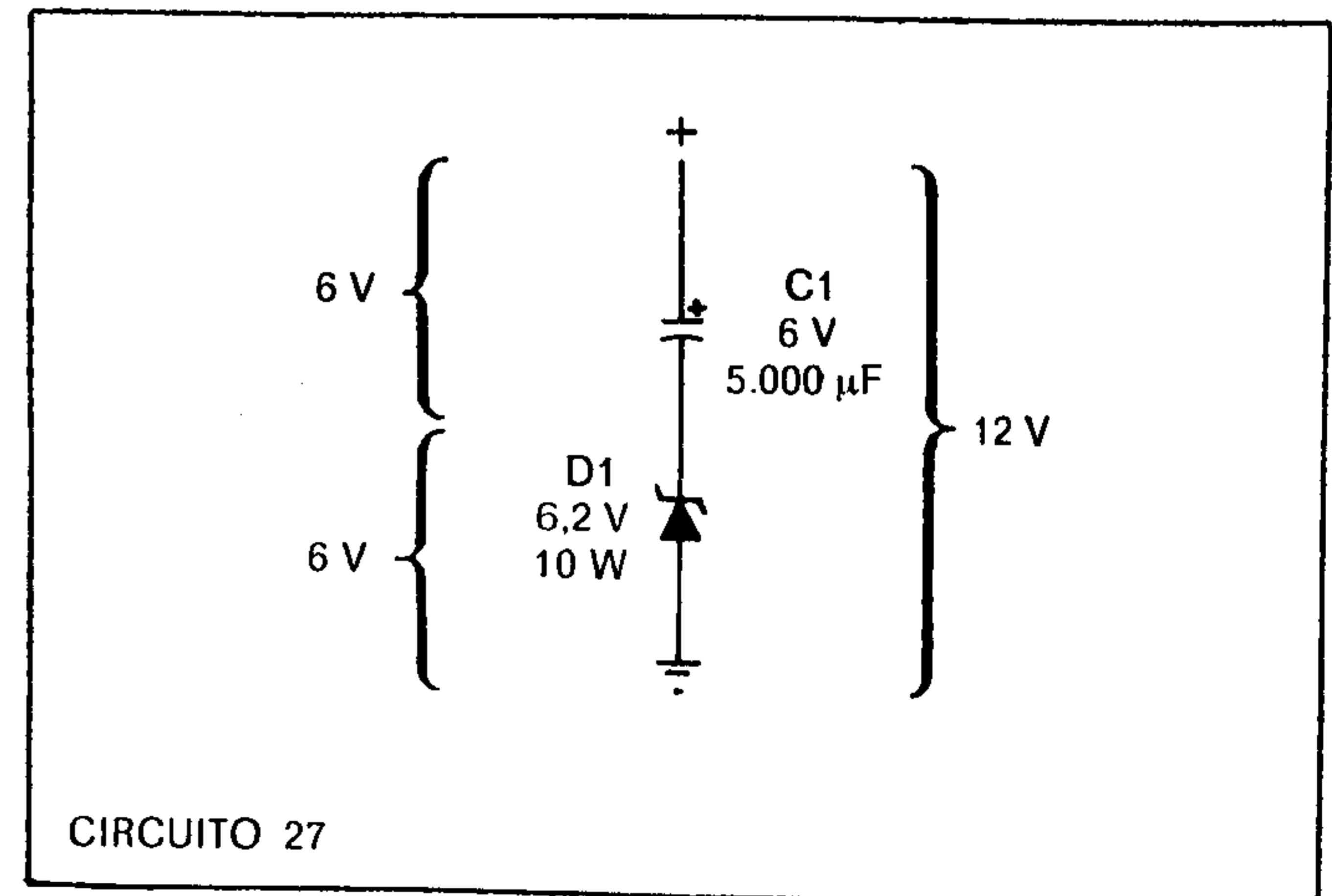
Um diodo zener pode ser utilizado para manter uma tensão contínua em um nível superior ao de massa e, com isso, possibilitar o emprego de um capacitor com valor de isolamento inferior ao valor da tensão de alimentação. Este princípio pode ser empregado com capacitores eletrolíticos de alto valor, que são geralmente encontrados com baixas tensões nominais de isolamento. Basta colocar-se em série com este componente um diodo zener com uma dissipação de potência suficiente para simular um capacitor de maior tensão de isolamento. A dissipação de potência do zener deve ser tomada em relação à corrente de ondulação nominal do capacitor.

Neste circuito, um capacitor de 5.000  $\mu\text{F}$ , 6 V e um zener de 6,2 V, 10 W em série simulam um capacitor de 5.000  $\mu\text{F}$ , 12 V.

#### LISTA DE MATERIAL

D1 — diodo zener, 6,2 V, 10 W

C1 — capacitor eletrolítico, 5.000  $\mu\text{F}$ , 6 V



## CIRCUITO 28

### Carregador para Pilhas de Níquel-Cádmio

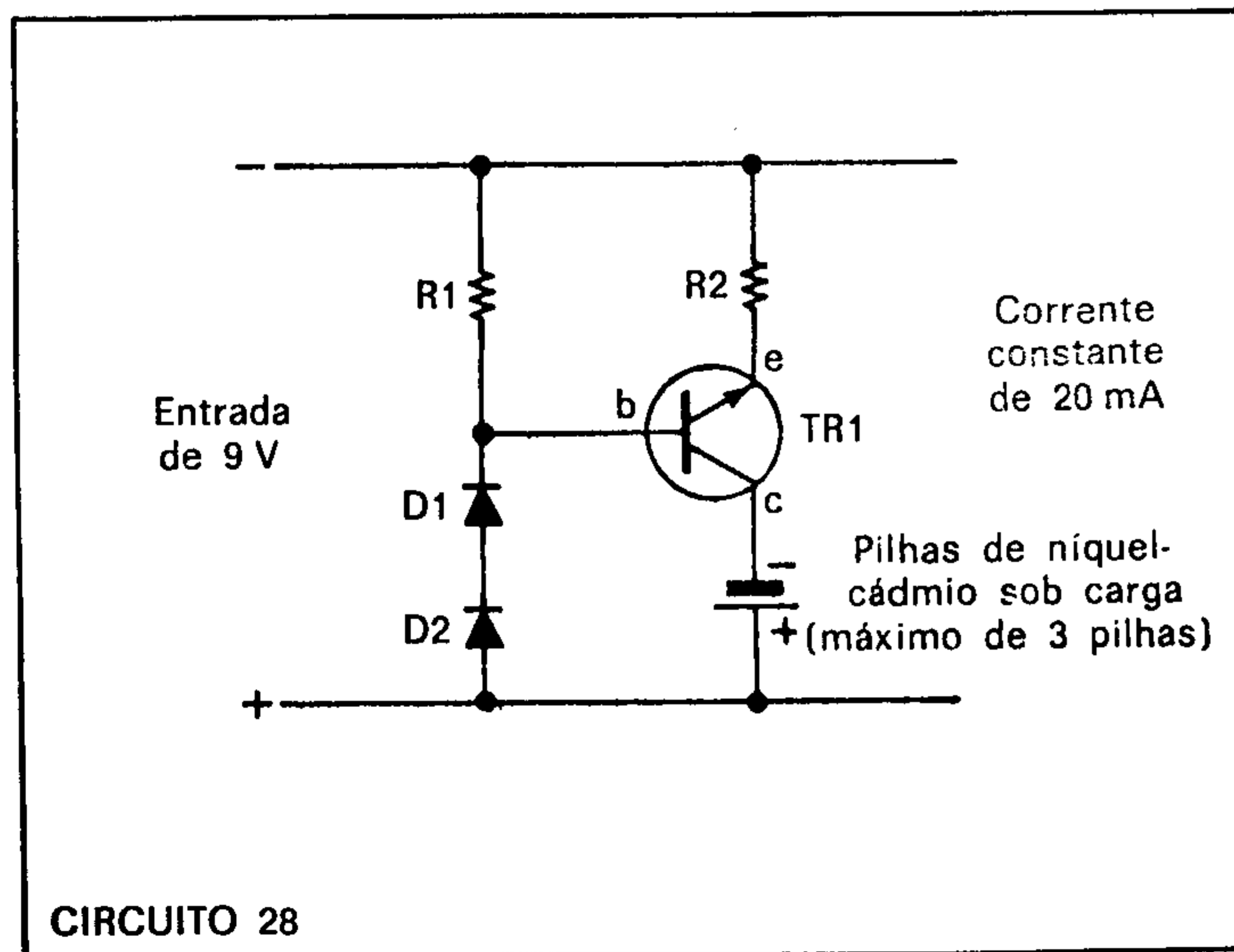
Este é um circuito simples para recarregar pequenas pilhas de níquel-cádmio do tipo usado em calculadoras de bolso.

Este circuito fornece uma corrente de carga constante para recarregar de uma a três pilhas em série. A queda de tensão constante sobre dois diodos de silício polarizados diretamente fornece uma referência para o transistor. Juntos, esses compo-

#### LISTA DE MATERIAL

- TR1 — BC337, BC338\*, ou equivalente
- D1, D2 — diodo de silício 1N4001 ou equivalente
- R1 — 1 k $\Omega$ , 1/2 W
- R2 — 47  $\Omega$ , 1/2 W

(\* ) Dissipador de calor para TR1 (ver texto)



entes constituem uma fonte de corrente constante capaz de fornecer cerca de 20 mA. O carregador requer uma tensão de 9 V, que pode ser obtida de um eliminador de pilhas comum para rádios transistorizados.

O resistor R2 controla o valor da corrente fornecida à bateria de pilhas, sendo que o circuito pode ser adaptado para maiores correntes, bastando reduzir-se o valor de R2. Se isso for felto, no entanto, deverá ser usado um transistor de maior potência, como o 2N3055. O transistor irá se aquecer durante o funcionamento e, por isso, deve ser provido de um dissipador de calor adequado.

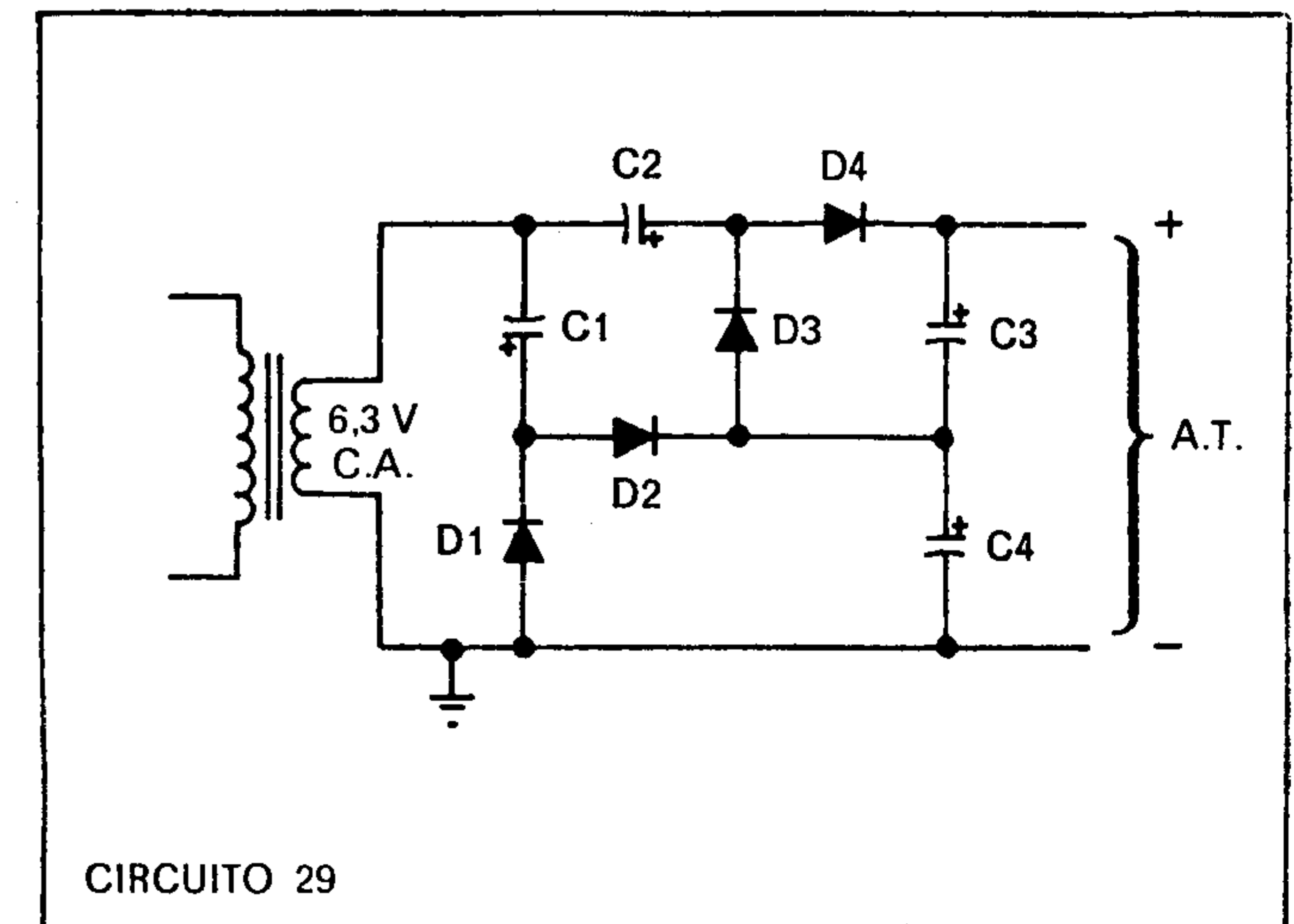
## CIRCUITO 29

### Quadruplicador de Tensão

O circuito apresentado a seguir é um quadruplicador de tensão que possibilita obter uma "alta tensão" de cerca de 45 V

#### LISTA DE MATERIAL

- D1 a D4 — diodos de silício 1N4002
- C1 — 10  $\mu$ F, 25 V, eletrolítico
- C2, C3 — 10  $\mu$ F, 100 V, eletrolítico
- C4 — 10  $\mu$ F, 50 V, eletrolítico



sob baixa corrente, a partir de uma tensão alternada de 6,3 V aplicada à sua entrada. Isto o torna particularmente interessante para o uso em rádios a válvulas alimentados por bateria, pois, devido ao grande declínio do uso de válvulas, os transformadores com enrolamentos de alta tensão estão ficando cada vez mais difíceis de ser obtidos.

O circuito pode apenas fornecer uma baixa corrente, sendo que sua tensão de saída cai rapidamente à medida que a demanda de corrente aumenta.

Apesar da maioria dos rádios a válvulas alimentados por bateria ser projetada para uso com baterias de 67,5 ou 90 V, eles podem funcionar com tensões bem abaixo desses valores. Se um desses rádios não funcionar, é provável que esteja faltando alimentação de baixa tensão, pois a válvula conversora de frequência (geralmente a DK96 ou equivalente) é muito crítica no que diz respeito ao valor de baixa tensão.

## CIRCUITO 30

### Capacitor Despolarizado de Alta Capacitância

Há circuitos que necessitam de capacitores despolarizados de altos valores de capacitância. Como os capacitores de papel ou poliéster com mais de 2,2  $\mu\text{F}$  são economicamente inviáveis, deve-se partir para outras soluções.

Pode-se simular um capacitor despolarizado conectando-se dois capacitores eletrolíticos em série inversa. A capacitância resultante, no entanto, será menor que a do capacitor de menor valor, desde que:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Se, por outro lado, forem utilizados dois diodos e dois capacitores eletrolíticos de valores idênticos, como no circuito 30, o valor de capacitância resultante será igual ao valor de capaci-

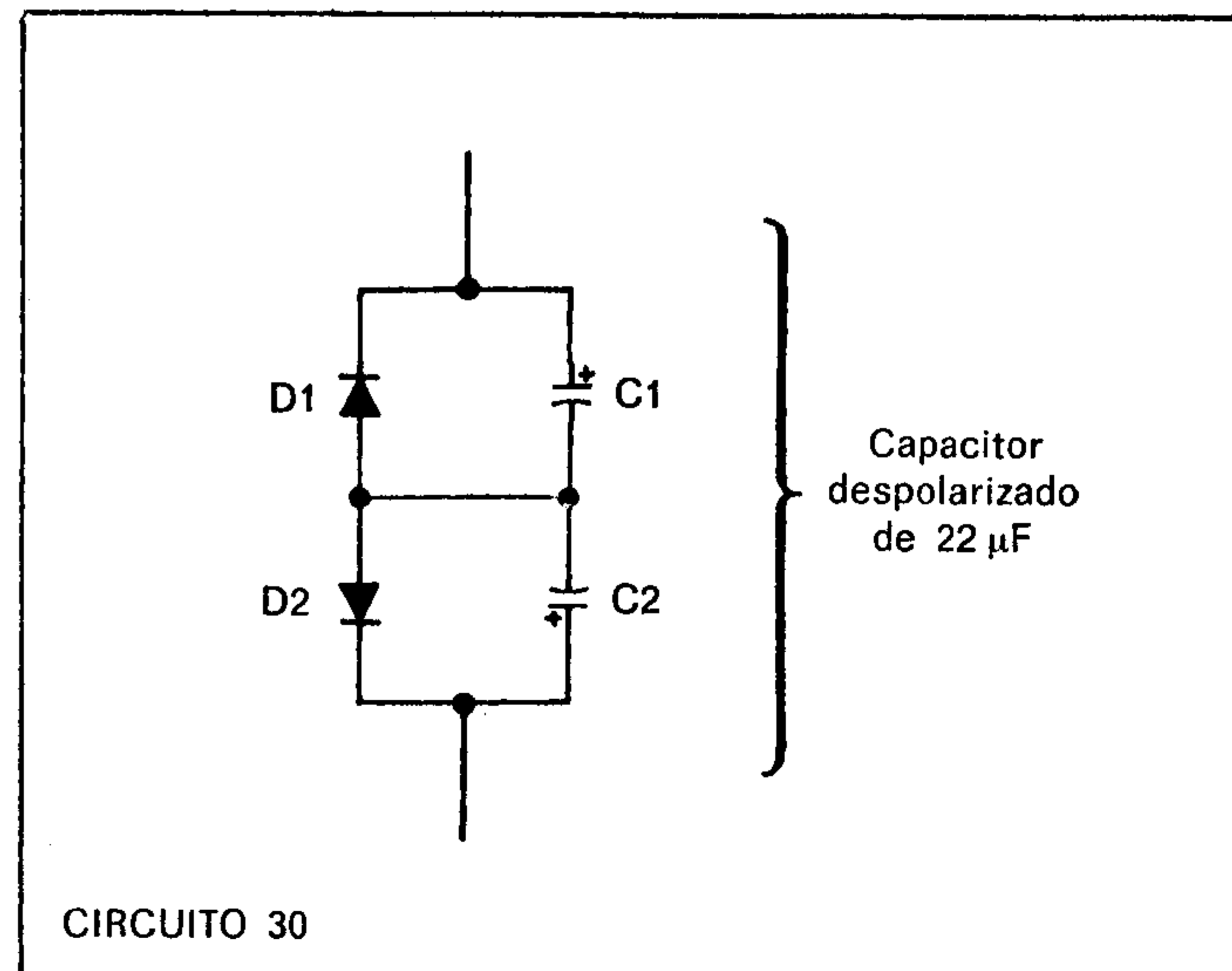
tância de um dos capacitores. Os diodos comutam C1 ou C2 no circuito a cada inversão de polaridade do sinal aplicado aos extremos do conjunto, de modo que cada capacitor estará polarizado corretamente para a tensão aplicada.

O circuito pode ser usado com tensões maiores, desde que sejam empregados capacitores eletrolíticos de maior tensão de isolamento e diodos com maior tensão de pico inversa, como o 1N4004.

### LISTA DE MATERIAL

D1, D2 — 1N4002

C1, C2 — 22  $\mu\text{F}$ , 50 V, capacitores eletrolíticos



CIRCUITO 30



## CIRCUITO 31

### Retificadores em Paralelo

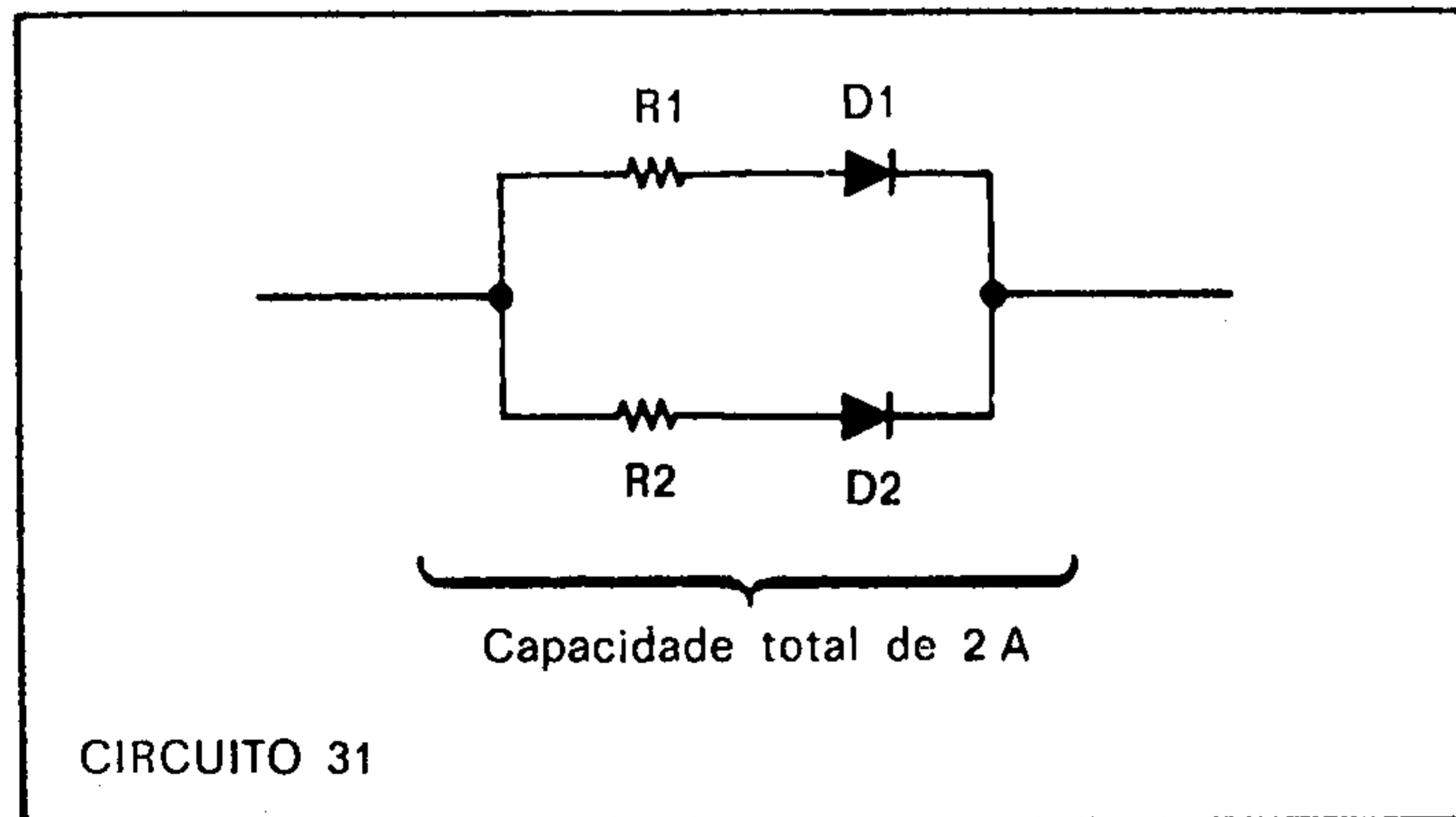
Se for necessário obter um retificador para altas correntes conectando-se dois diodos em paralelo, um resistor de valor baixo deverá ser intercalado em série com cada um deles. Este resistor compensa as diferenças existentes nas características de condução direta dos diodos, mesmo os supostamente iguais, e assegura que a corrente do circuito seja dividida igualmente entre eles.

No circuito 31 o resistor deve produzir uma queda de 1 V à corrente máxima de cada diodo (1 A). Como  $R = V/I$ ,  $V = 1\text{ V}$  e  $I = 1\text{ A}$ , o resistor deverá ser de  $1\ \Omega$ , e terá que possuir uma dissipação de potência de, pelo menos, 1 watt. O retificador assim obtido é capaz de suportar uma corrente de 2 A.

Com potências mais altas, o resistor equalizador irá dissipar muito calor e, por isso, deverá ser montado o mais longe possível dos diodos.

#### LISTA DE MATERIAL

D1, D2 — 1N4001 ou equivalente  
R1, R2 —  $1\ \Omega$ , 1 W, resistor de fio



## CIRCUITO 32

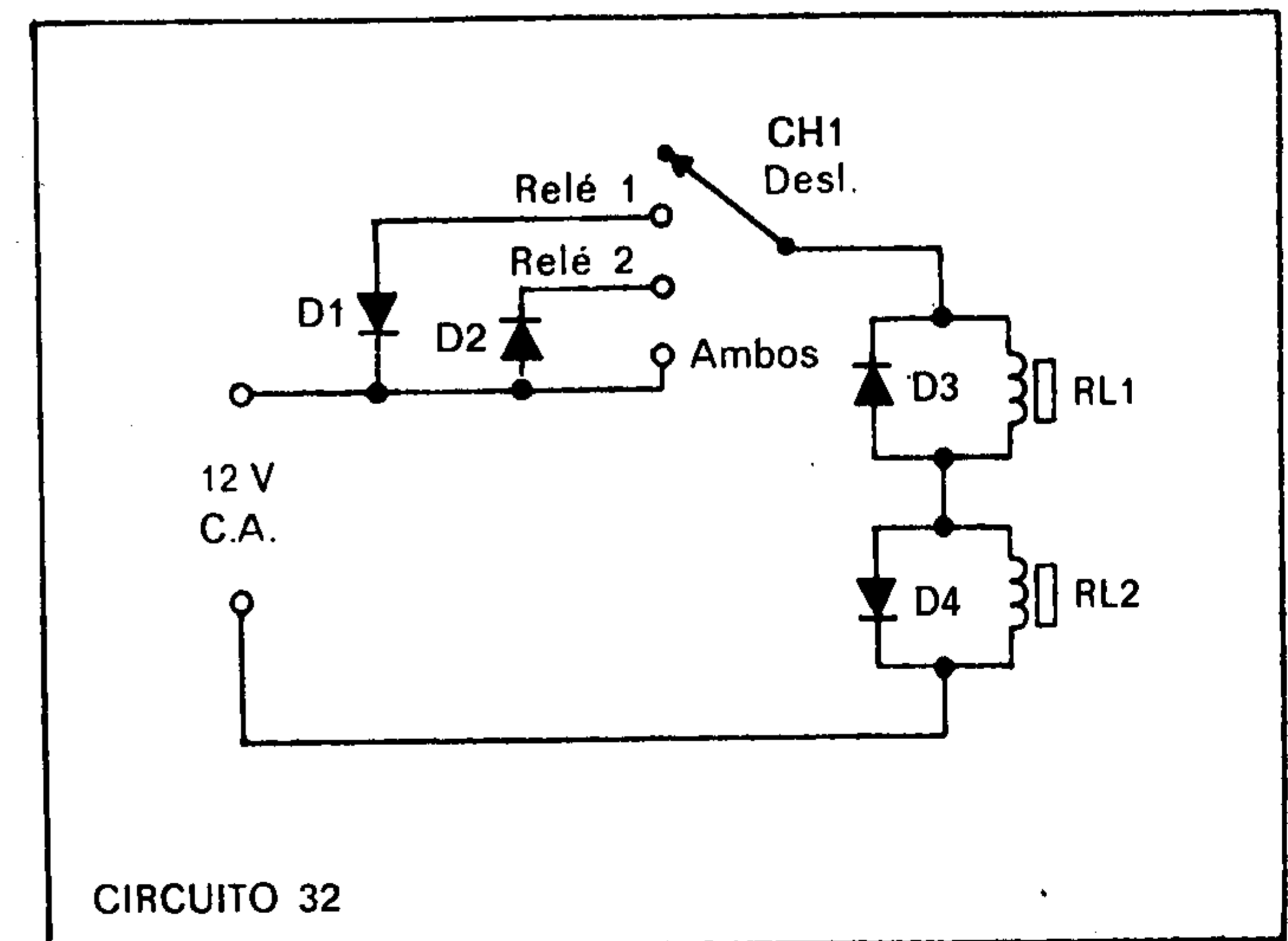
### Controle para Relés

Este circuito utiliza somente quatro diodos e uma chave de onda para controlar dois relés através de duas linhas. O segredo consiste no uso de tensão alternada e de diodos, de forma a permitir a alimentação dos relés com uma tensão contínua de determinada polaridade. Cada relé responde à tensão contínua de polaridade apropriada.

A função acima poderia ser realizada comutando-se uma bateria, mas o uso de C.A. possibilita uma terceira função, ou seja, energizar ambos os relés, o que é feito enviando C.A. pela linha.

#### LISTA DE MATERIAL

D1 a D4 — 1N4001 ou equivalente  
RL1, RL2 — relés para 6 V C.C.  
CH1 — chave comutadora, 1 pólo, 4 posições

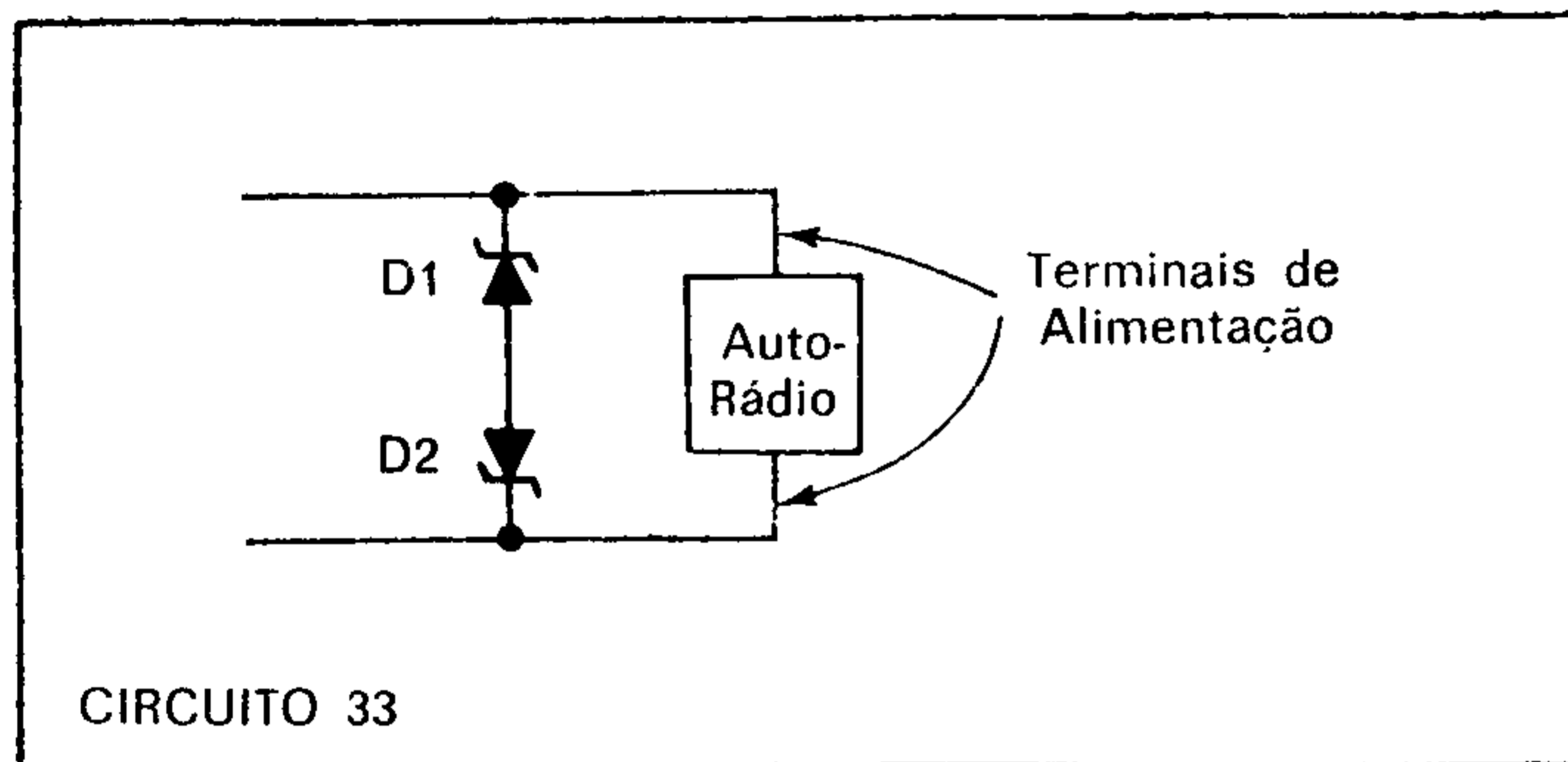


## CIRCUITO 33

### Proteção contra Transientes em Auto-Rádios

Este é um circuito simples, usando dois diodos zener de 18 V para proteger auto-rádios dos transientes de tensão gerados pelo circuito elétrico do carro.

Os dois diodos conduzem a 18,7 V (a soma da tensão de zener de um deles mais a tensão direta do outro).



Este circuito limita picos de tensão de qualquer polaridade, podendo, por isso, ser utilizado em carros com chassi positivo ou negativo.

#### LISTA DE MATERIAL

D1, D2 — diodo zener para 18 V, 1 W

## CIRCUITO 34

### Retificador para Altas Tensões

O circuito 34 ilustra o método utilizado para conectar retificadores em série e obter-se maiores tensões de trabalho.

O resistor de 470 k $\Omega$  compensa as variações nas características dos diodos e assegura que a tensão aplicada seja dividida igualmente entre os mesmos. Os capacitores de 0,01  $\mu$ F servem para curto-circuitar os transientes de tensão e devem ser componentes de boa qualidade, apresentando uma tensão de isolamento de 1.000 V.

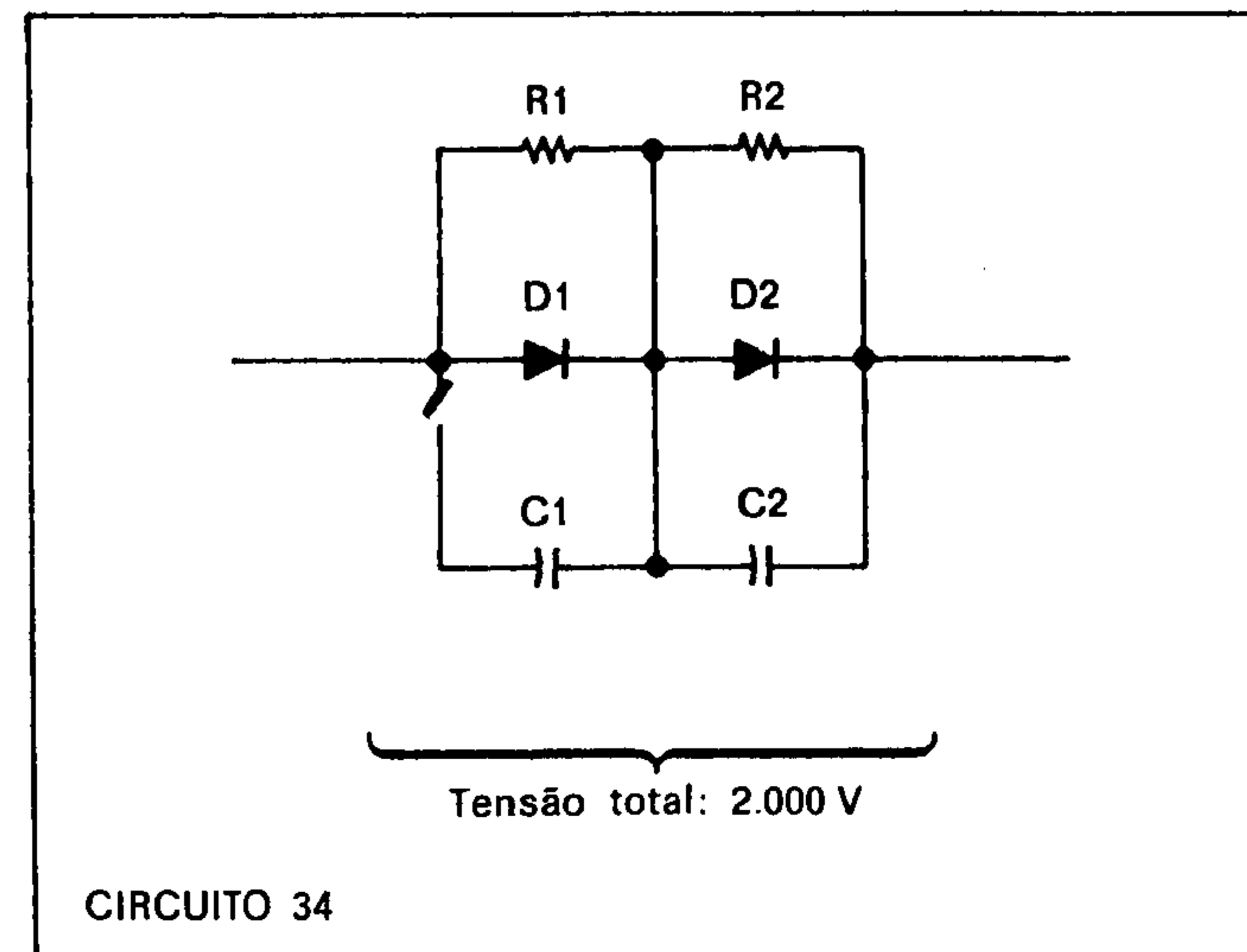
A tensão inversa máxima sobre cada diodo é 1.000 V. Se forem desejadas maiores tensões de trabalho, pode-se adicionar mais diodos em série. Contudo, cada um deles deverá ter seu próprio resistor e capacitor em paralelo.

#### LISTA DE MATERIAL

D1, D2 — diodo retificador 1N4007

R1, R2 — 470 k $\Omega$ , 1/2 W

C1, C2 — 0,01  $\mu$ F, 1.000 V, capacitores de cerâmica



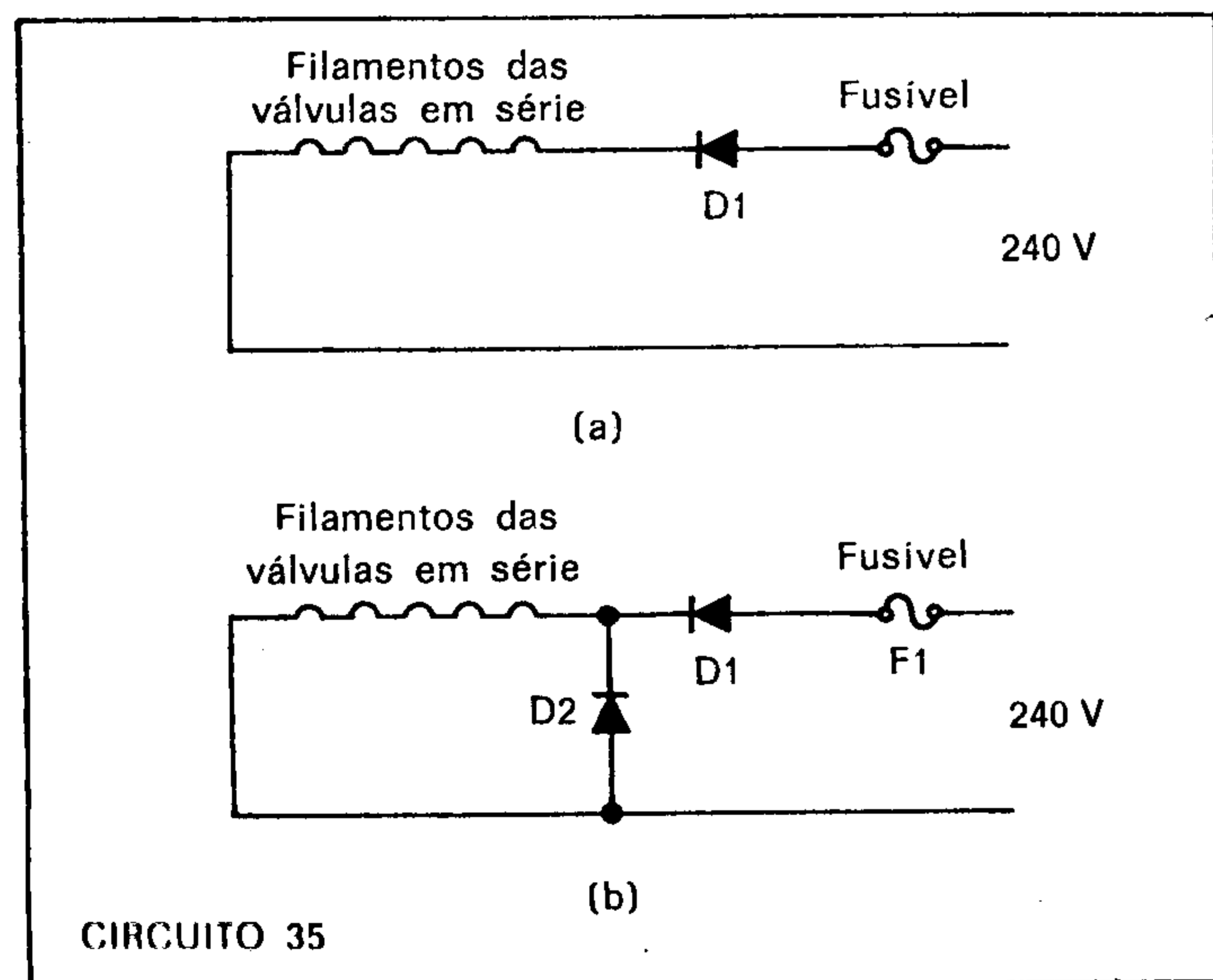
## CIRCUITO 35

### Usando um Diodo como Resistor de Queda

Em televisores e rádios onde os filamentos das válvulas são ligados em série, o diodo constitui um excelente substituto para um resistor de queda retificando a corrente que circula pelos filamentos e, com isso, reduzindo a 0,707% a potência dissipada por eles.

A grande vantagem de se utilizar um diodo (circuito 35a) ao invés de um resistor de queda é que o diodo dissipa muito menos potência. Sua grande desvantagem, no entanto, é que se ele entrar em curto, toda a corrente de C.A. passará através dos filamentos, danificando as válvulas.

Um circuito de proteção bem simples elimina esta desvantagem. Ele consiste de um segundo diodo conectado em paralelo com os filamentos (circuito 35b). Se D1 estiver funcionando



normalmente, D2 ficará inversamente polarizado, e a corrente não passará através dele. Contudo, se D1 entrar em curto, D2 passará a conduzir, colocando em curto os filamentos. Com isso uma apreciável corrente irá circular, queimando o fusível.

### LISTA DE MATERIAL

D1, D2 — diodos retificadores 1N4007  
F1 — fusível, 500 mA (para corrente de filamento de 150 mA) ou 750 mA (para corrente de filamento de 300 mA)

## CIRCUITO 36

### O Superzener

Este é um circuito que possibilita uma vasta gama de tensões estabilizadas, ou de referência, para uso em fontes de alimentação. O circuito simula um zener de muitos valores pela conexão de vários zeners em série.

Se quatro diodos zener com valores iguais a 3 V, 6,2 V, 12 V e 24 V forem usados, poderemos obter tensões estabilizadas de 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42 e 45 V, conectando (chave aberta) ou eliminando (chave fechada) os diodos do circuito.

Fornecemos abaixo a seqüência de fechamento das chaves para a obtenção das diversas tensões estabilizadas:

3 V — CH2, CH3 e CH4 fechadas

6 V — CH1, CH3 e CH4 fechadas

9 V = 3 + 6 — CH3 e CH4 fechadas

12 V — CH1, CH2 e CH4 fechadas

15 V = 3 + 12 — CH2 e CH4 fechadas

18 V = 6 + 12 — CH1 e CH4 fechadas

21 V = 3 + 6 + 12 — CH4 fechada

24 V — CH1, CH2 e CH3 fechadas

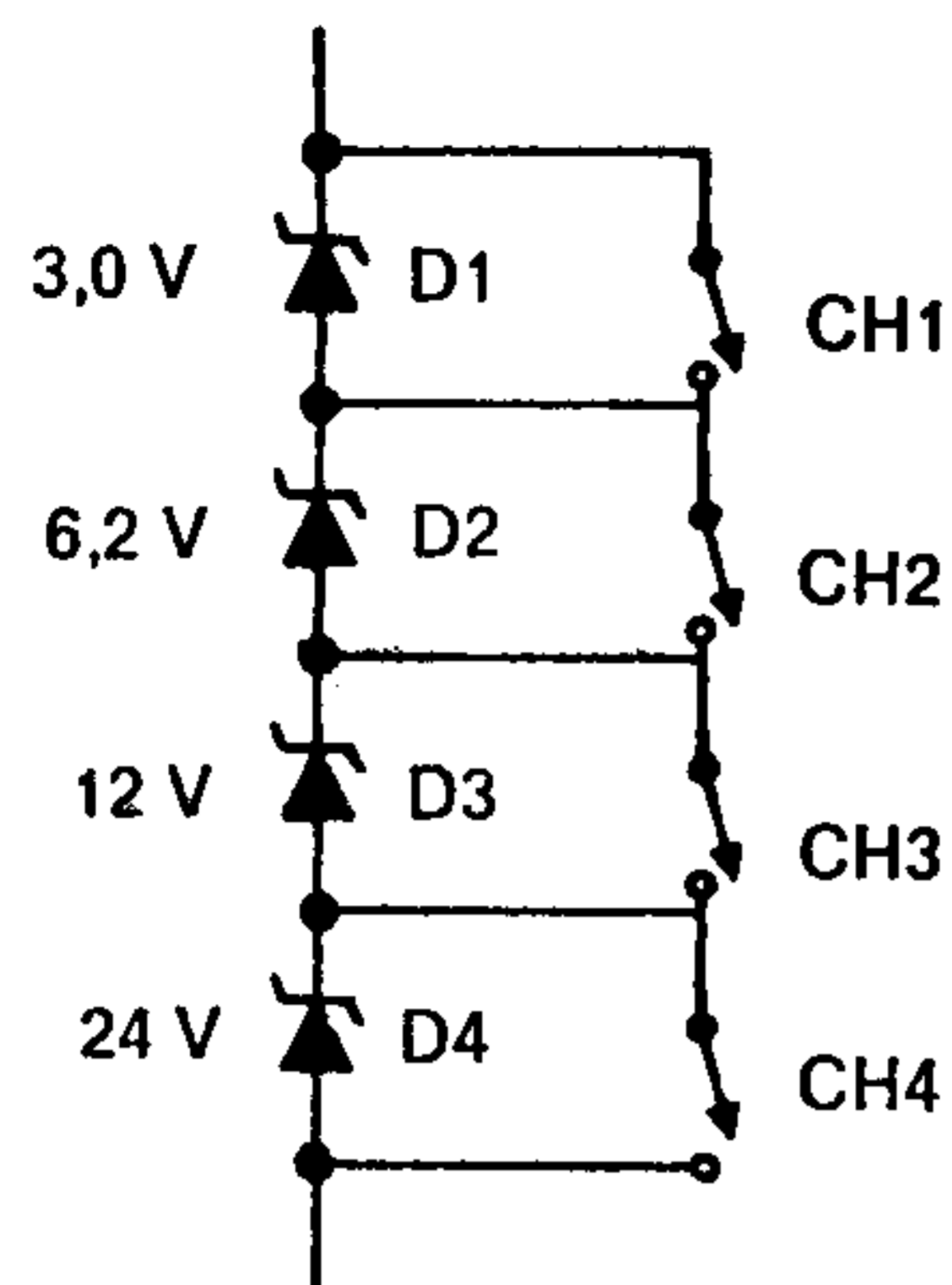
27 V = 3 + 24 — CH2 e CH3 fechadas

30 V = 6 + 24 — CH1 e CH3 fechadas

33 V = 3 + 6 + 24 — CH3 fechada

36 V = 12 + 24 — CH1 e CH2 fechadas





CIRCUITO 36

$39\text{ V} = 3 + 12 + 24$  — CH2 fechada  
 $42\text{ V} = 6 + 12 + 24$  — CH1 fechada  
 $45\text{ V} = 3 + 6 + 12 + 24$  — todas as chaves abertas

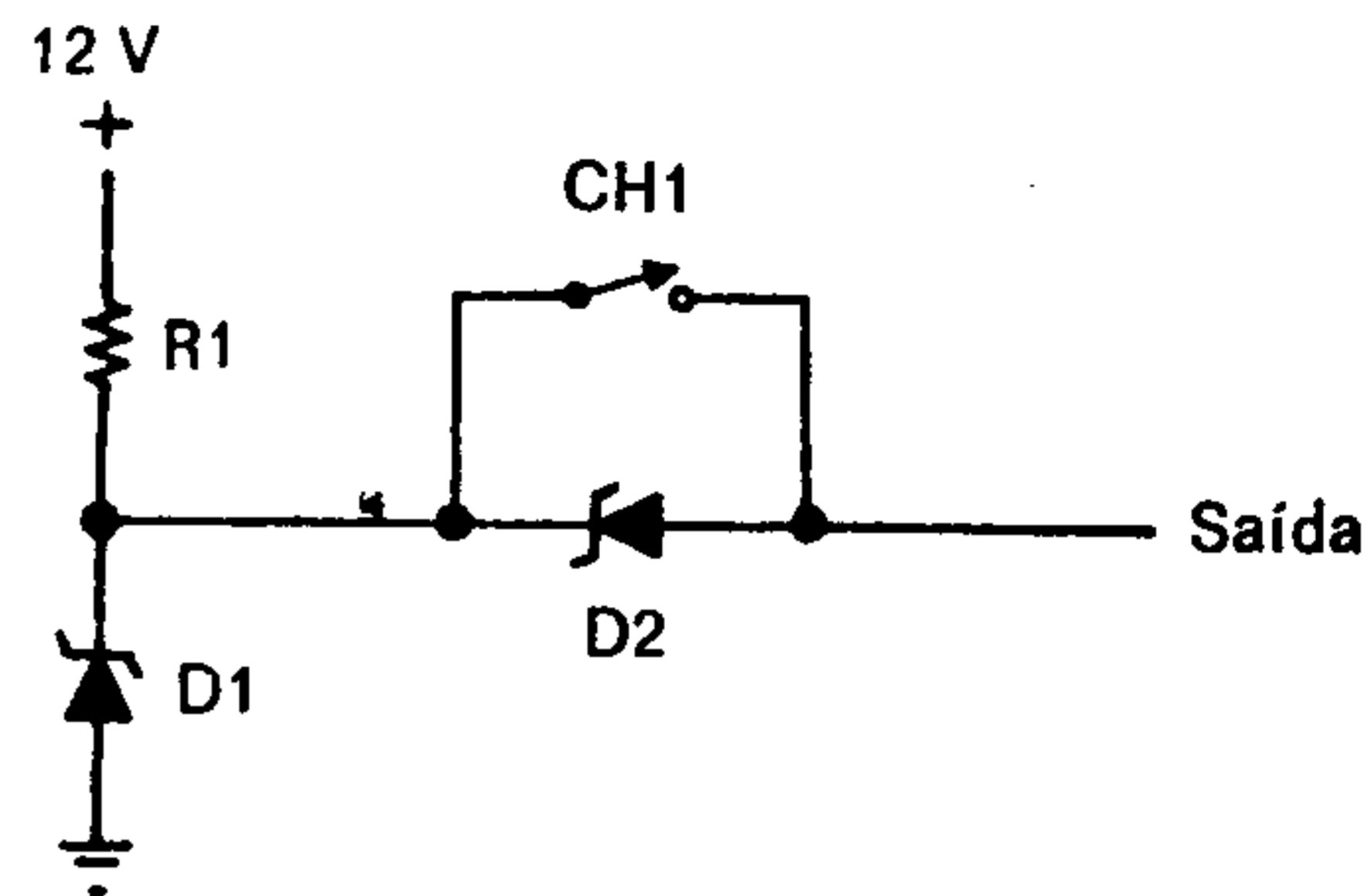
#### LISTA DE MATERIAL

D1 — diodo zener, 3 V  
 D2 — diodo zener, 6,2 V  
 D3 — diodo zener, 12 V  
 D4 — diodo zener, 24 V  
 CH1 a CH4 — interruptores simples

### CIRCUITO 37

#### Diodo Zener como Resistor de Queda

O zener é um diodo que fornece uma tensão de referência e que pode ser usado também para produzir uma queda de tensão em substituição a um resistor, uma vez que a queda de tensão sobre ele é constante.



CIRCUITO 37

No circuito 37 os dois diodos zener são usados como exemplo. O zener D1 estabiliza a tensão em 9,1 V.

Com a chave aberta, a corrente de saída atravessa D2, e há uma queda de tensão de 3 V. Desta forma, com a chave aberta a tensão de saída será de 6 V, enquanto que com a chave fechada a saída será de 9 V. A única consideração a ser feita é quanto à dissipação de potência dos diodos zener, que deverá ser adequada às condições do circuito sob alimentação.

A grande vantagem do zener sobre o resistor de queda é que a tensão sobre ele é praticamente independente da corrente que o atravessa.

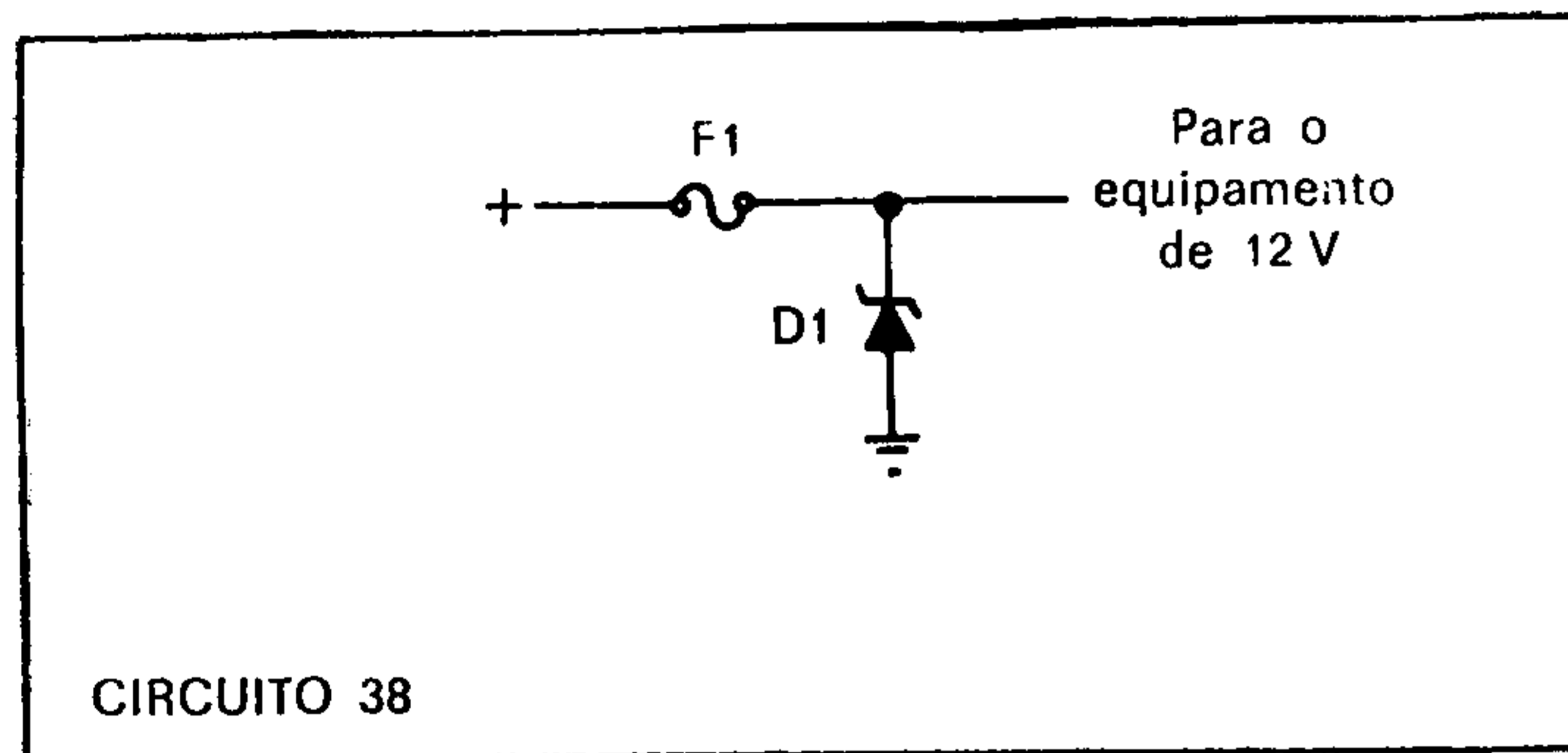
#### LISTA DE MATERIAL

D1 — diodo zener, 9,1 V, 1 W  
 D2 — diodo zener, 3 V, 1 W  
 R1 — 470  $\Omega$ , 1 W  
 CH1 — interruptor simples

## CIRCUITO 38

### Proteção contra Sobretensões

Este é um circuito simples de proteção contra sobretensões em equipamentos alimentados por 12 V, que poderiam ser danificados com tensões acima de 15 V. Isto pode ocorrer com equipamentos ligados, por exemplo, à bateria de um carro.



CIRCUITO 38

No circuito acima, se a tensão ultrapassar 15 V, o diodo zener irá conduzir, permitindo a passagem de uma grande corrente e, com isso, o fusível queimará, desligando a alimentação.

O zener especificado é para 10 W, uma vez que o fusível é de 500 mA e o diodo terá de agüentar essa corrente até que o fusível queime.

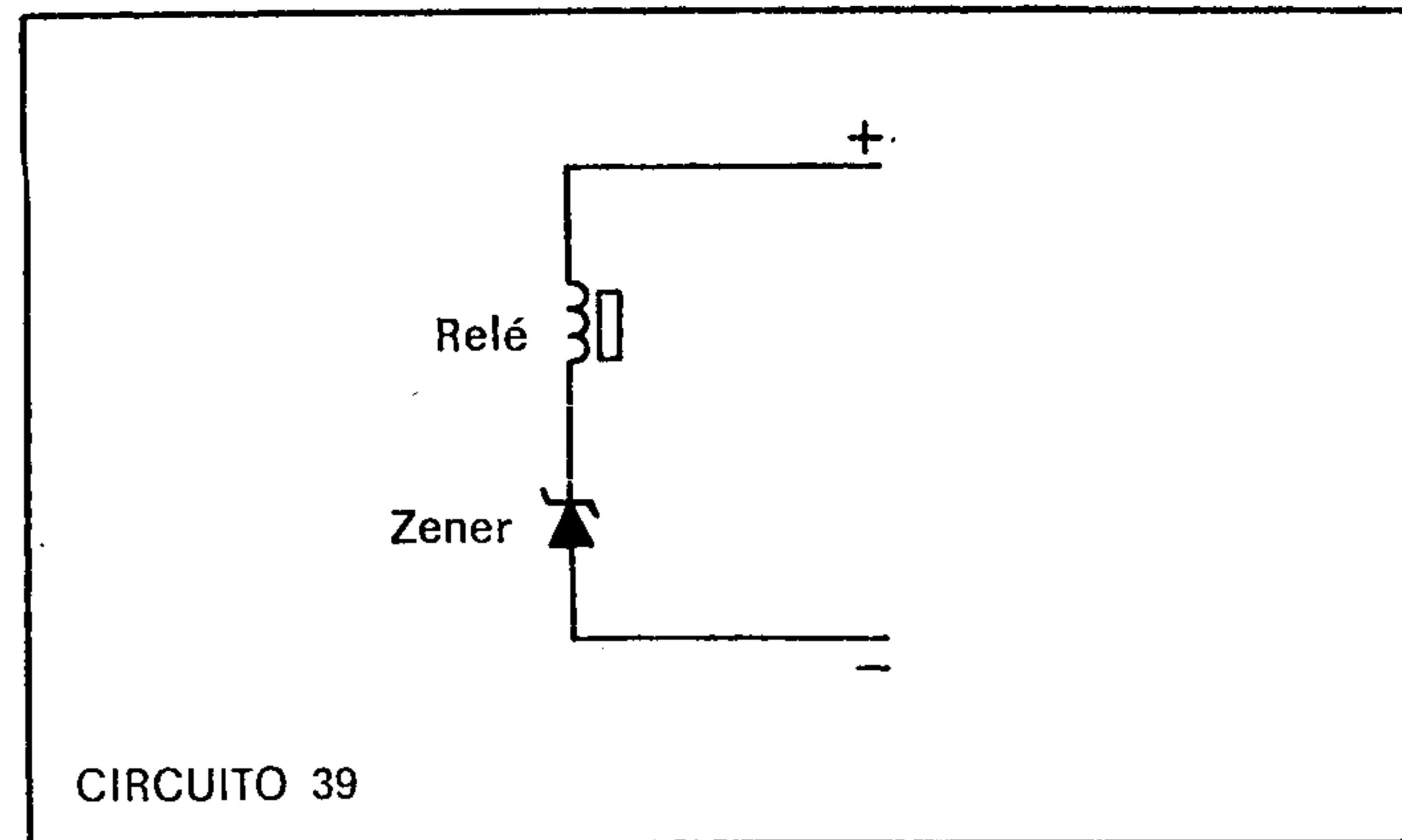
#### LISTA DE MATERIAL

D1 — diodo zener de 15 V, 10 W  
F1 — fusível para 500 mA

## CIRCUITO 39

### Melhorando o Desempenho de um Relé

O circuito 39 ilustra o uso de diodos zener para melhorar a razão de chaveamento entre as tensões de operação de um relé.



CIRCUITO 39

Para isso basta ligar um diodo zener em série com a bobina do relé.

Exemplo: suponha que um relé fecha seus contatos quando recebe 12 V na bobina e os abre quando recebe 3 V. A razão de chaveamento será 4 : 1.

Se, no entanto, um diodo zener de 7,5 V for conectado em série com a bobina do relé, a tensão de energização será:  $12 + 7,5 = 19,5$  V; e a tensão de desenergização passará a ser:  $3 + 7,5 = 10,5$  V. Assim, a razão de chaveamento irá subir para:  $19,5 : 10,5$ , ou seja, quase 2 : 1.

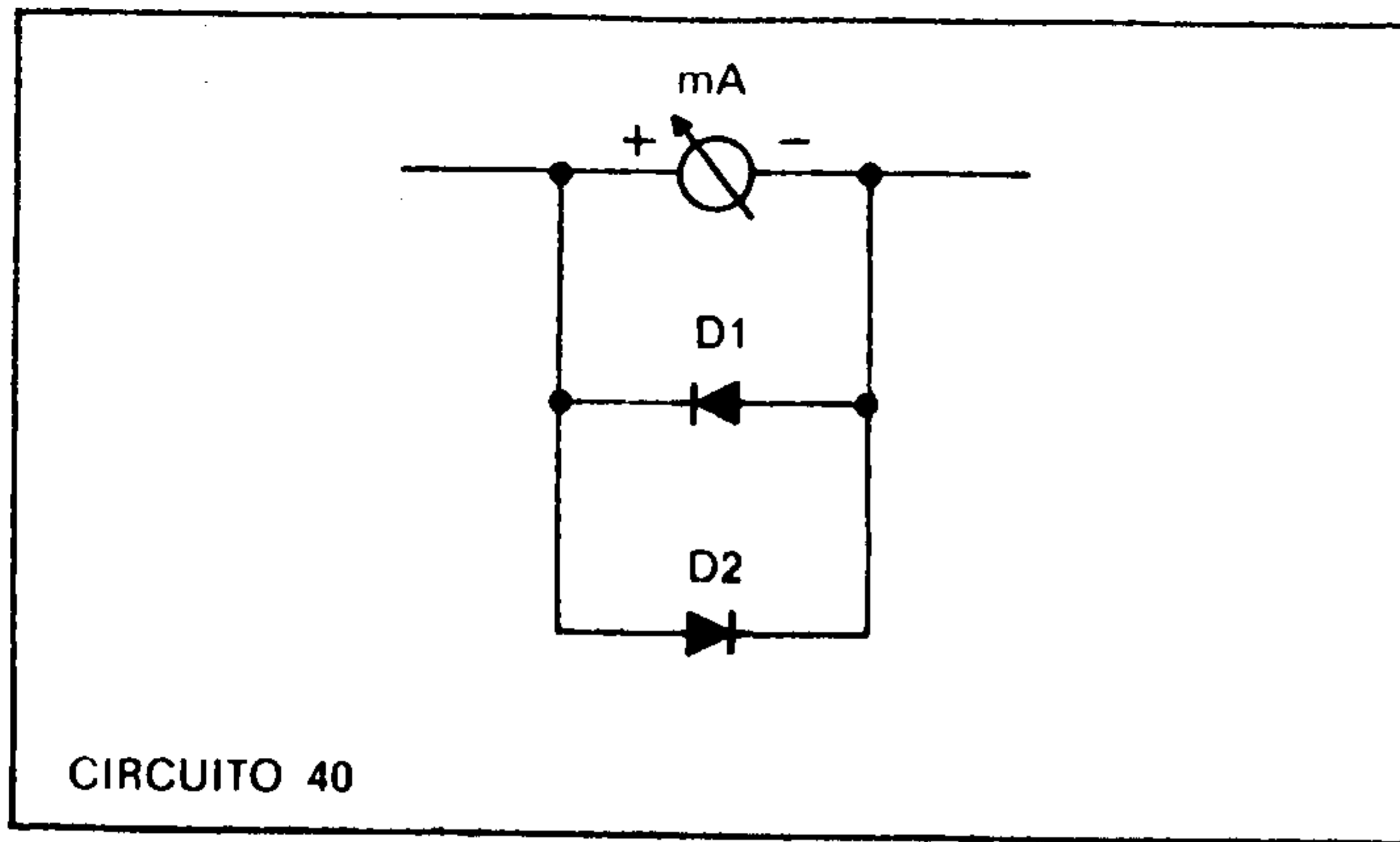
A razão de chaveamento no que diz respeito à corrente através da bobina permanecerá a mesma.

## CIRCUITO 40

### Proteção de Medidores

Este circuito simples proporciona uma proteção para medidores de 1 mA do tipo usado em multímetros de baixo custo.

O medidor pode suportar 2 a 3 vezes a corrente para máxima deflexão sem se danificar. Como os diodos passam a conduzir quando circula uma corrente de 2 mA entre os terminais do cir-



cuito, tal limite de sobrecarga do instrumento não será alcançado, e com isso o medidor ficará protegido.

Os diodos especificados são de pequenas dimensões, e podem ser soldados no circuito sem dificuldades.

#### LISTA DE MATERIAL

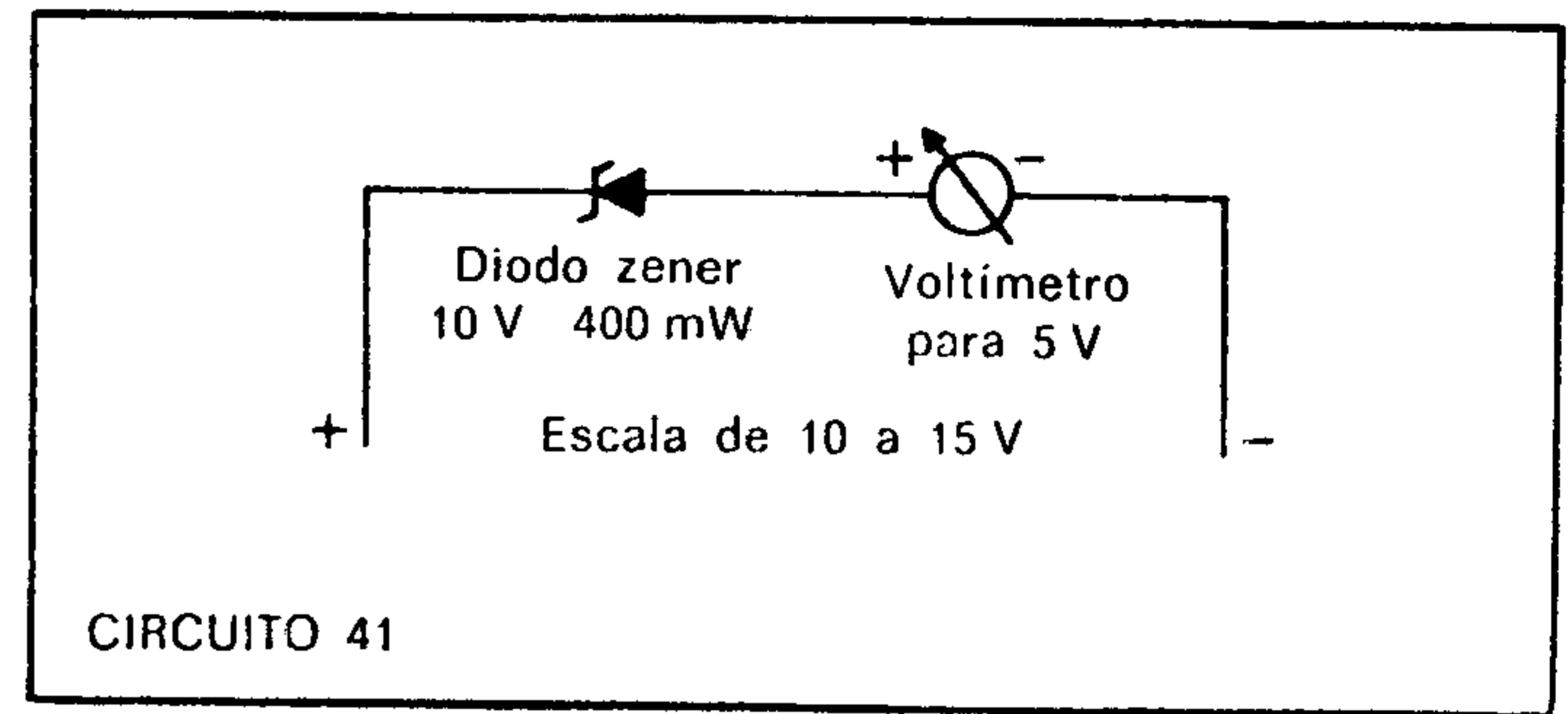
D1, D2 — diodos 1N4001 ou equivalente

### CIRCUITO 41

#### Voltímetro com Zero Suprimido

Para certas aplicações, o voltímetro com zero suprimido é mais útil que o do tipo convencional como, por exemplo, ao se verificar uma bateria de um automóvel (12V), na qual as tensões que interessam se acham compreendidas entre 0 e 15V. Tensões estas que são, respectivamente, a de uma bateria completamente descarregada e de uma bateria completamente carregada.

Se um diodo zener for conectado em série com um voltímetro, ele só irá conduzir quando a tensão do medidor ultrapassar a tensão de zener. No circuito 41, um diodo zener de 10V,



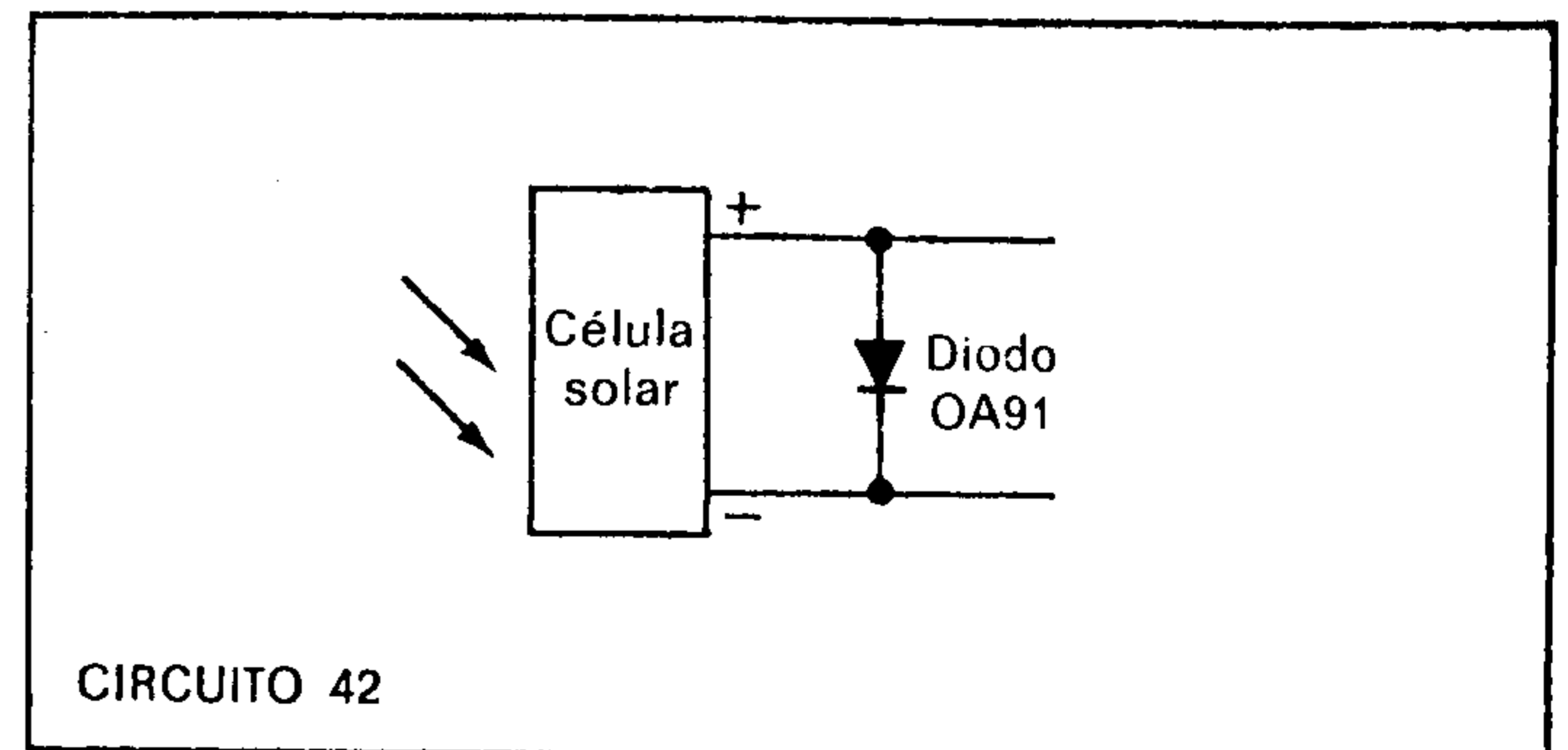
400mW, é conectado em série com um voltímetro de 5V. A escala do voltímetro deverá ser recalibrada, de 10 a 15V, em substituição às marcações anteriores (0 a 5V).

### CIRCUITO 42

#### Reguladores para Células Solares de Silício

Este é um modo simples de se estabilizar a saída de uma célula solar de silício ou, como é mais conhecida, uma "bateria solar", que varia consideravelmente com a luz aplicada.

Se um diodo de germânio (por exemplo, o OA91) for conectado em paralelo com a saída da célula, de forma a ficar pola-





rizada diretamente, ele atuará como um diodo zener de 0,2V, tornando a saída muito mais estável. Um exemplo de aplicação são os rádios do tipo regenerativo alimentados a energia solar. Esses rádios tornam-se instáveis em presença de luz muito forte. Quando adicionamos o diodo ao circuito, este se torna mais estável.

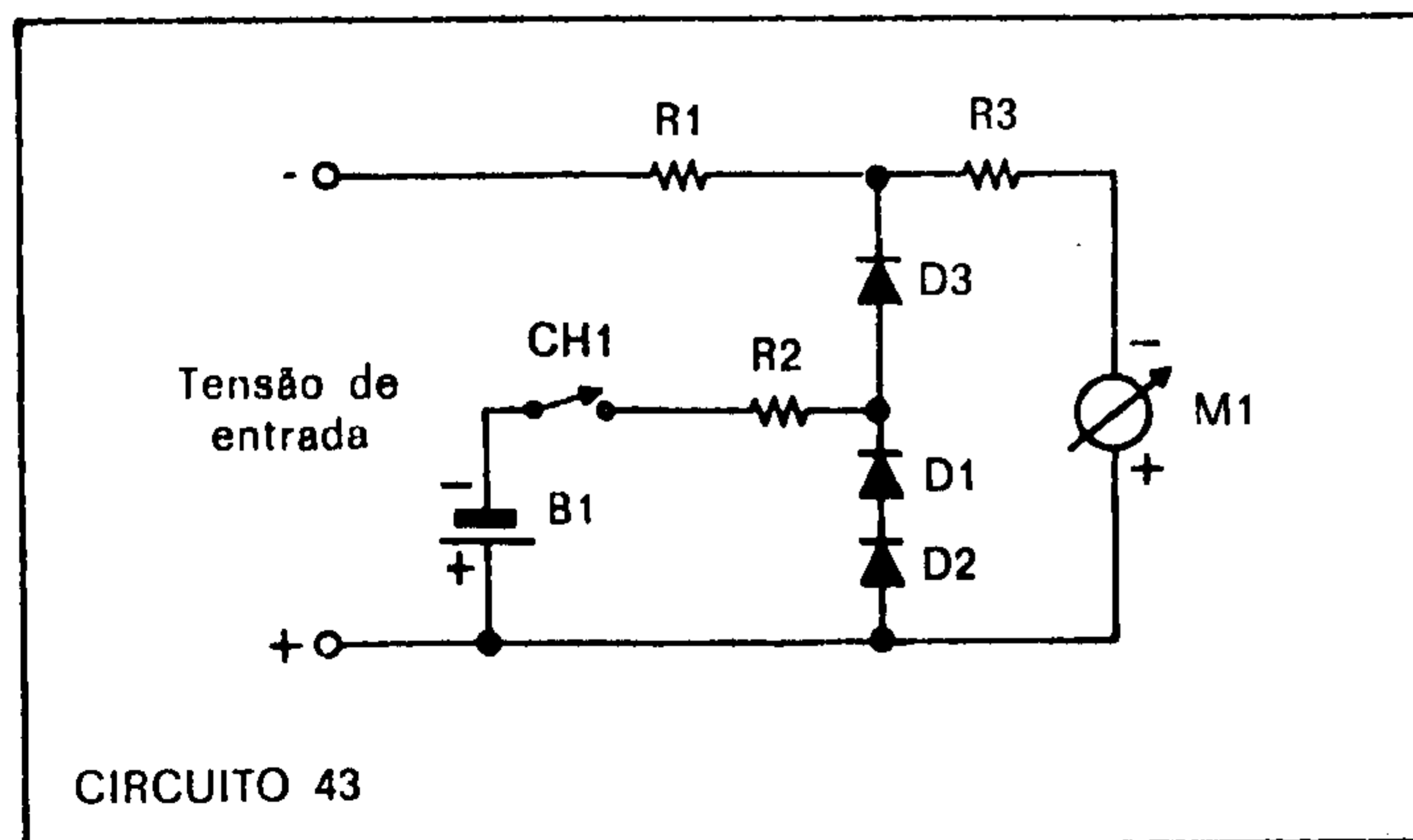
## CIRCUITO 43

### Voltímetro de Escala Logarítmica

O circuito a seguir apresentado é um voltímetro de escala logarítmica que possibilita a medição de pilhas de 1,5V e ba-

#### LISTA DE MATERIAL

D1 — diodo de germânio OA91  
 D2, D3 — diodo de silício 1N914 ou 1N4148  
 R1 — 2,2 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W  
 R2 — 1 k $\Omega$ , 1/4 W  
 R3 — 47 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W  
 B1 — pilha de 1,5 V  
 CH1 — interruptor simples  
 M1 — microamperímetro 0-50  $\mu$ A



terias até 9 V com a mesma escala. A escala é expandida até cerca de 2 V, sendo gradativamente comprimida até 10 V.

D1 e D2 são diodos de germânio e silício, respectivamente, polarizados diretamente, e que funcionam como um diodo zener de 1 V, uma vez que as quedas de tensão sobre eles são de aproximadamente 0,75 V para o de silício e 0,25 V para o de germânio.

Esta polarização de 1 V evita que D3 conduza enquanto a tensão de entrada não atingir 1 V. Desta forma, a escala de 1 V é linear.

Com tensões acima de 1 V, D3 irá conduzir, desviando a corrente do medidor, de modo que a escala torna-se não linear. Como resultado, teremos um voltímetro com escala aproximadamente logarítmica. O instrumento para este voltímetro deve ser de 50  $\mu$ A, e sua escala deverá ser recalibrada utilizando-se tensões-padrão até 10 V.

## CIRCUITO 44

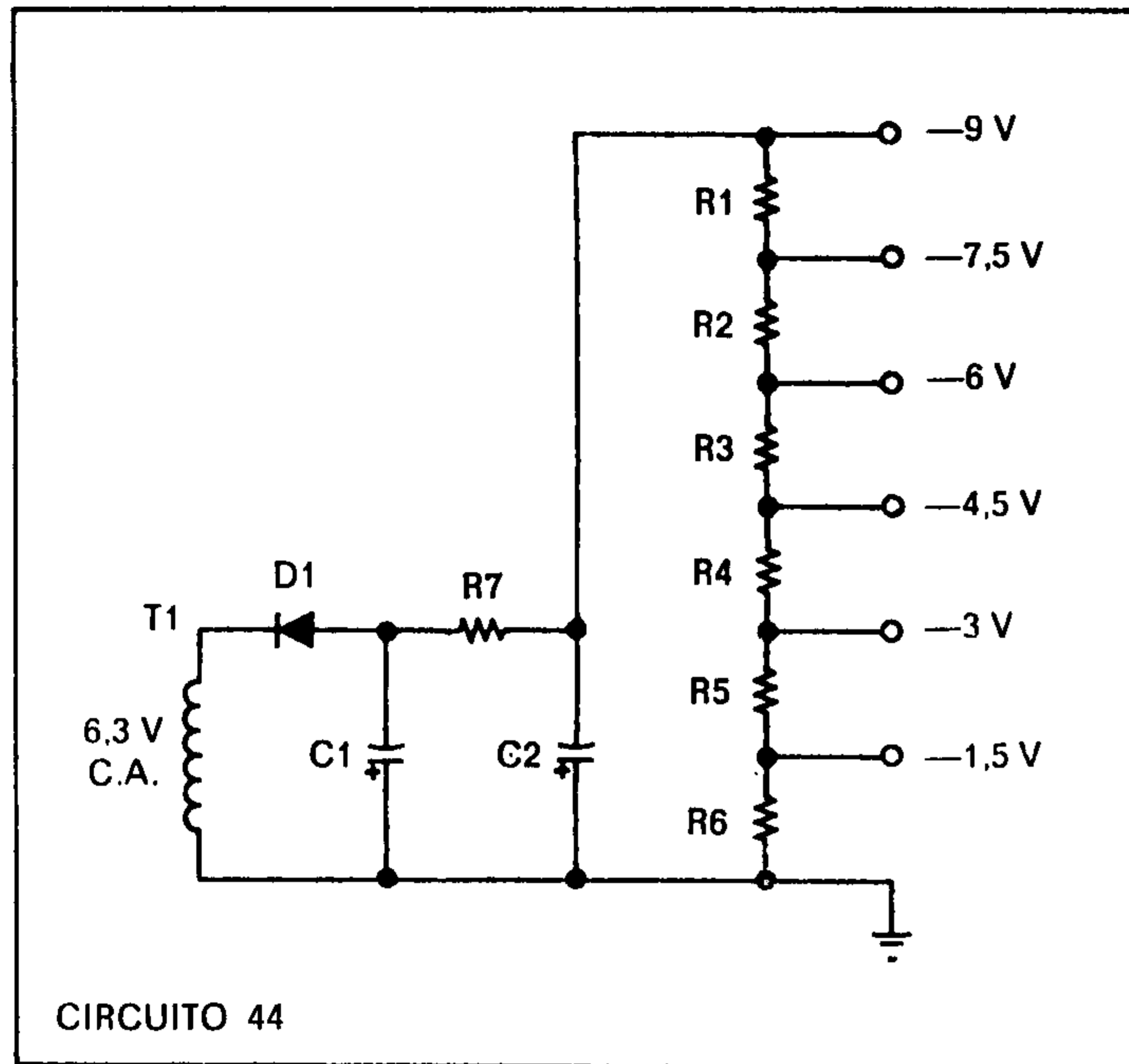
### Fonte para Polarização de Grades de Controle de Válvulas

Este é um circuito de uma fonte que fornece tensões de polarização negativas a partir de um enrolamento de 6,3 V C.A. de um transformador para filamentos. Esta fonte é particularmente interessante para os que desejarem modificar um daqueles antigos rádios a bateria e utilizá-los alimentados pela rede. Muitos desses rádios usavam baterias independentes para alta tensão, baixa tensão e polarização de grade. Este circuito fornece saídas de 1,5, 3, 4,5, 6, 7,5 e 9 V.

O diodo de germânio OA91 é usado como retificador, tendo em vista ser pequena a corrente de saída requisitada.

#### LISTA DE MATERIAL

D1 — diodo OA91  
 R1 a R6 — 100 k $\Omega$ , 1/4 W  
 R7 — 1 k $\Omega$ , 1/4 W  
 C1, C2 — 10  $\mu$ F, 16 V, eletrolíticos  
 T1 — transformador de filamento: primário, tensão da rede; secundário, 6,3 V



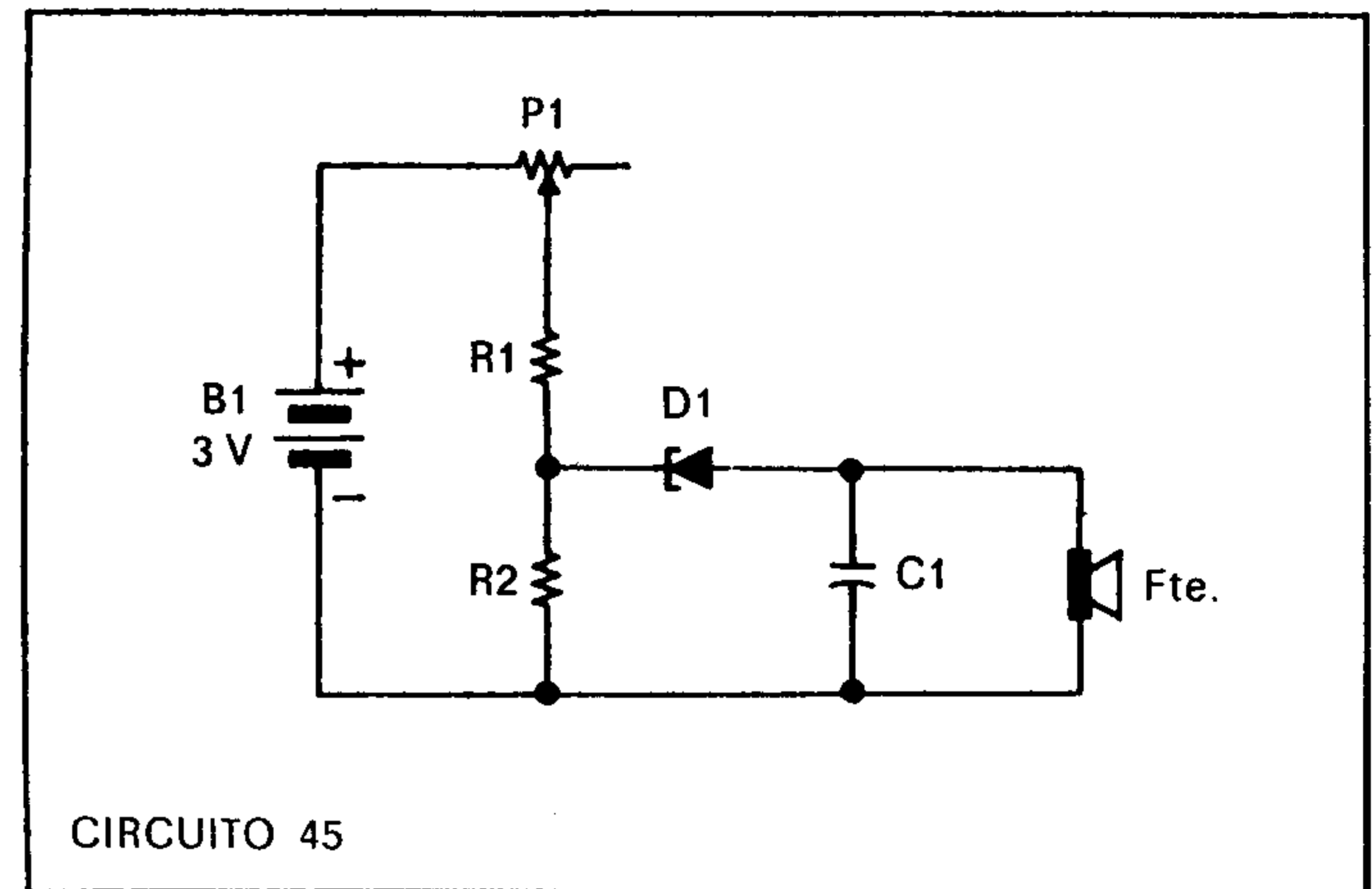
CIRCUITO 44

## CIRCUITO 45

### Oscilador com Diodo Túnel

Este é um oscilador de áudio que utiliza um diodo túnel como componente ativo. P1, R1 e R2 formam uma alimentação de baixa impedância para o diodo, sendo que P1 controla o ponto de operação do circuito, ajustando-o para as oscilações mais audíveis. O alto-falante é do tipo miniatura, de 8  $\Omega$ , muito usado em pequenos rádios transistorizados.

Devemos ressaltar que o presente circuito é de caráter experimental, e que alguns ajustes nas condições de operação do



CIRCUITO 45

diodo túnel podem ser necessários para seu perfeito funcionamento.

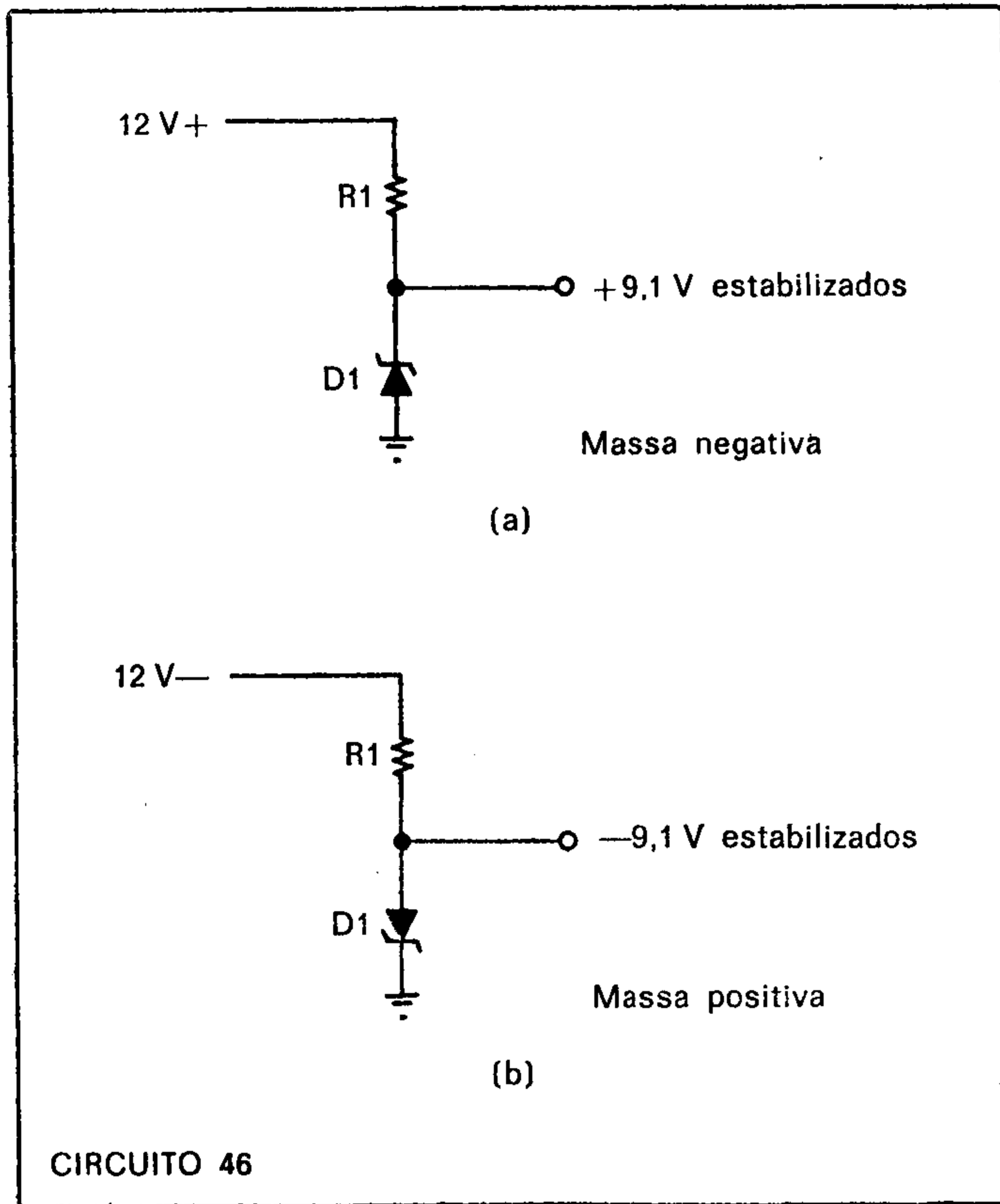
#### LISTA DE MATERIAL

- D1 — diodo túnel AEY11 ou equivalente
- P1 — 1 k $\Omega$ , potenciômetro de fio
- R1 — 47  $\Omega$ , 1 W
- R2 — 10  $\Omega$ , 1 W
- C1 — 0,47  $\mu$ F, capacitor de poliéster
- B1 — 3V (duas pilhas de 1,5 V)
- FTE — alto-falante miniatura de 8  $\Omega$

## CIRCUITO 46

### Usando Diodos Zener

Os diodos zener nos proporcionam um meio simples de se obter tensões reguladas. Nos circuitos 46a e 46b, uma tensão estabilizada de 9 V é conseguida partindo-se de uma tensão de



entrada de 12 V. O resistor R1 limita a corrente máxima que pode atravessar o zener.

Como podemos ver, nos circuitos 46a e 46b os diodos zener estabilizam tanto tensões positivas como negativas.

Dependendo da potência máxima que pode ser dissipada pelo zener, teremos um valor máximo de corrente que poderá circular pelo mesmo, a qual ocorre quando não há carga conec-

tada ao circuito. Essa corrente pode ser calculada da seguinte maneira:

$$\text{Potência nominal} = \text{tensão de zener} \times \text{corrente}$$

$$\text{Corrente máxima} = \frac{\text{potência nominal}}{\text{tensão de zener}}$$

Para um diodo de 400 mW:

$$\text{Corrente máxima} = \frac{400 \text{ mW}}{9,1 \text{ V}} = 44 \text{ mA}$$

Para contar com uma margem de segurança, a corrente deve ser limitada em 40 mA.

Se quiséssemos uma tensão de 18 V, poderíamos usar um zener de 18 V, 400 mW, que admitiria uma corrente máxima de 20 mA. Entretanto, se utilizarmos dois diodos zener de 9,1 V, 400 mW, em série, contaremos com dois diodos que podem suportar 40 mA. Com isso, conseguiremos um zener de 18 V, 800 mW.

#### LISTA DE MATERIAL

D1 — diodo zener de 9,1 V, 400 mW  
R1 — 680 Ω, 1/2 W

## CIRCUITO 47

### Regulador de Tensão Usando Zener, Diodo e Transistor

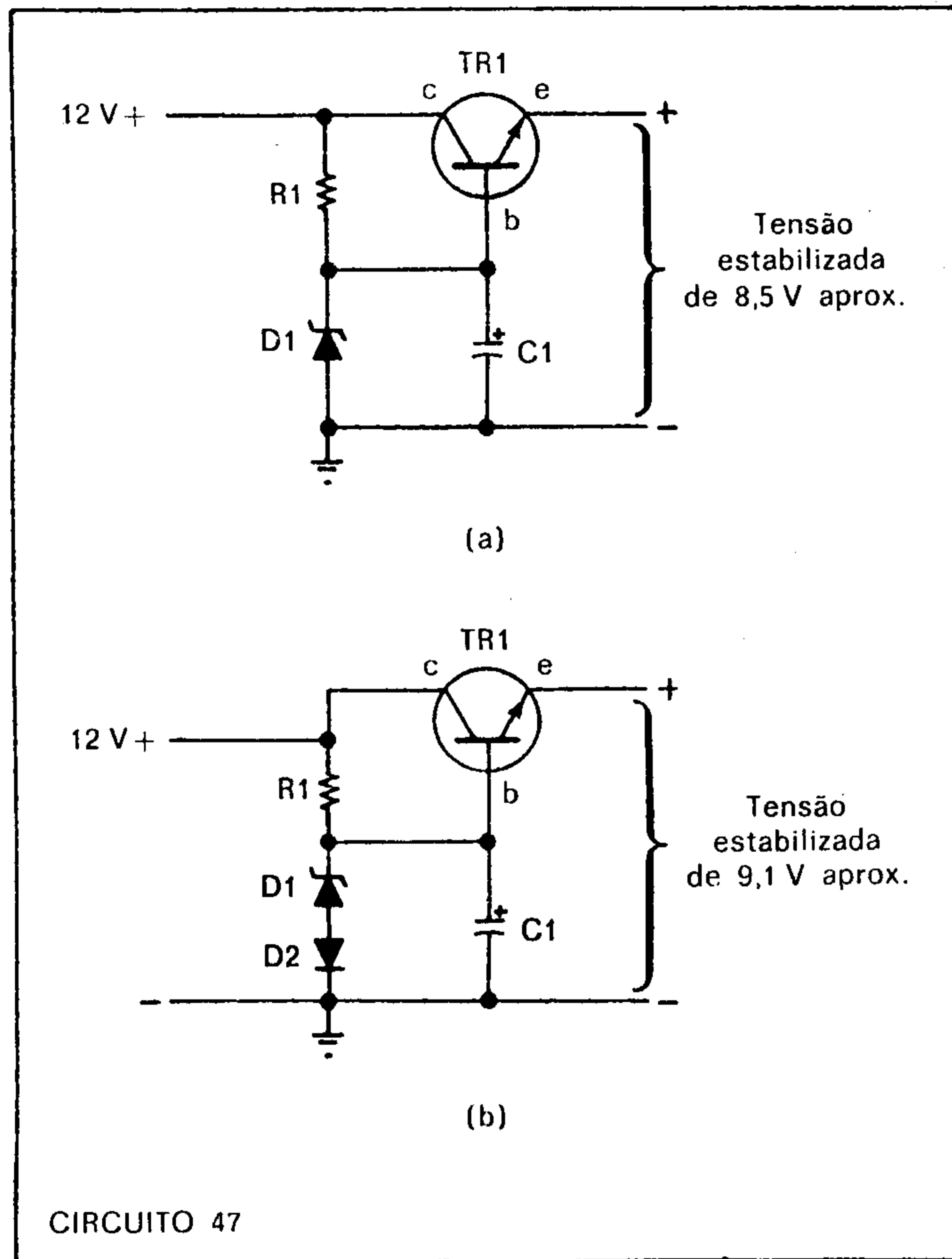
Se necessitarmos de uma fonte de alimentação regulada capaz de fornecer grandes correntes, poderemos usar um diodo zener de alta dissipação, como 10 ou 20 W. No entanto, é mais econômico usar um diodo zener de baixa dissipação para polarizar um transistor de potência.

O transistor poderá entregar correntes de vários ampères, enquanto que o diodo zener servirá apenas para fornecer uma referência de tensão para o transistor, como no circuito 47a.

Uma desvantagem deste circuito é que existe uma queda de tensão sobre o transistor, de modo que a tensão de saída será a diferença entre a tensão do zener e a queda sobre o



transistor. Um modo simples de se corrigir isto é conectar um diodo de silício em série com o diodo zener, de modo que a queda de tensão sobre o transistor seja compensada por um



aumento similar na tensão entre sua base e a massa (queda de tensão direta do diodo).

Tal modificação é fornecida no circuito 47b. Pode-se utilizar também um diodo zener com uma tensão um pouco maior que a desejada. Por exemplo, se quisermos 6 V, ao invés de um zener de 6,2 V, deveremos usar um zener de 6,8 V.

#### LISTA DE MATERIAL

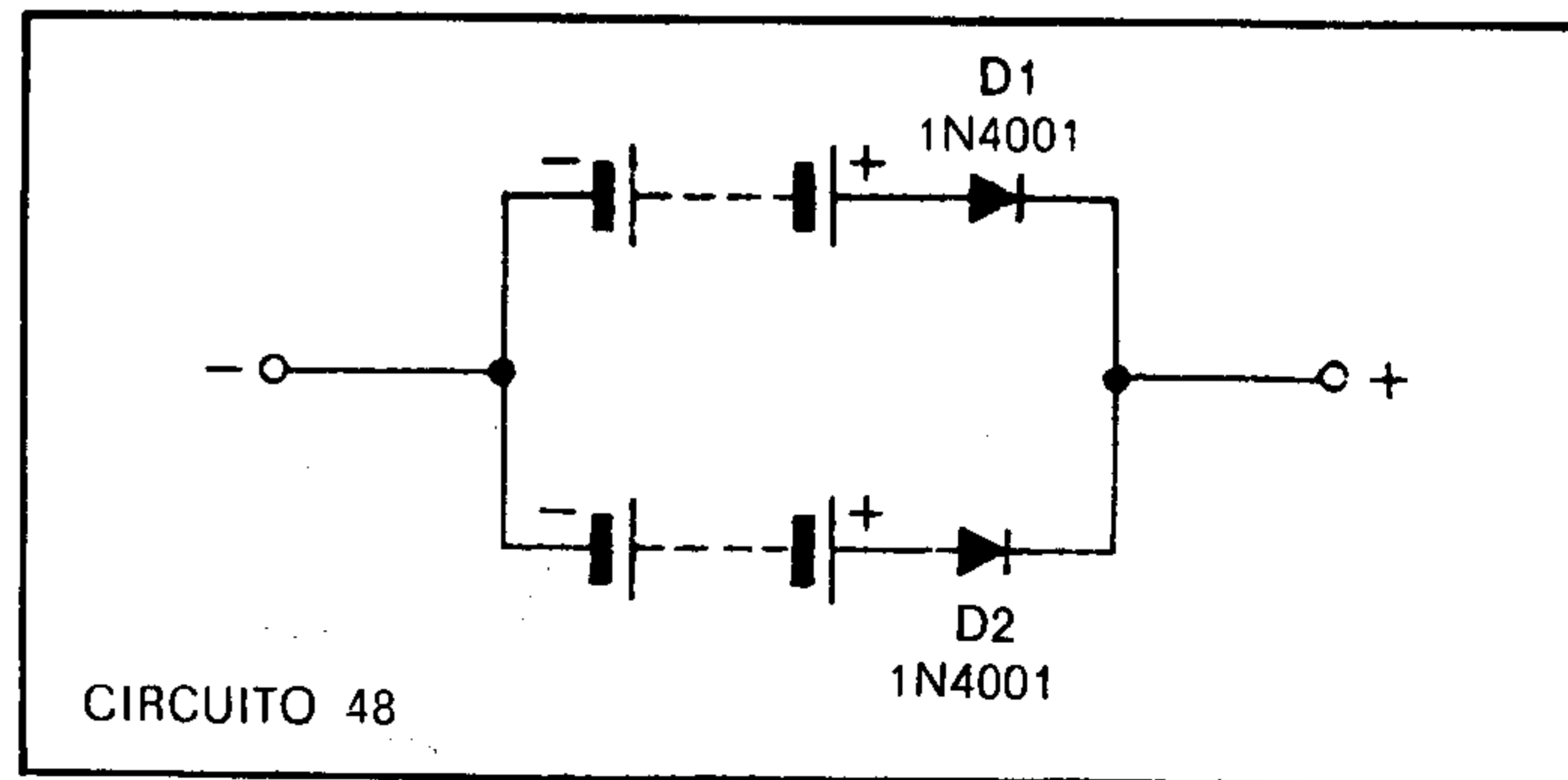
- TR1 — transistor de silício tipo 2N3055 ou equivalente
- D1 — diodo zener de 9,1 V, 400 mW
- D2 — 1N4001, diodo de silício
- R1 — 680  $\Omega$ , 1/2 W
- C1 — 10  $\mu$ F, 16 V, eletrolítico

### CIRCUITO 48

#### Ligando Baterias em Paralelo

Quando ligamos baterias em paralelo, uma pode descarregar-se através da outra, devido à diferença nas resistências internas existente mesmo em baterias aparentemente iguais. No entanto, se um diodo de silício for conectado em série com cada uma das baterias, tal problema será solucionado, uma vez que a corrente só pode circular em um único sentido, ou seja, através da carga.

Os diodos empregados devem ser capazes de suportar a corrente solicitada pela carga. Se uma corrente maior que 1 A



for requisitada, diodos para maiores correntes, como 3 A, 10 A ou 35 A, deverão ser usados.

Apesar de duas baterias serem mostradas no diagrama, qualquer número delas pode ser ligado em paralelo, desde que cada uma tenha seu próprio diodo.

## CIRCUITO 49

### Comutação Automática Bateria/Rede Elétrica

Este é um circuito simples a diodo, que comuta a alimentação da bateria para uma fonte de alimentação a partir da rede elétrica.

Para uma comutação confiável, é importante que a tensão de alimentação proveniente da rede elétrica seja um pouco maior (cerca de 1 V) que a fornecida pela bateria. A alimentação proveniente da rede, estabilizada por diodo zener, garantirá um funcionamento seguro para o circuito.

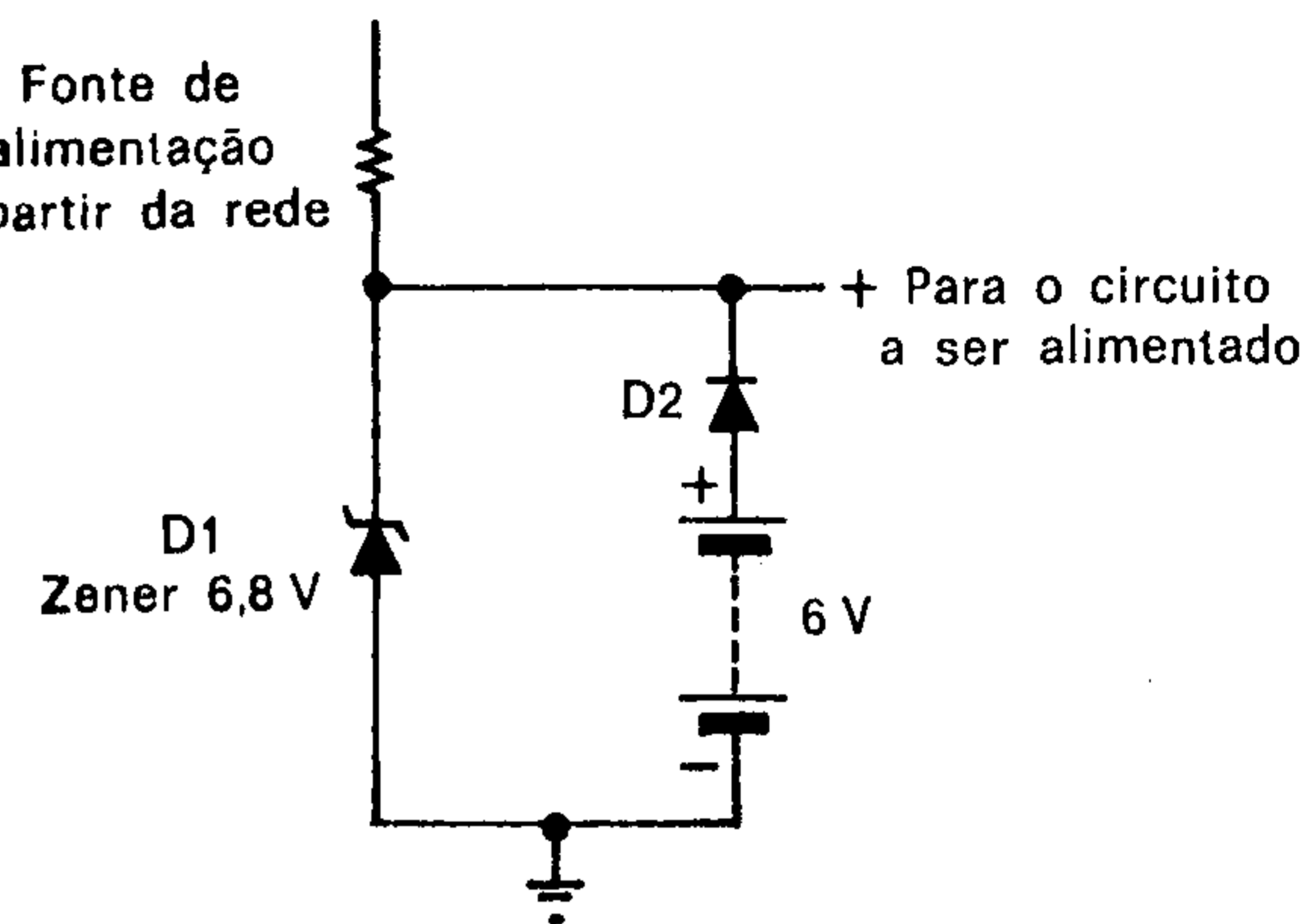
Pelo diagrama (a) podemos perceber que quando a tensão é fornecida pela rede, o potencial no catodo de D2 é 6,8 V, enquanto que em seu anodo a tensão é de apenas 6 V, tornando o anodo negativo em relação ao catodo. Em outras palavras, o diodo fica polarizado inversamente, e não conduzirá. Desta forma, nenhuma corrente é drenada da bateria.

Caso a alimentação da rede seja suprimida, D2 conduzirá, e a bateria passará a fornecer corrente para o circuito a ser alimentado.

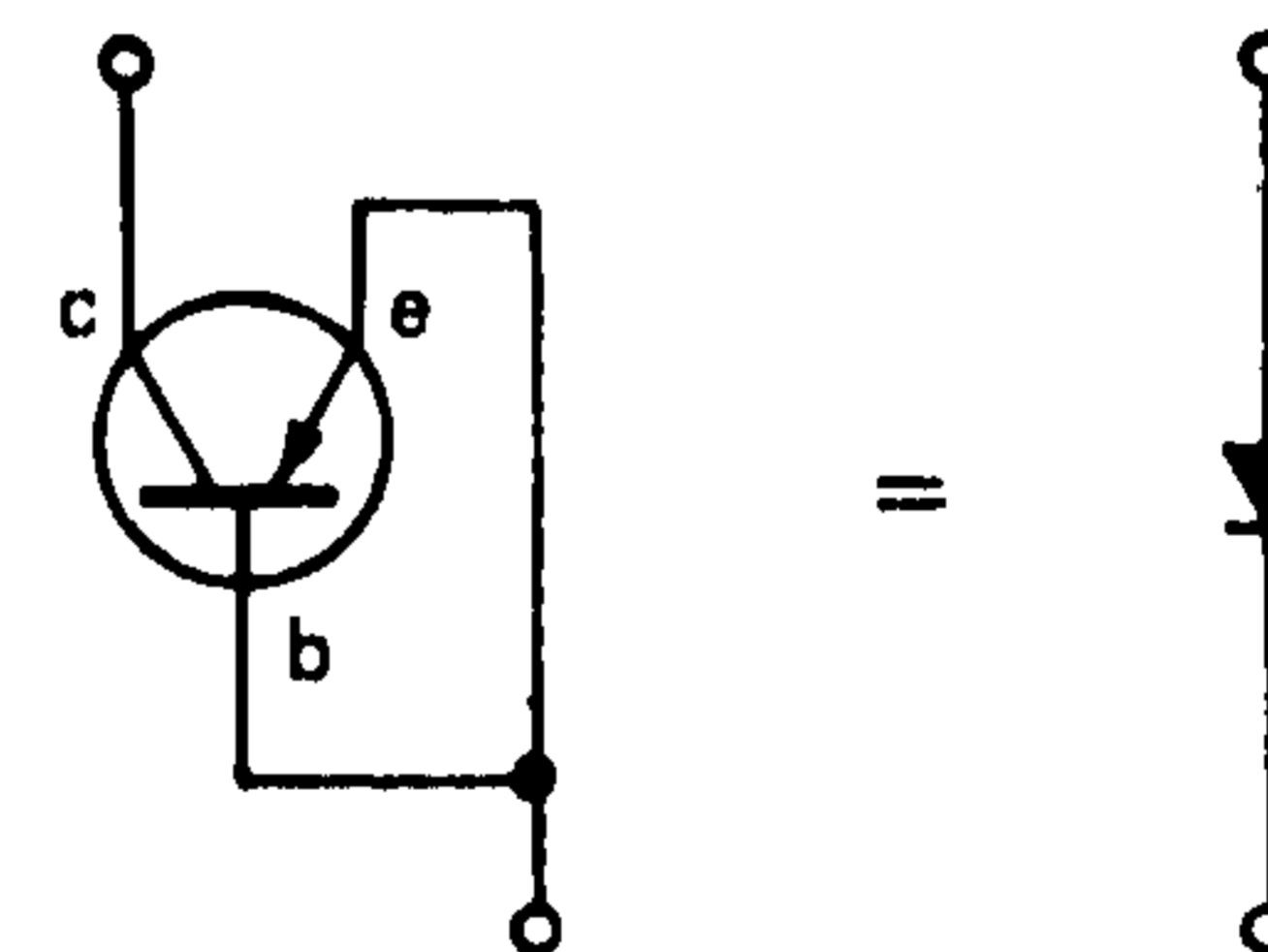
Para tornar mínima a queda de tensão sobre o diodo, devemos utilizar unidades de germânio. Se um diodo deste tipo não puder ser obtido, é válido um transistor de potência de germânio, tipo p-n-p, ligando o emissor à base, a qual passará a corresponder ao catodo do diodo, ficando o coletor fazendo as vezes do anodo.

Se uma queda de tensão maior sobre o diodo puder ser admitida, utilizaremos um diodo de silício. Para a escolha do diodo devemos levar em conta a corrente que fluirá através dele, ou seja, a mesma requisitada pelo circuito a ser alimentado. Se essa corrente for muito pequena (menor que 5 mA), podemos utilizar o diodo de germânio OA91.

Fonte de  
alimentação  
a partir da rede



(a)



(b)

CIRCUITO 49

## CIRCUITO 50

### Proteção contra Inversão de Polaridade com Retificadores em Ponte

Com um circuito eletrônico projetado para funcionar alimentado por uma bateria de 12 V. como, por exemplo, equipamentos para o carro, televisores portáteis, etc., existe sempre o risco de conectarmos a bateria com a polaridade invertida, e conseqüentemente danificar o aparelho.

Se o aparelho for ligado à bateria através de uma ponte retificadora, esta fornecerá sempre a polaridade correta, independente da posição dos fios ligados à bateria, evitando desta forma que danifiquemos o aparelho.

Os diodos poderão ser do tipo 1N4001 se a corrente solicitada não for superior a 1 A.

