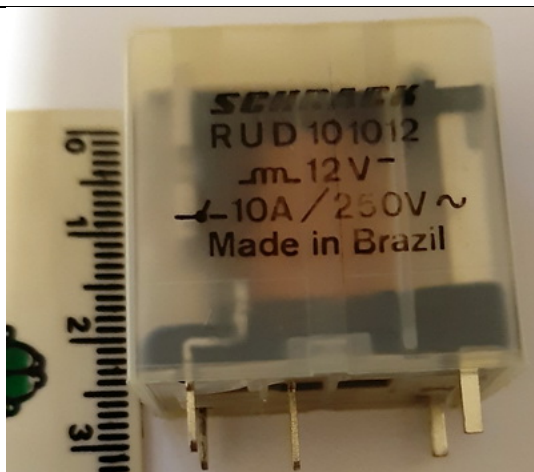


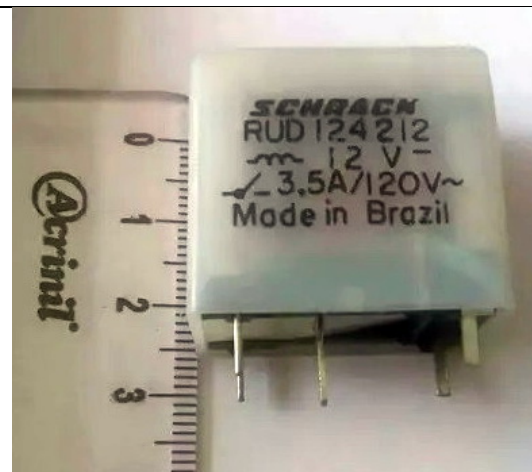
PROJETO MULTITIMER

O presente projeto é uma readaptação do Multitimer publicado na revista Nova Eletrônica número 38 de abril de 1980, onde o layout e o esquemático do circuito foram redesenhados para compatibilização com a atual realidade.

O Multitimer é um aparelho controlador de tempo programável, permitindo a ligação de aparelhos (outlet) cujo consumo fica por conta das características dos contatos do relê utilizado. Alterações nas características do relê utilizado, implicará na alteração das características dos contatos do relê. Este projeto foi concebido para a utilização do relê RUD 101012 (alimentação da bobina 12VDC), podendo ser utilizado relê similar, conforme sugestão abaixo:



Relê - alimentação 12 volts DC
Contatos: 10A / 250V



Relê - alimentação 12 volts DC
Contatos: 3,5A / 120V

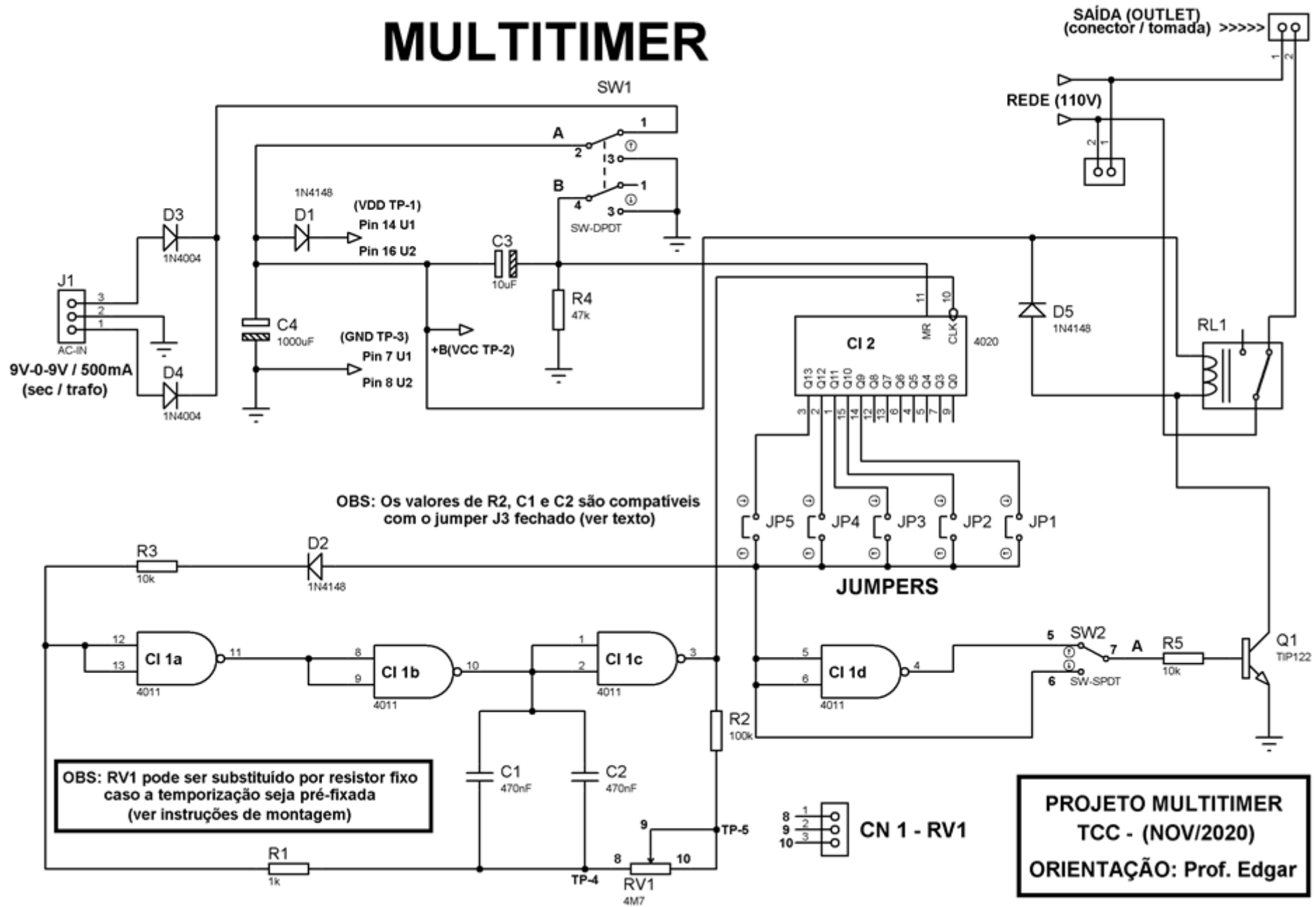
A faixa de operação é fixada pelos CI-1 (oscilador) e CI-2 (divisor de frequência) através da chave de programação SW2, conforme ilustra o esquema a seguir.

Funciona de duas formas:

- 1 – Previamente desligado e após certo tempo ligado
- 2 – Previamente ligado e após certo tempo desligado

Daí então, a grande utilidade do Multitimer que envolve inúmeras aplicações do cotidiano.

MULTITIMER



BLOCOS QUE FORMAM O MULTITIMER:

1 - FONTE

O retificador é do tipo onda completa, sendo os diodos D3 e D4 usados como retificadores e o capacitor C4 como filtro.

O transformador é do tipo secundário com CT (9V – 0 – 9V)

Essa fonte fornece uma tensão de saída de 12 volts. A chave SW1 tem duas posições:

1. Direto: fará com que o dispositivo forneça energia diretamente da rede (outlet), sem interferência do temporizador.
2. Ligado: fará com que a saída do dispositivo (outlet) seja controlada pelo circuito temporizador.

2 – OSCILADOR - GERADOR DE CLOCK

O circuito oscilador é formado pelo CI-1 (CD4011 - Quad 2-Input NAND Buffered Gate) seções "a, b e c" cuja frequência de oscilação é controlada pelo potenciômetro RV1, a seção "d" desse CI opera como parte da chave eletrônica em conjunto com Q1.

No pino 3 do CI-1 temos então a saída dos pulsos de clock que são aplicados no pino 10 do CI-2 (divisor de frequência).

O pino 11 do CI-2 habilita ou desabilita o mesmo. Quando a chave SW1-B estiver na posição 3 o CI-2 estará desabilitado.

Essa frequência pode ser calculada pela fórmula:

$$T = 1,4(R2 + RV1)(C1 + C2)$$

Logo: $f = 1/T$

Onde adotamos $C1 = C2 = 470\text{nF}$; $R2 = 100\text{k}$ (outros valores poderão ser adotados – veja apêndice 2)

Assim, quando RV1 estiver no seu valor mínimo, teremos:

$$T = 1,4R2 (C1 + C2)$$

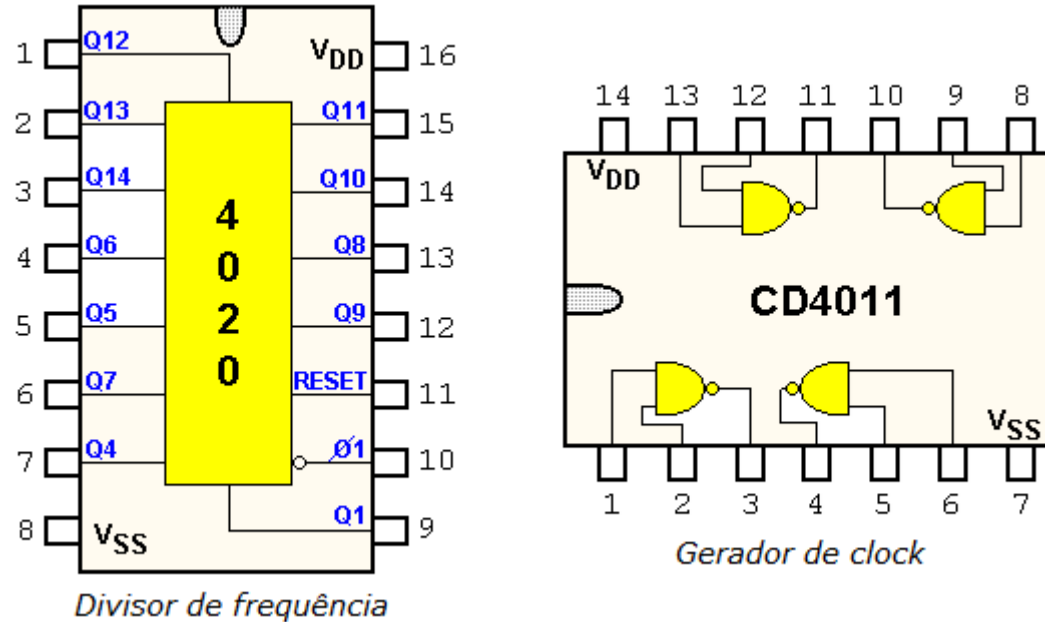
Substituindo os valores, temos:

$$T = 1,4 \times 100\text{k} \times 0,94 \times 10^{-6} = 0,132\text{s}$$

Quando RV1 estiver no seu valor máximo, teremos:

$$T = 1,4(100\text{k} + 4,7\text{M})(0,94 \times 10^{-6}) = 6,32\text{s}$$

Este oscilador funcionará como clock para o CI-2, que é um divisor de frequência.



O potenciômetro RV1 poderá ser substituído por um conjunto de chaves HH ou uma chave rotativa (tipo chave de onda ou chave seletora) como será visto posteriormente.

R3 e D2 inibem o oscilador ao término do tempo programado, fazendo que o dispositivo fique permanentemente ligado ou desligado (independentemente do modo de operação) até que o temporizador seja desligado da rede.

2 – DIVISOR DE FREQUÊNCIA

O CI-2, (CD 4020 14-Stage Ripple Carry Binary Counters) é o responsável pela divisão da frequência do clock na entrada.

Para o CI CD4020, a divisão da frequência de entrada ocorre nos pinos (conexão jumper) 1, 2, 3, 14 e 15 assim disposta:

- Jumper 1 (J1) divide por 512
- Jumper 2 (J2) divide por 1.024
- Jumper 3 (J3) divide por 2.048
- Jumper 4 (J4) divide por 4.096
- Jumper 5 (J5) divide por 8.192

Estando por exemplo, o jumper 3 (pino 1) fechado, a divisão da frequência de clock proveniente do oscilador, será de 2.048 ciclos (2^{11}) ocorrendo assim, uma elevação do nível do sinal de saída. Neste caso, o pino 1 é a saída do divisor.

Se mudarmos o jumper para o pino 15 (jumper 2) por exemplo, então a saída será no pino 15 (divide por 1024).

Se a entrada é dividida por 2.048, podemos calcular o tempo que a saída mudará de estado, multiplicando o período de clock por 2.048. Com base no cálculo anterior mostrado na página 3, onde $C1 = C2 = 470\text{nF}$; $R2 = 100\text{k}$ e $RV1 = 4,7\text{M}\Omega$:

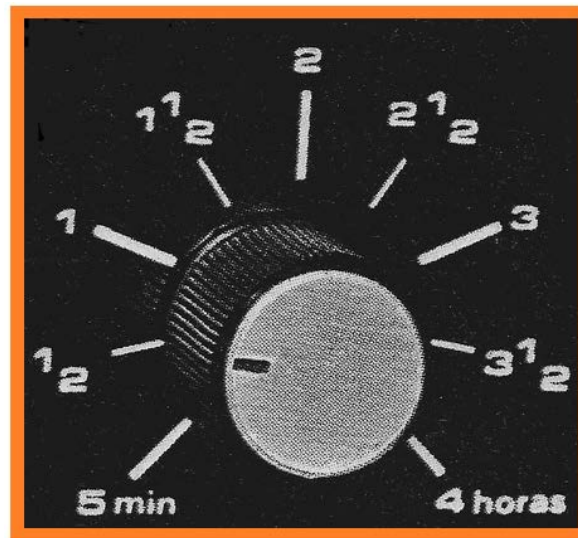
Tempo mínimo: $0,132 \times 2.048 = 270,3\text{s} = 4,51 \text{ minutos} \approx 5 \text{ minutos}$

Tempo máximo: $6,32 \times 2.048 = 12.943,6\text{s} = 3,59 \text{ horas} \approx 4 \text{ horas}$

OBS: o tempo mínimo refere-se quando o potenciômetro RV1 está com seu valor mínimo de resistência e o tempo máximo considera o potenciômetro RV1 com o seu valor máximo de resistência, lembrando que o potenciômetro RV1 poderá ser substituído por um conjunto de chaves HH ou uma chave rotativa, conforme veremos adiante.

Os tempos calculados anteriormente podem sofrer pequenas alterações, levando-se em consideração a tolerância dos componentes que formam o circuito.

Daí, podemos utilizar os valores de resistência para qualquer posição do potenciômetro RV1, caso se opte por usá-lo, e calibrá-lo construindo uma escala relacionando-a com os tempos calculados.

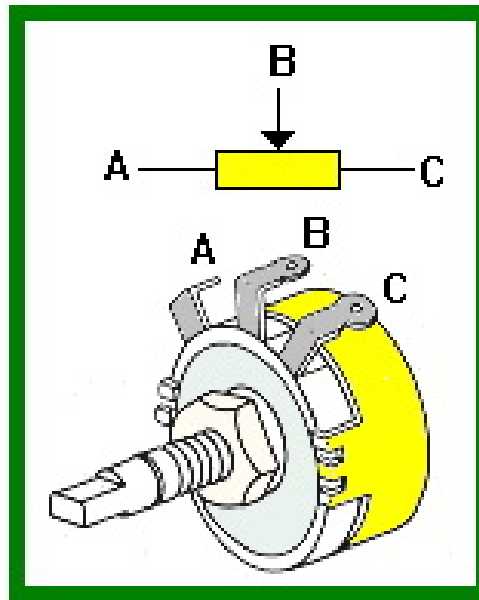


Substituindo o potenciômetro por uma chave de ondas (rotativa) ou um conjunto de chaves HH com o número de posições adequadas, conforme o projeto de temporização desejado, os valores dos resistores fixos devem ser calculados em função da temporização desejada, lembrando sempre que o CI-2 (CD4020) permite várias opções de divisão de frequência, conforme visto anteriormente.

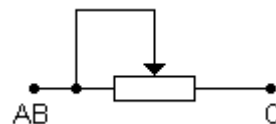
OPÇÃO 1 – UTILIZAÇÃO DE CHAVE DE ONDA (CHAVE SELETORA)

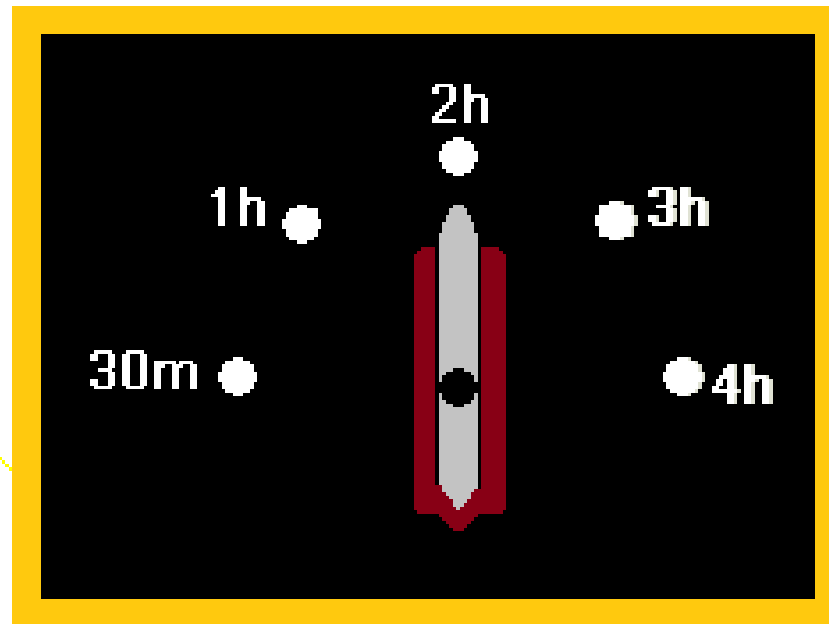
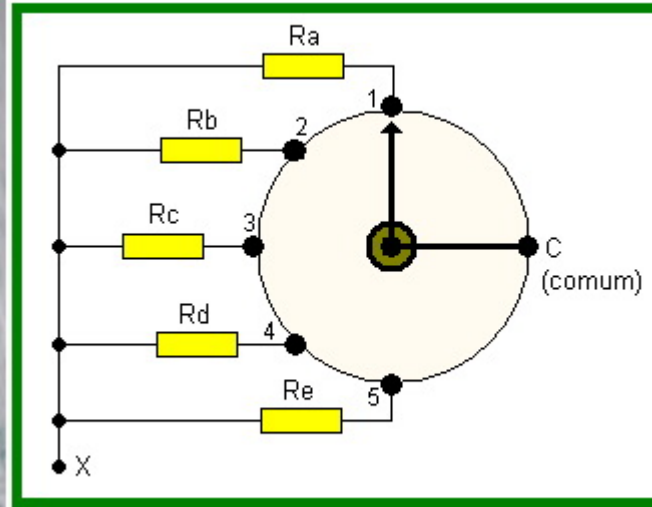
A figura a seguir ilustra um potenciômetro comparado a uma chave de ondas de 1 polo com 5 posições dentre outras opções de posições existentes. A quantidade de posições depende do projeto a ser executado.

Comparando-se os dois componentes, observa-se que a chave rotativa mostrada permite apenas a seleção de 5 opções de temporização com resistores fixos, cujos procedimentos de cálculos são mostrados em seguida.



Os pontos A e B podem ser interligados e inseridos entre C2 e R2, que correspondem aos pontos 8 e 10 (TP-4 e TP-5).





Na ligação da chave de onda, os resistores devem ser calculados de acordo com as necessidades do projeto e os pontos X e C (comum) devem ser inseridos entre C2 e R2 (ou TP-4 e TP-5) no lugar do potenciômetro RV1.

Vejamos dois exemplos de cálculo, considerando o jumper 2 (J2) fechado; $C1 = C2 = 470\text{nF}$ e $R2 = 100\text{k}$

1 - Suponhamos que queiramos um tempo de 15 minutos quando a chave de onda estiver na posição 1. Qual deve ser o valor do resistor Ra?

15 minutos = 900 segundos

$900 / 1024 = 0,879$ (lembrando que J2 fechado, divide o clock por 1024)

Partindo da fórmula: $T = 1,4(R2 + R_x)(C1 + C2)$, substituindo temos:

Onde: $R2 = 100\text{k}$; $C1 = C2 = 470\text{nF}$

$$0,879 = 1,4(100\text{k} + R_a)(0,94 \times 10^{-6})$$

$$0,879 = (140 \times 10^3 + 1,4R_a)(0,94 \times 10^{-6})$$

$$0,879 = 0,1316 + 1,316 \times 10^{-6}R_a \rightarrow 0,30785 = 1,1316 \times 10^{-6}R_a$$

$$R_a = 0,7474 / 1,316 \times 10^{-6} = \mathbf{567,93\text{k}}$$

2 - Suponhamos que queiramos um tempo de 2 horas quando a chave de onda estiver na posição 2. Qual deve ser o valor do resistor Rb?

2 horas = 7.200 segundos

$$7.200 / 1024 = 7,03125$$

$$7,03125 = 1,4(100\text{k} + R_b) (0,94 \times 10^{-6})$$

$$7,03125 = (140 \times 10^3 + 1,4R_b) (0,94 \times 10^{-6})$$

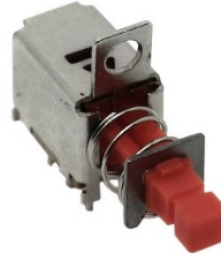
$$7,03125 = 0,1316 + 1,316 \times 10^{-6}R_b \rightarrow 3,384 = 1,1316 \times 10^{-6}R_b$$

$$R_b = 6,9 / 1,316 \times 10^{-6} = \mathbf{5,243\text{M}\Omega}$$

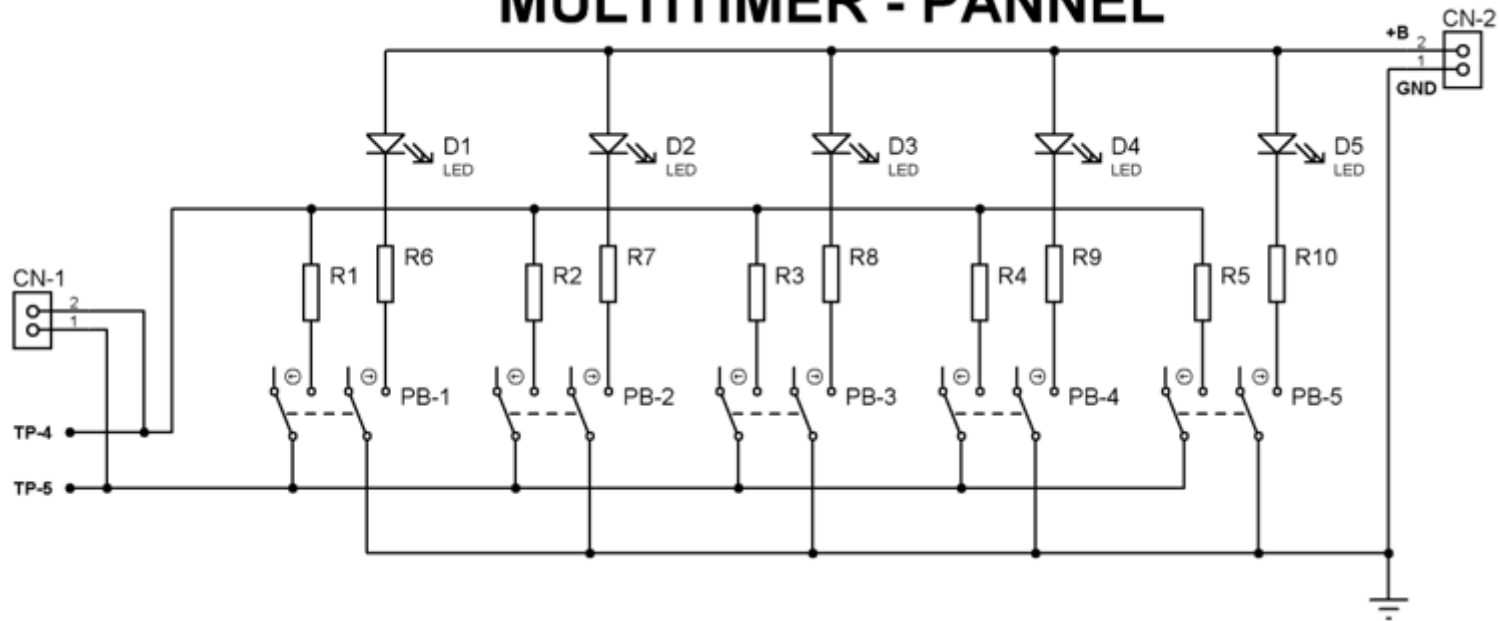
OPÇÃO 2 – UTILIZAÇÃO DE CONJUNTO DE CHAVES TECLA – HH

O procedimento para cálculos de temporização obedece ao mesmo critério.

Veja a seguir a esquematização do painel onde são inseridas 5 chaves tecla obedecendo, portanto, ao mesmo critério de posicionamentos usados na chave seletora (5 posições).



MULTITIMER - PANNEL



O painel deve ser ligado entre os pontos de teste TP-4 e TP-5 (conector CN-1) substituindo assim o potenciômetro RV1.

O conector CN-2 deve receber a tensão de alimentação (+B). Veja abaixo o aspecto da chave tecla sugerida para o projeto:

CÁLCULO DOS VALORES DOS RESISTORES R1, R2, R3, R4 e R5 DO MULTITIMER – PANNEL (J3 fechado)

Os resistores R1 a R5 são destinados a temporização.

Tomando como base o **jumper 3** fechado (5 minutos a 4 horas), e desejando-se uma temporização de:

30 minutos (R1)

60 minutos (R2)

120 minutos (R3)

180 minutos (R4)

240 minutos (R5)

OBS:

- a) Lembrar que o painel deve ser interligado entre os pontos TP-4 e TP-5
- b) O valor do resistor para esse intervalo de temporização é de 100k (R2).

No esquema geral esse resistor está ligado entre TP-5 e o pino 3 do CI 1c.

Assim a fórmula para o cálculo deve partir de:

$$(\text{tempo de temporização}) / 2048 = 1,4(R2 + R)(C1+C2), \text{ onde } C1 = C2 = 470\text{nF}; R2 = 100\text{k}$$

Calculando R1 para temporização de 30 minutos

$$30 \text{ minutos} = 1800\text{s}$$

$$1800/2048 = 0,87891$$

$$0,87891 = 1,4(100\text{k}+R1)(0,94 \times 10^{-6})$$

$$0,87891 = (140k + 1,4R1)(0,94 \times 10^{-6}) = 0,1316 + 1,316 \times 10^{-6}R1$$

$$0,74731 = 1,316 \times 10^{-6}R1$$

$$R1 = 0,74731 / 1,316 \times 10^{-6} = \mathbf{567,865k\Omega}$$
 (adotar valor comercial 560k Ω)

Calculando R2 para temporização de 60 minutos (1 hora)

$$60 \text{ minutos} = 3600s$$

$$3600/2048 = 1,75781$$

$$1,75781 = 1,4(100k+R2)(0,94 \times 10^{-6})$$

$$1,75781 = (140k + 1,4R2)(0,94 \times 10^{-6}) = 0,1316 + 1,316 \times 10^{-6}R2$$

$$1,62621 = 1,316 \times 10^{-6}R2$$

$$R2 = 1,62621 / 1,316 \times 10^{-6} = \mathbf{1,235722M\Omega}$$
 (adotar valor comercial 1,2M Ω)

Calculando R3 para temporização de 120 minutos (2 horas)

$$120 \text{ minutos} = 7200s$$

$$7200/2048 = 3,5156$$

$$3,5156 = 1,4(100k+R3)(0,94 \times 10^{-6})$$

$$3,5156 = (140k + 1,4R3)(0,94 \times 10^{-6}) = 0,1316 + 1,316 \times 10^{-6}R3$$

$$3,384 = 1,316 \times 10^{-6}R3$$

$$R3 = 3,384 / 1,316 \times 10^{-6} = \mathbf{2,57143M\Omega}$$
 (adotar valor comercial 2,2M Ω ou 2,7M Ω)

Calculando R4 para temporização de 180 minutos (3 horas)

$$180 \text{ minutos} = 10800s$$

$$10800/2048 = 5,2734$$

$$5,2734 = 1,4(100k+R4)(0,94 \times 10^{-6}); \text{ lembrando que o valor do resistor R2 é } 100k$$

$$5,2734 = (140k + 1,4R4)(0,94 \times 10^{-6}) = 0,1316 + 1,316 \times 10^{-6}R4$$

$$5,1418 = 1,316 \times 10^{-6}R4$$

$$R4 = 5,1418 / 1,316 \times 10^{-6} = \mathbf{3,90714M\Omega}$$
 (adotar valor comercial 3,9M Ω)

Calculando R5 para temporização de 240 minutos (4 horas)

$$240 \text{ minutos} = 14400s$$

$$14400/2048 = 7,03125$$

$$7,03125 = 1,4(100k+R5)(0,94 \times 10^{-6})$$

$$7,03125 = (140k + 1,4R5)(0,94 \times 10^{-6}) = 0,1316 + 1,316 \times 10^{-6}R5$$

$$6,89965 = 1,316 \times 10^{-6}R5$$

$$R5 = 6,89965 / 1,316 \times 10^{-6} = \mathbf{5,242895M\Omega}$$
 (adotar valor comercial 5,1M Ω)

MODIFICANDO A TEMPORIZAÇÃO DO PROJETO CALCULADO

A partir de um projeto já definido, com os devidos cálculos podemos através da modificação do posicionamento dos jumpers modificar toda a temporização.

Tomemos como exemplo uma faixa de temporização calculada acima. Vamos optar então por modificar o jumper responsável pela divisão da frequência, neste caso trocaremos a conexão J3 para J1.

30 minutos (R1)

60 minutos (R2)

120 minutos (R3)

180 minutos (R4)

240 minutos (R5)

O jumper 3 divide por 2048 e o jumper 1 divide por 512.

A relação entre J3 e J1 é igual a $2048/512 = 4$, quando consideramos divisão de frequência.

A partir daí, mantendo os valores anteriormente calculados, ao modificar o posicionamento de J3 para J1, teremos novos valores de temporização. Basta dividir por 4, conforme abaixo demonstrado:

$$\begin{aligned} 30 \text{ minutos} / 4 &= 7,5 \text{ minutos} \\ 60 \text{ minutos} / 4 &= 15 \text{ minutos} \\ 120 \text{ minutos} / 4 &= 30 \text{ minutos} \\ 180 \text{ minutos} / 4 &= 45 \text{ minutos} \\ 240 \text{ minutos} / 4 &= 60 \text{ minutos (1 hora)} \end{aligned}$$

Se tomarmos como o jumper 5, teremos uma relação de $2048/8192$, uma vez que o jumper 5 divide por 8192

$$2048 / 8192 = 0,25 \text{ (equivale a multiplicar por 4)}$$

Teremos então novos valores de temporização:

$$\begin{aligned} 30 \text{ minutos} / 0,25 &= 120 \text{ minutos (2 horas)} \\ 60 \text{ minutos} / 0,25 &= 240 \text{ minutos (4 horas)} \\ 120 \text{ minutos} / 0,25 &= 480 \text{ minutos (8 horas)} \\ 180 \text{ minutos} / 0,25 &= 720 \text{ minutos (12 horas)} \\ 240 \text{ minutos} / 0,25 &= 960 \text{ minutos (16 horas)} \end{aligned}$$

CÁLCULO DOS VALORES DOS RESISTORES R6, R7, R8, R9 e R10 DO MULTITIMER - PANNEL

Esses resistores têm a finalidade de limitar a corrente nos leds que são usados para monitorar as opções de temporização.

Como vimos a alimentação do circuito é proveniente de um retificador de onda completa que fornece uma tensão de saída de 12 volts (+B).

Essa tensão de alimentação pode ser obtida através dos pontos de teste TP2 (VCC) e TP3 (GND) da placa principal.

Tomando como base um consumo de 10mA e uma tensão de 1,2 volts no led, podemos calcular o valor dos resistores:

$$R(\text{led}) = (12V - 1,2) / 10\text{mA} \rightarrow R = 10,8 / 10\text{mA} = 1.080\Omega$$

Podemos então adotar um valor comercial entre $1k\Omega$ e $1,2k\Omega$

Assim, $R6 = R7 = R8 = R9 = R10 = 1,2k\Omega$ (valor comercial adotado)

Potência dissipada: $P = E^2 / R \rightarrow P 10,8^2 / 1.200$

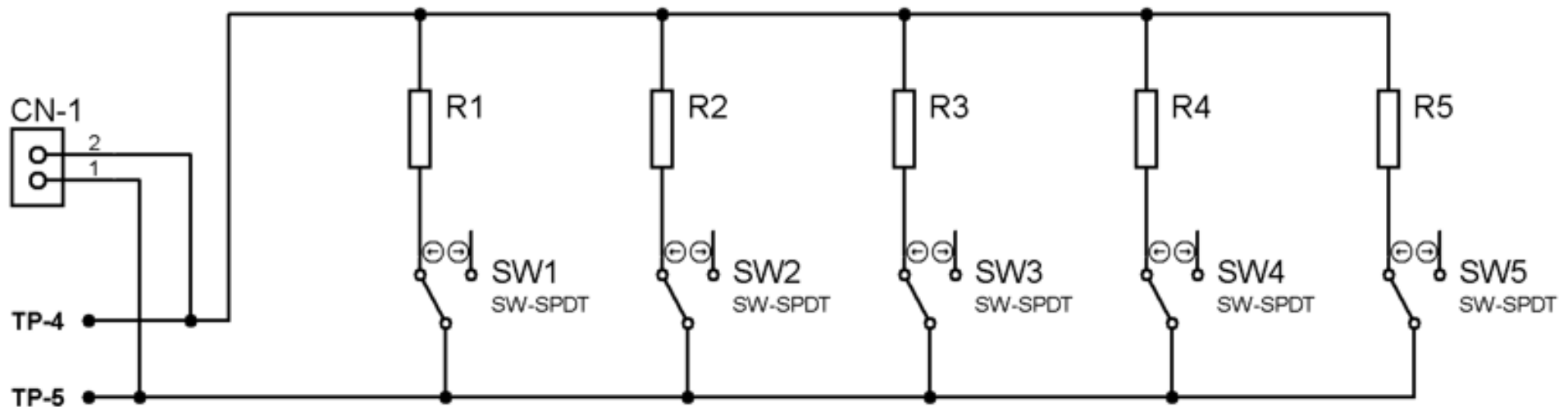
$P = 0,0972W$ (97,2mW) \rightarrow podemos então adotar padrão comercial $1,2k\Omega - 1/4W$

MONTAGEM DO PAINEL DO MULTIMETER SEM OS LEDS INDICADORES

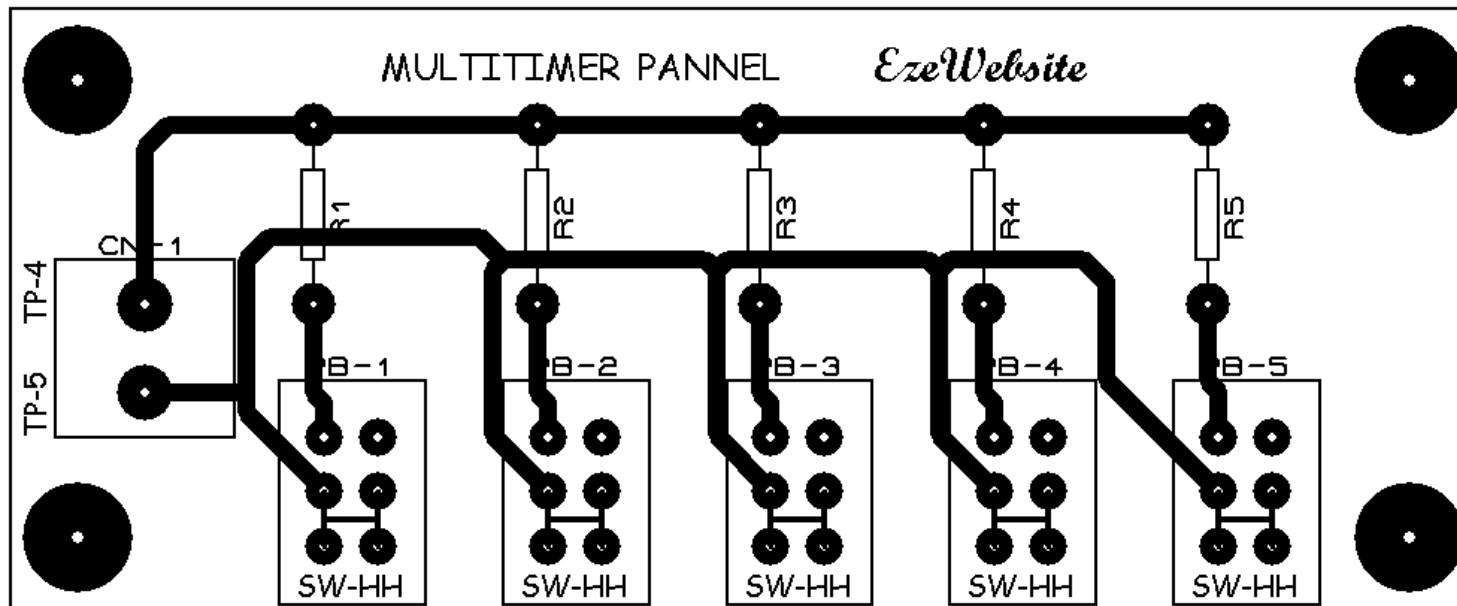
Outra opção é a montagem do painel de seleção de temporização sem os leds indicadores, o que ocuparia menos espaço.

Veja a seguir as sugestões: esquema e layout

MULTIMETER - PANNEL



Esquemático – painel sem leds indicadores



Medida da placa sem os leds indicadores: 8,3 x 3,4cm

FUNCIONAMENTO BÁSICO

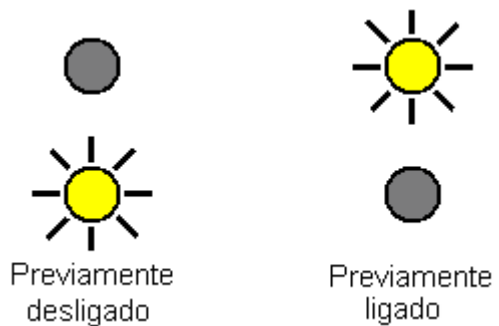
O transistor Q1 opera como uma chave eletrônica, ou seja, ao ser polarizado na condição de saturação energizando a bobina do relê, fechando os seus contatos. Q1 opera basicamente nas regiões de corte e saturação.

Na condição de corte nenhuma corrente circula por Q1 e a bobina do relê estará então desenergizada, e os contatos abertos.

Neste projeto estamos usando o contato do relê *"normalmente fechado"* e, portanto, se ele estiver desenergizado haverá a tensão da rede no borne "outlet" do temporizador. Havendo a energização o contato abrirá e não haverá a tensão da rede na tomada.

A chave **SW2** permite que o temporizador opere dois modos:

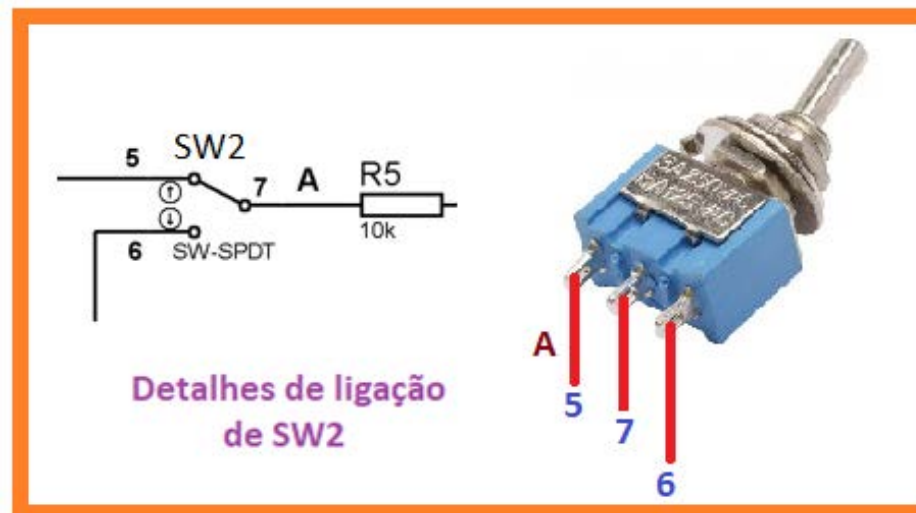
- 1 – Previamente desligado (sem tensão no borne "outlet" do temporizador) e após o tempo pré-programado haverá tensão na tomada.
- 2 – Previamente ligado (com tensão no borne "outlet" do temporizador) e após o tempo pré-programado não haverá mais tensão.

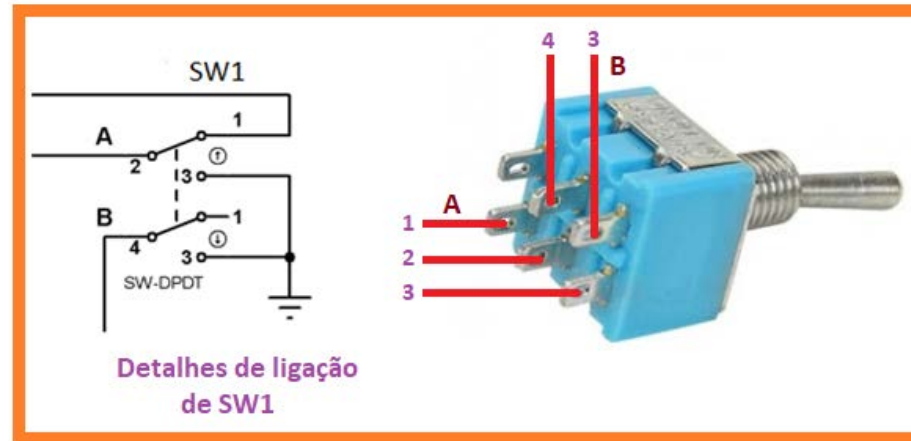


A chave **SW1** configura o processo de funcionamento do Multitimer:

- 1 – Modo “Direto”, onde o Multitimer deixa de atuar ficando a carga ligada diretamente à rede.
- 2 – Modo “Timer”, onde exerce normalmente a função de temporização.

A seguir, detalhes das ligações das chaves SW1 e SW2:





As chaves acima mencionadas são do tipo HH com reversão (2 posições) ou seja, terminal comum, terminal normalmente ligado e terminal normalmente aberto.

Veja a seguir a lista de materiais (para J3 conectado):

RESISTORES – 1/4w

- R1 = 1k
- R2 = 100k
- R3 = 10k
- R4 = 47k
- R5 = 10k
- RV1 = potenciômetro linear de 4,7M

CAPACITORES – tensão de trabalho mínima de 25V

- C1 = 470nF
- C2 = 470nF
- C3 = 10uF
- C4 = 1.000uF

SEMI CONDUTORES

D1, D2, D5 = 1N914 ou 1N4148

D3, D4 = 1N4001 ou 1N4004

Q1 = TIP 120

CI-1 = CD4011

CI-2 = CD4020

DIVERSOS

- Relê RUD 101012 ou similar

- Transformador primário 110/220V – secundário 9 + 9V – 200mA

- SW1 e SW2 = chaves HH de deslizar ou alavanca (tipo MTS 102 3 terminais e MTS 202 6 terminais)

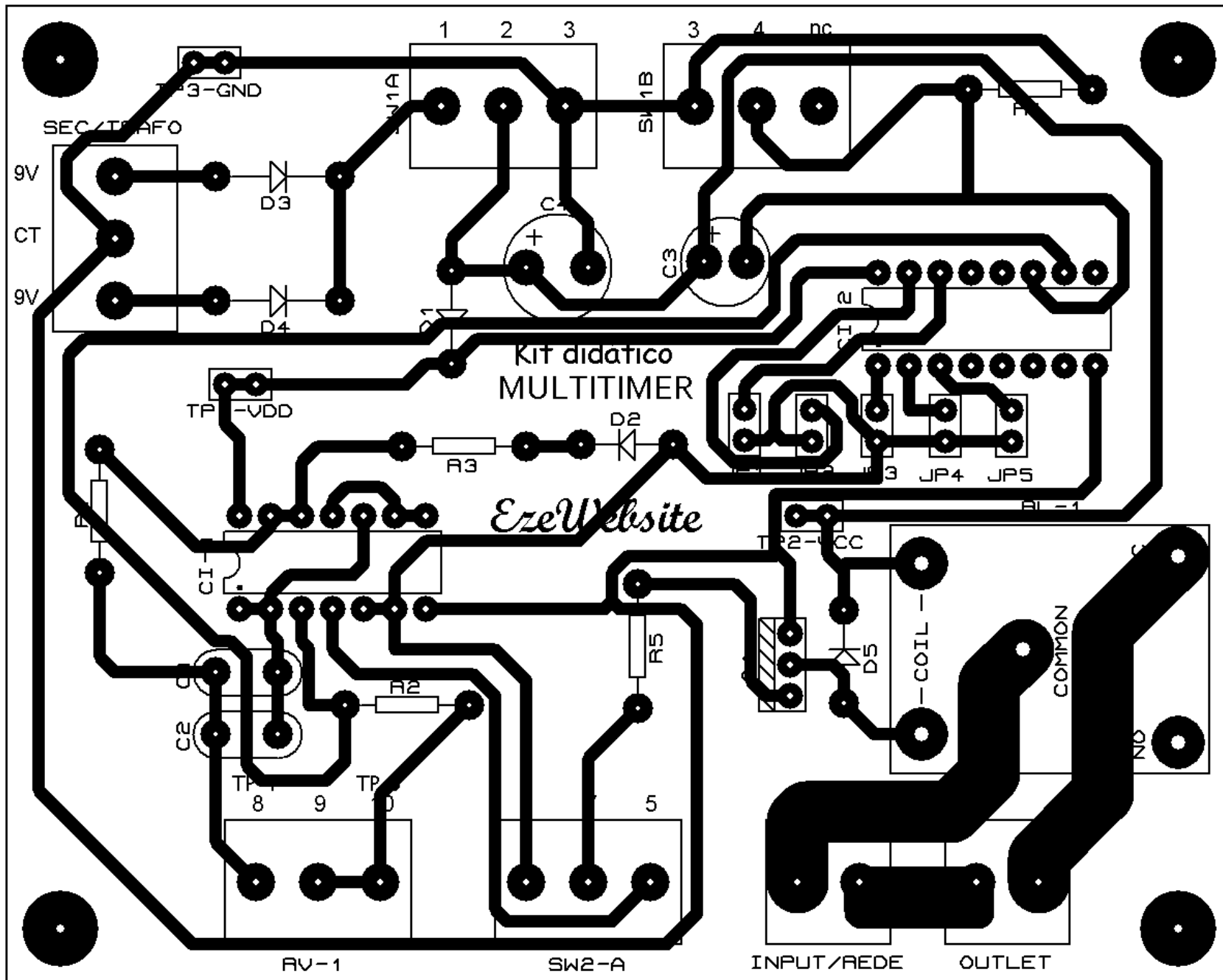
- *Parafusos, porcas, knob para potenciômetro ou chave de onda (chave seletora), tomada para painel, caixa para acondicionar o circuito, etc.*

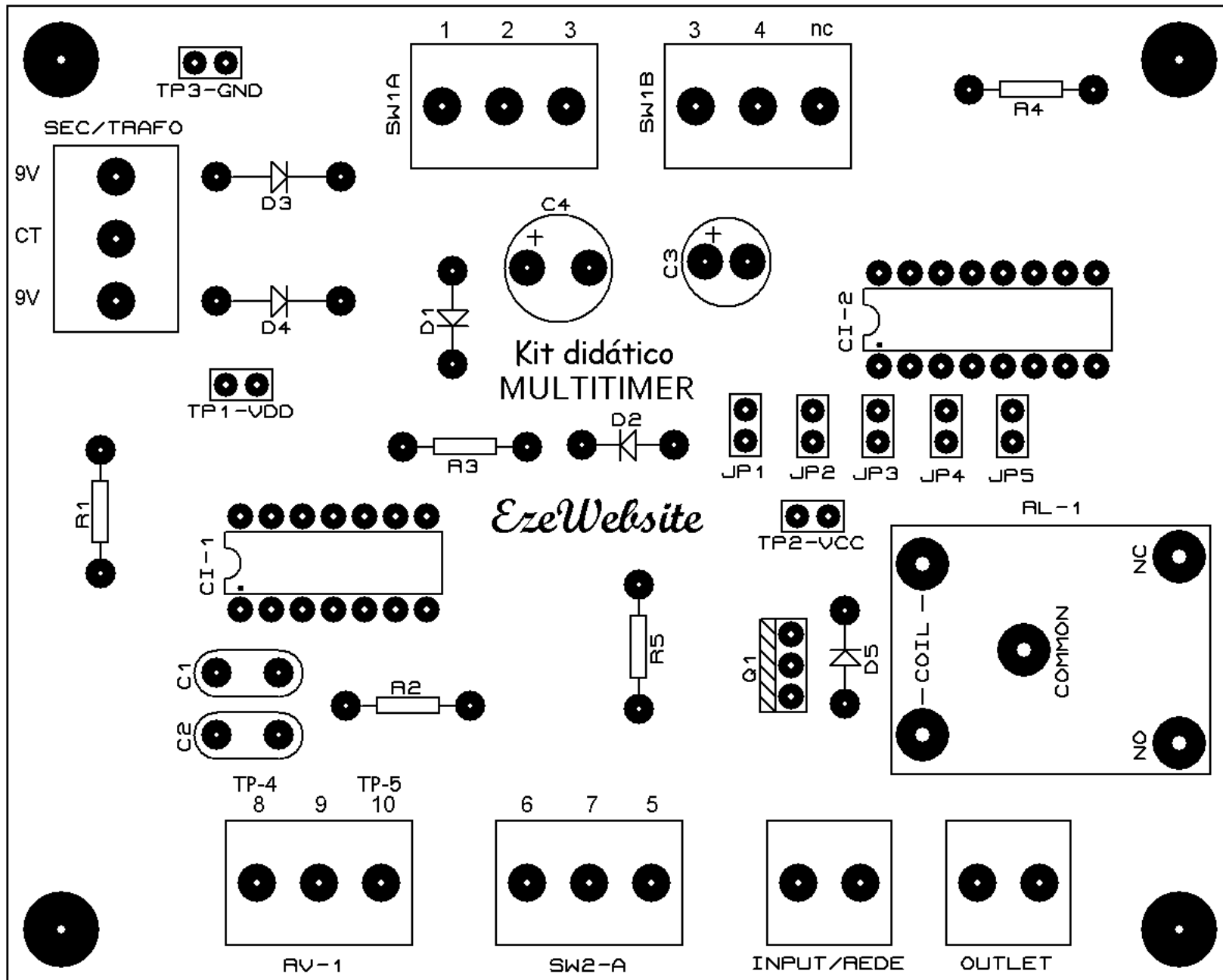
- A montagem pode ser feita em uma superfície (por exemplo, placa de MDF) ou em gabinete.

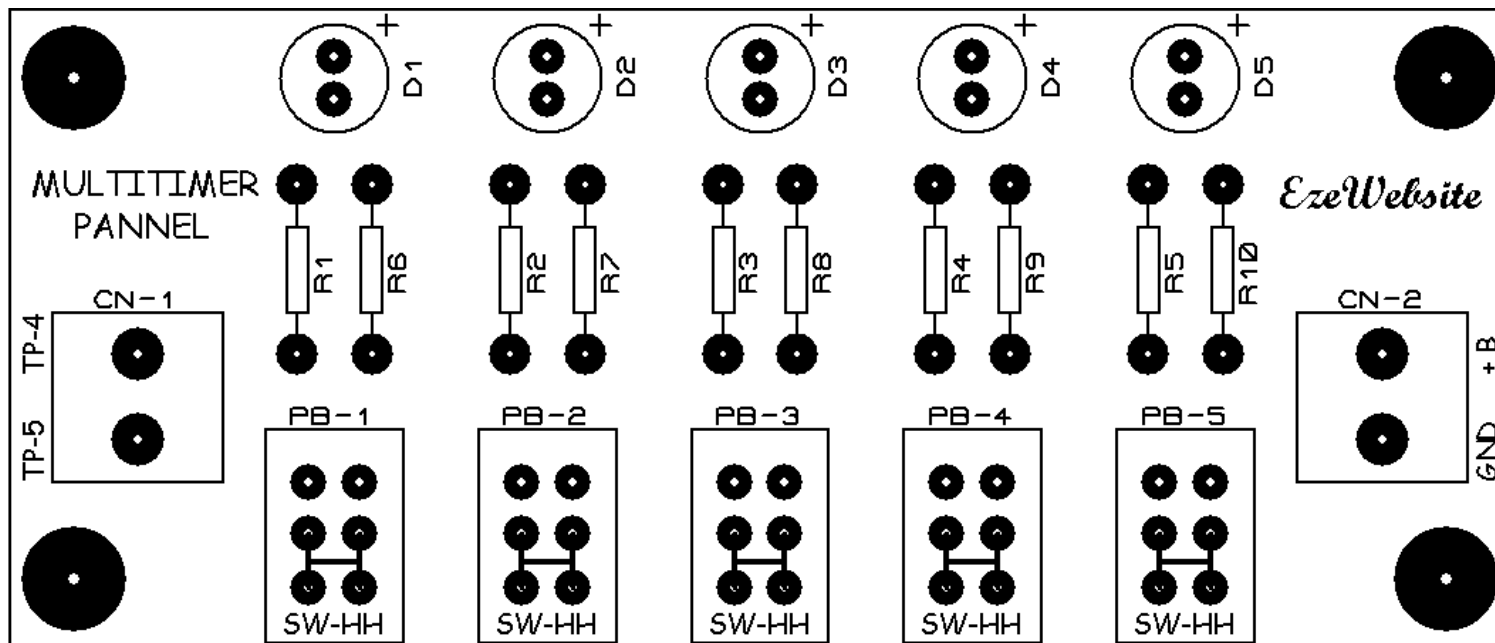
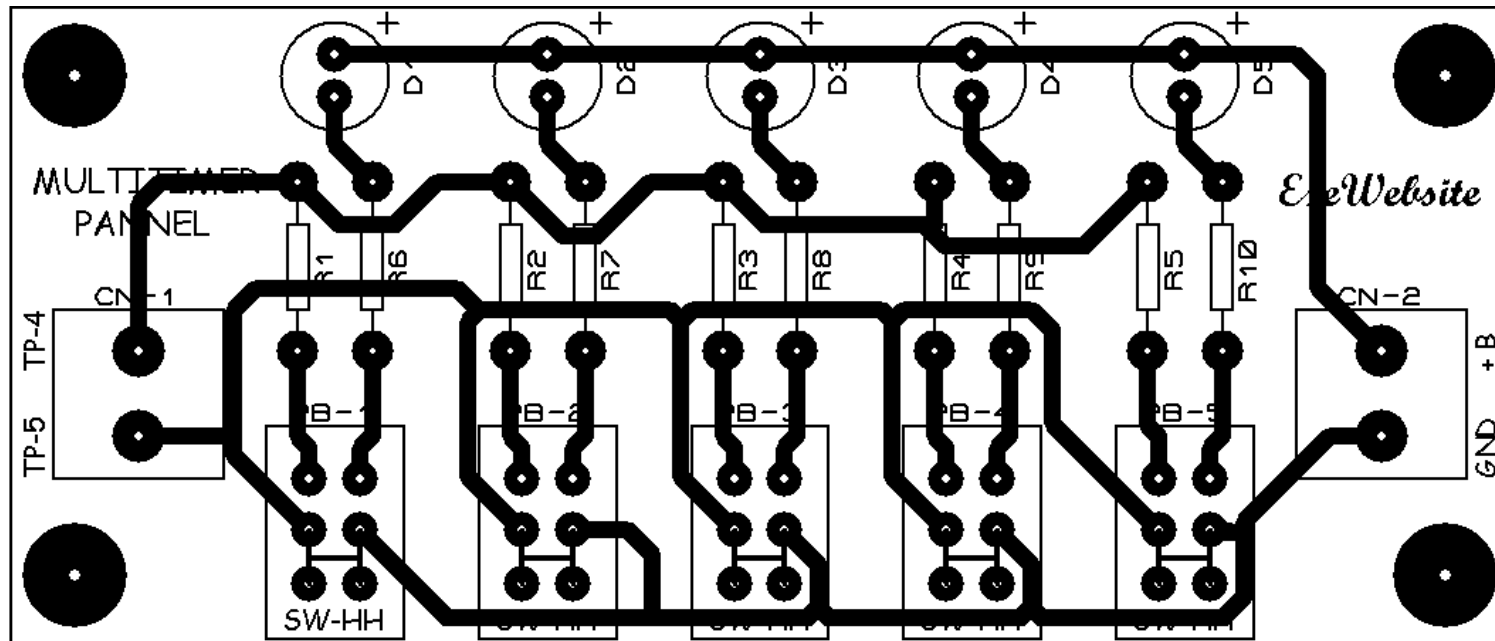
Opção para chaves SW1 e SW2:

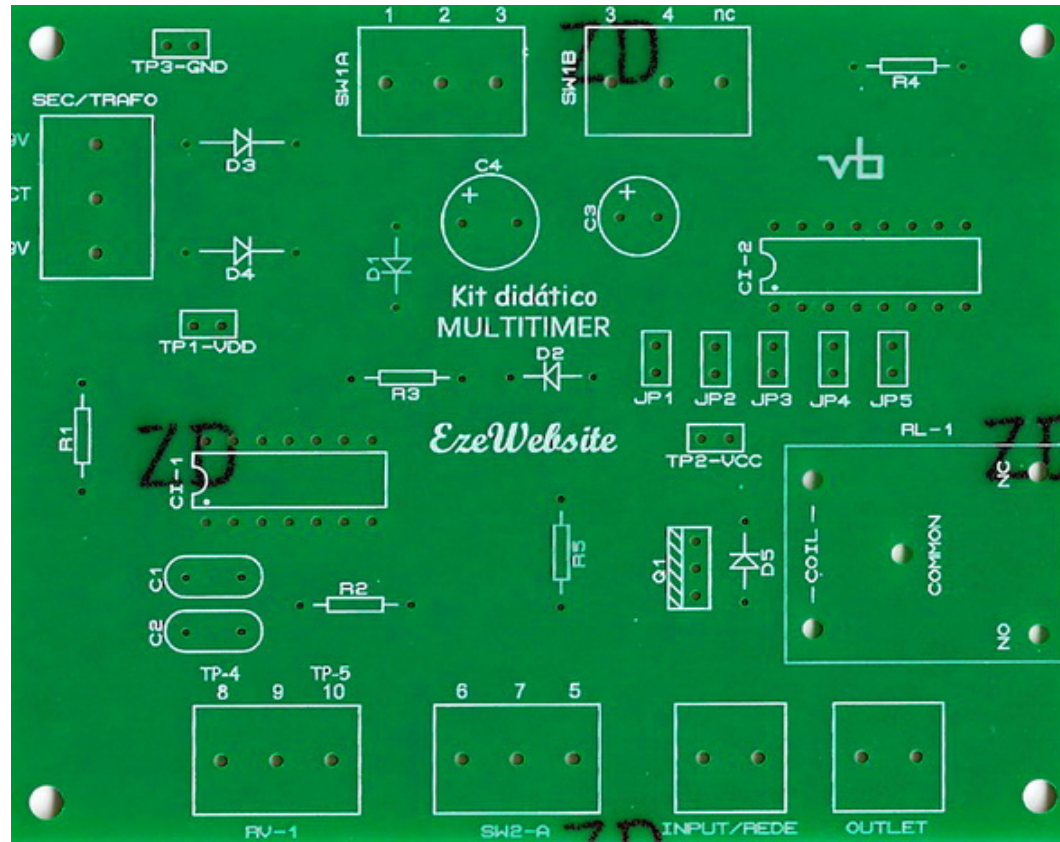


Veja a seguir detalhes do layout do painel de temporização (com leds indicadores) e placa principal e respectivas PCIs.

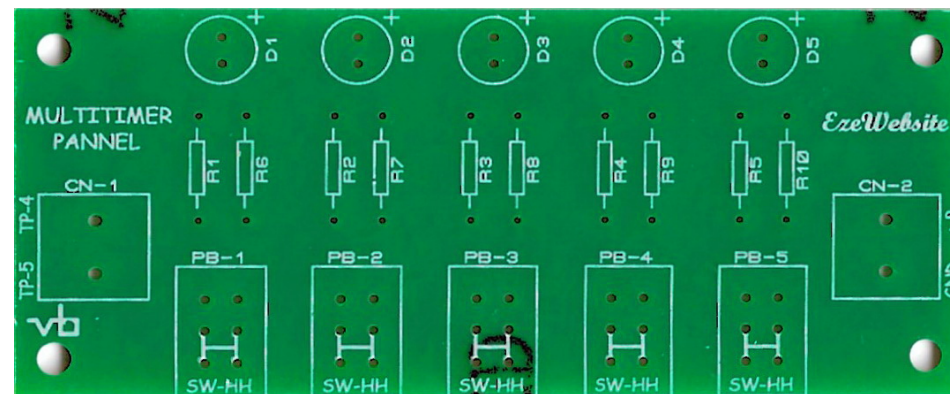








Medida: 10 x 8cm



Medida: 8,9 x 3,8cm

LIGAÇÃO EM 110V e 220V

Para que o temporizador opere em 220V, torna-se necessário modificar a entrada da fonte de alimentação, uma vez que a tomada do temporizador é ativada apenas pelos contatos do relê.

Isto significa que qualquer que seja a tensão da rede, ela estará presente na tomada do temporizador.

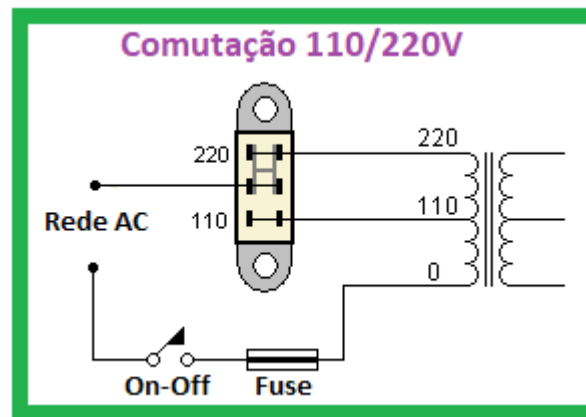
Então um cuidado deve ser tomado quanto a ligação do primário do transformador à rede de energia em 110V ou 220V.

Utiliza-se uma chave HH (do tipo deslizante seletora de voltagem) para fazer essa conversão.

Quando o transformador tem um primário com derivações a tarefa é bem simples, no entanto muitos transformadores de boa qualidade adotam dois enrolamentos primários para serem ligados em série ou em paralelo.

Aí, a tarefa é um pouco mais complicada, pois a inversão de fase em um dos enrolamentos primários danificará o transformador.

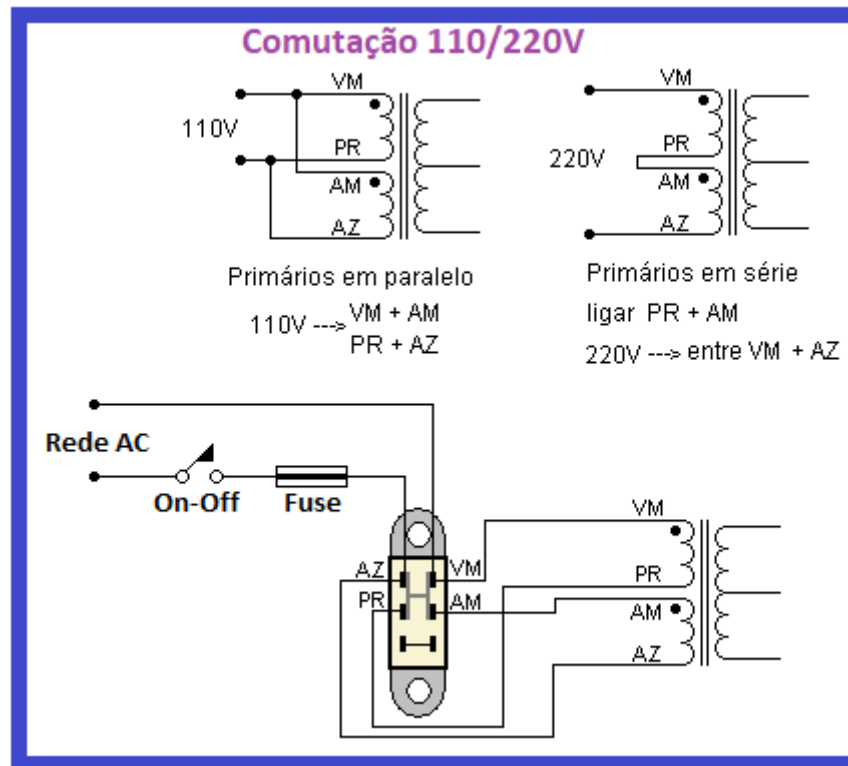
A figura abaixo mostra a forma de ligação de um transformador com um enrolamento primário com derivações para 110V e 220V.



A figura a seguir mostra um transformador com 2 enrolamentos primários.

Observe que esses enrolamentos podem ser ligados em paralelo (110V) ou em série (220V)

Para 110V esses enrolamentos devem ser ligados em paralelo enquanto os mesmos devem ser ligados em série para rede de 220V.



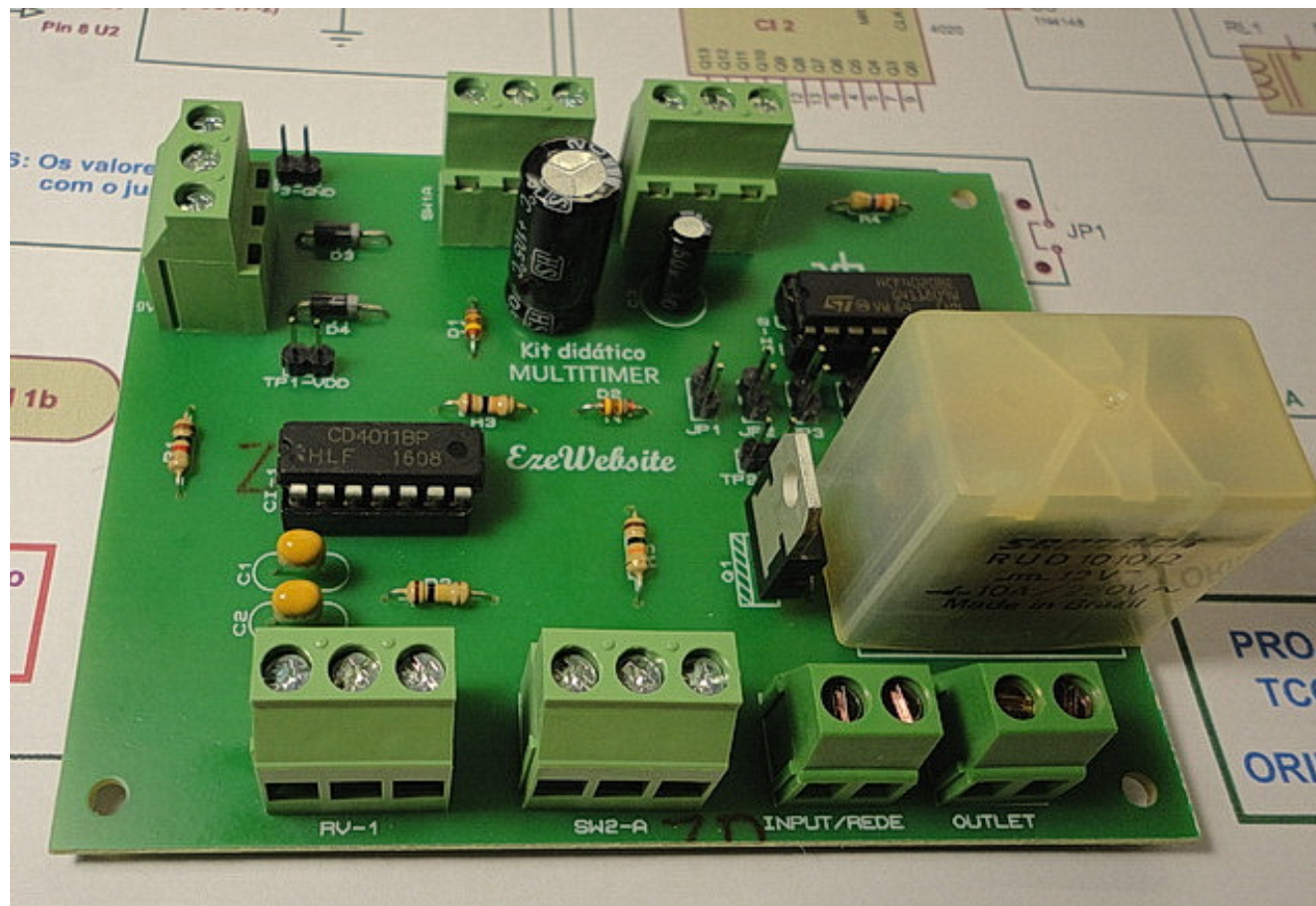
Observe que quando o cursor da chave estiver para cima, os enrolamentos estarão em paralelo e, portanto, a tensão de entrada é 110V.

Detalhe importante: na ligação dos primários em paralelo deverão estar em fase (indicado pelo pontinho preto), caso contrário haverá danos no transformador. Ao deslizar o cursor para baixo, os enrolamentos ficarão em série e a tensão de entrada deve ser 220V.

DETALHES DAS PLACAS COM OS COMPONENTES

A montagem é bastante simples, devendo-se ter o cuidado para não inverter a polaridade de componentes estratégicos como diodos, capacitores eletrolíticos e semicondutores, sob o risco de danificá-los.

As figuras a seguir dão uma orientação a respeito, onde temos a placa principal e o painel de temporização que substitui o potenciômetro linear de 4M7.



Placa principal

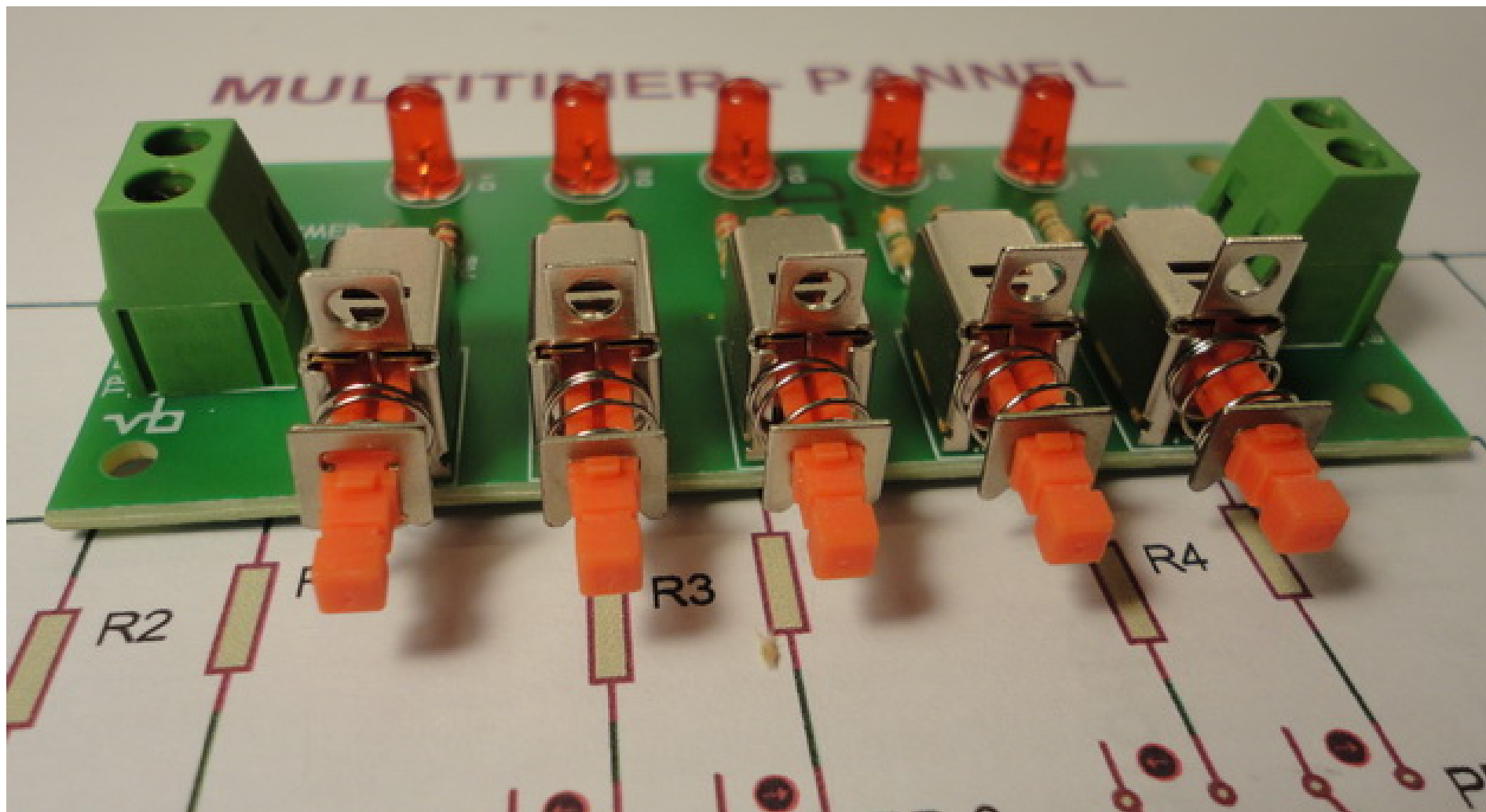
A opção escolhida para as conexões foi através de bornes do tipo KF com 2 e 3 terminais pela praticidade.



KF128-2t

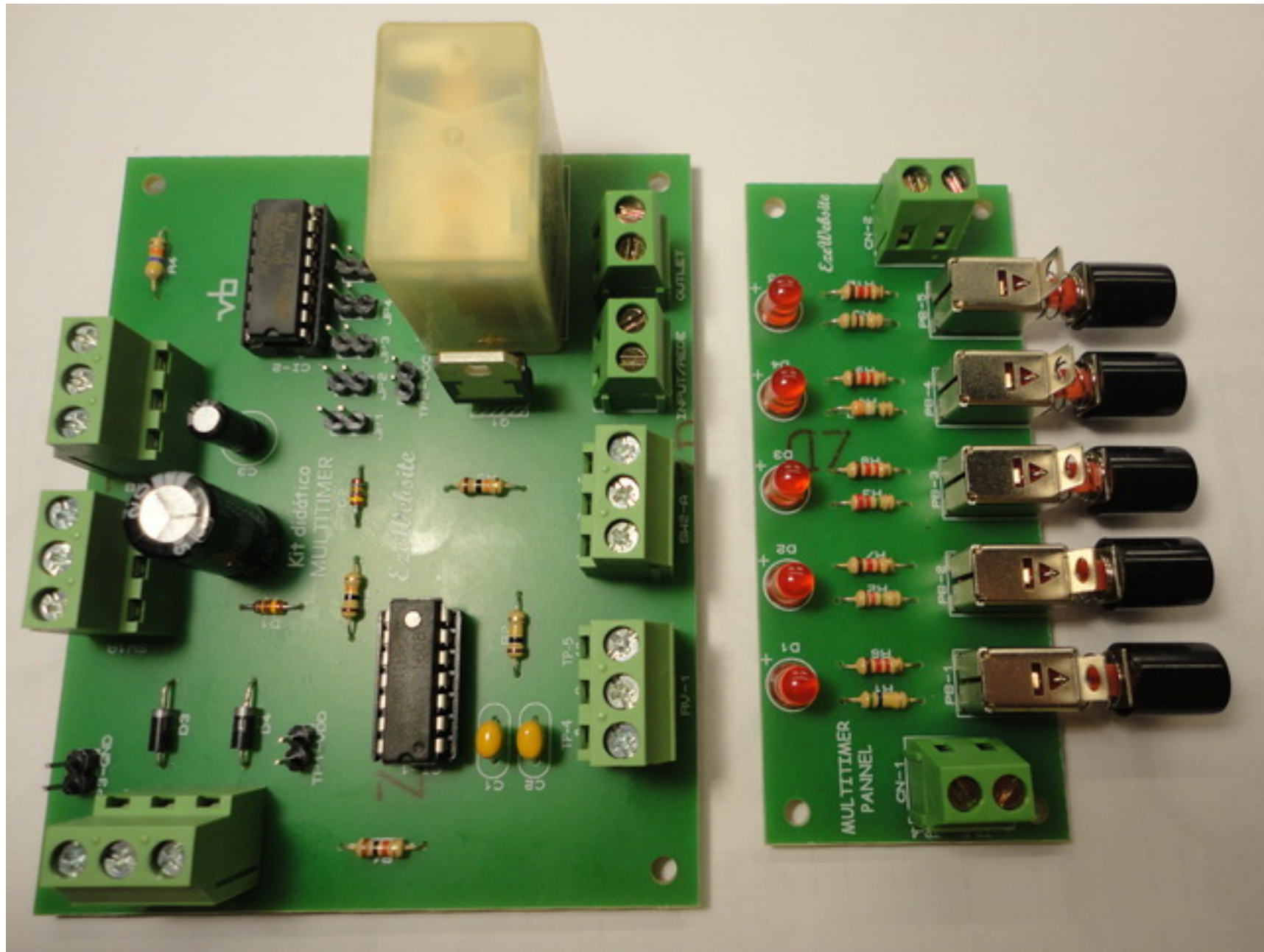


KF128-3t

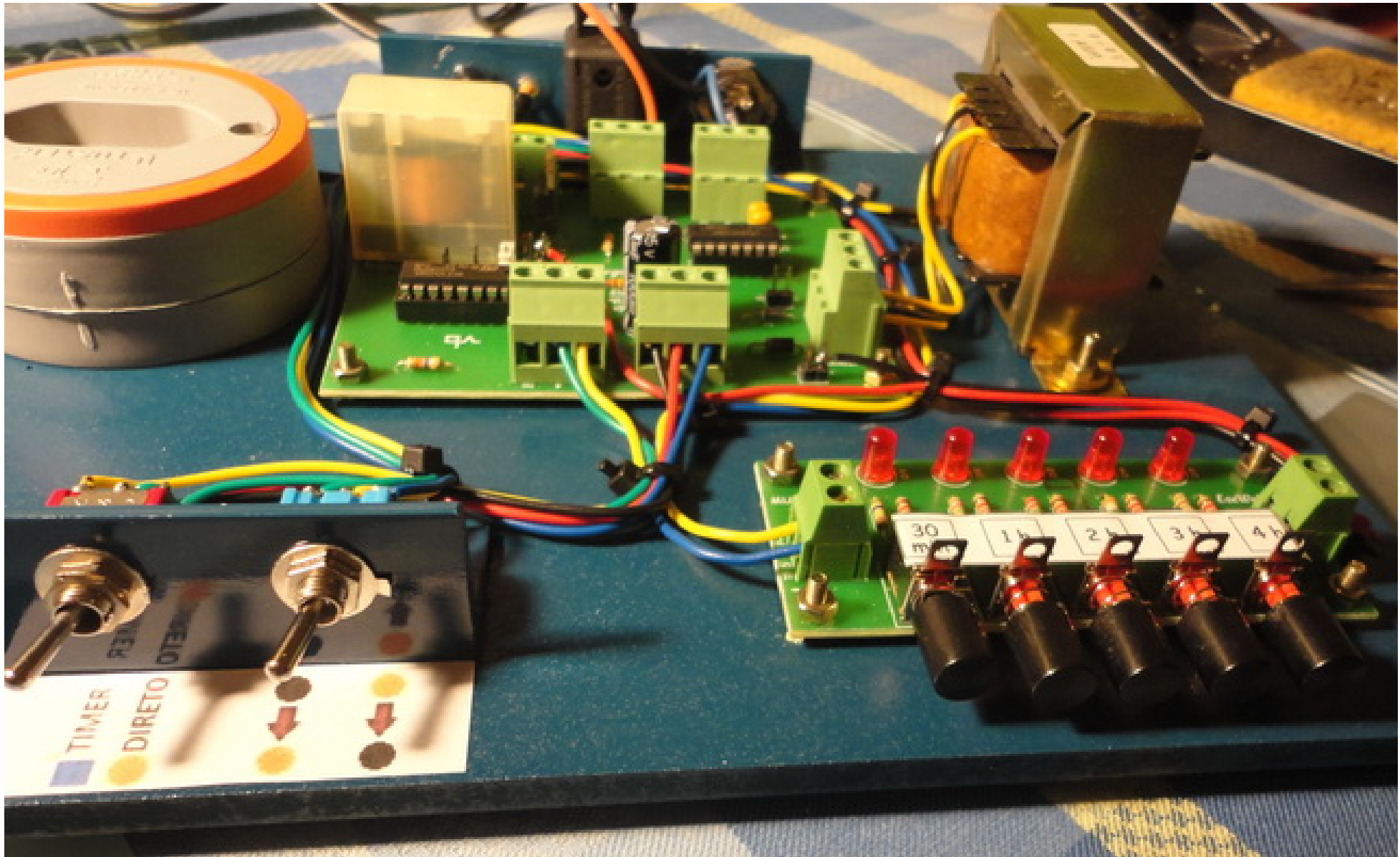


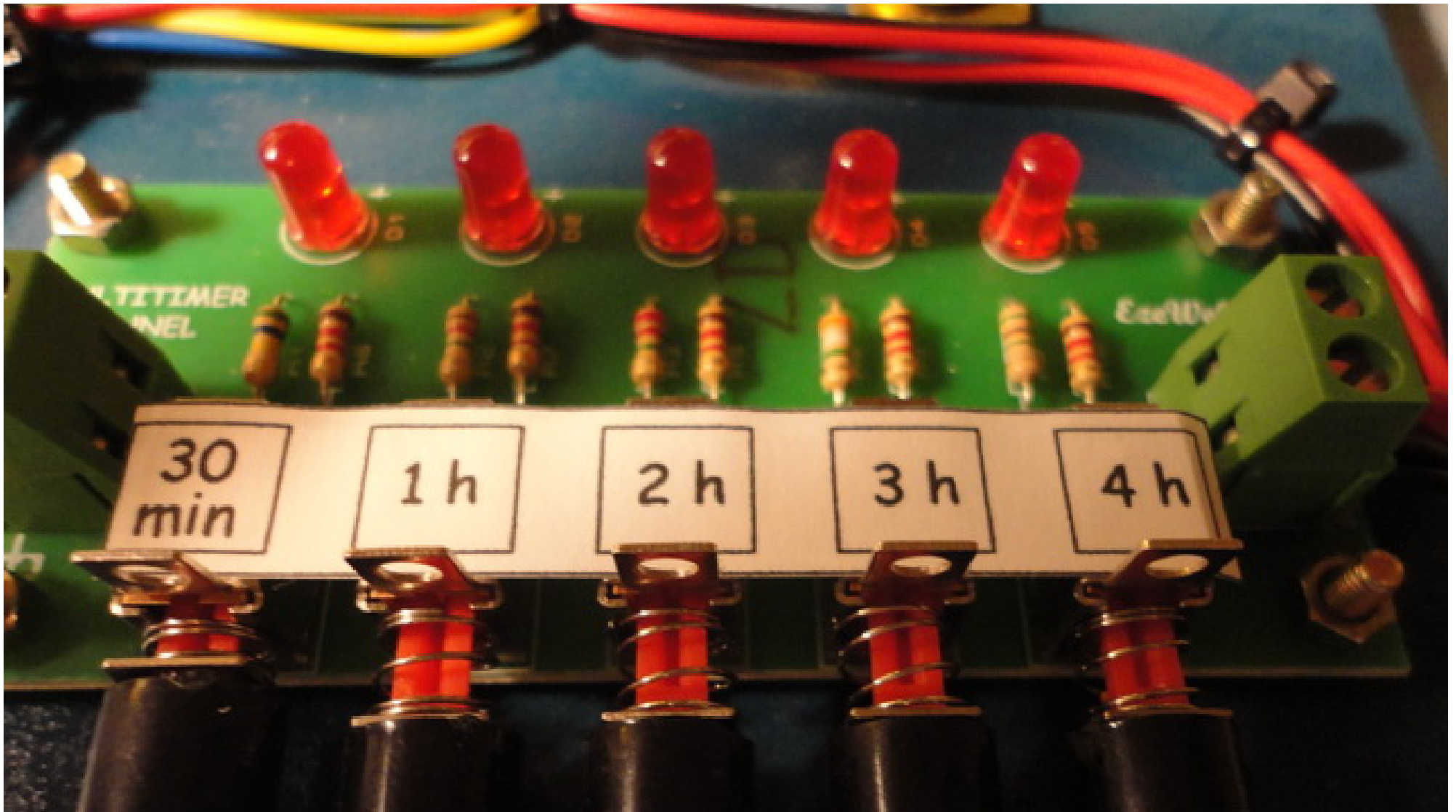
Painel de temporização

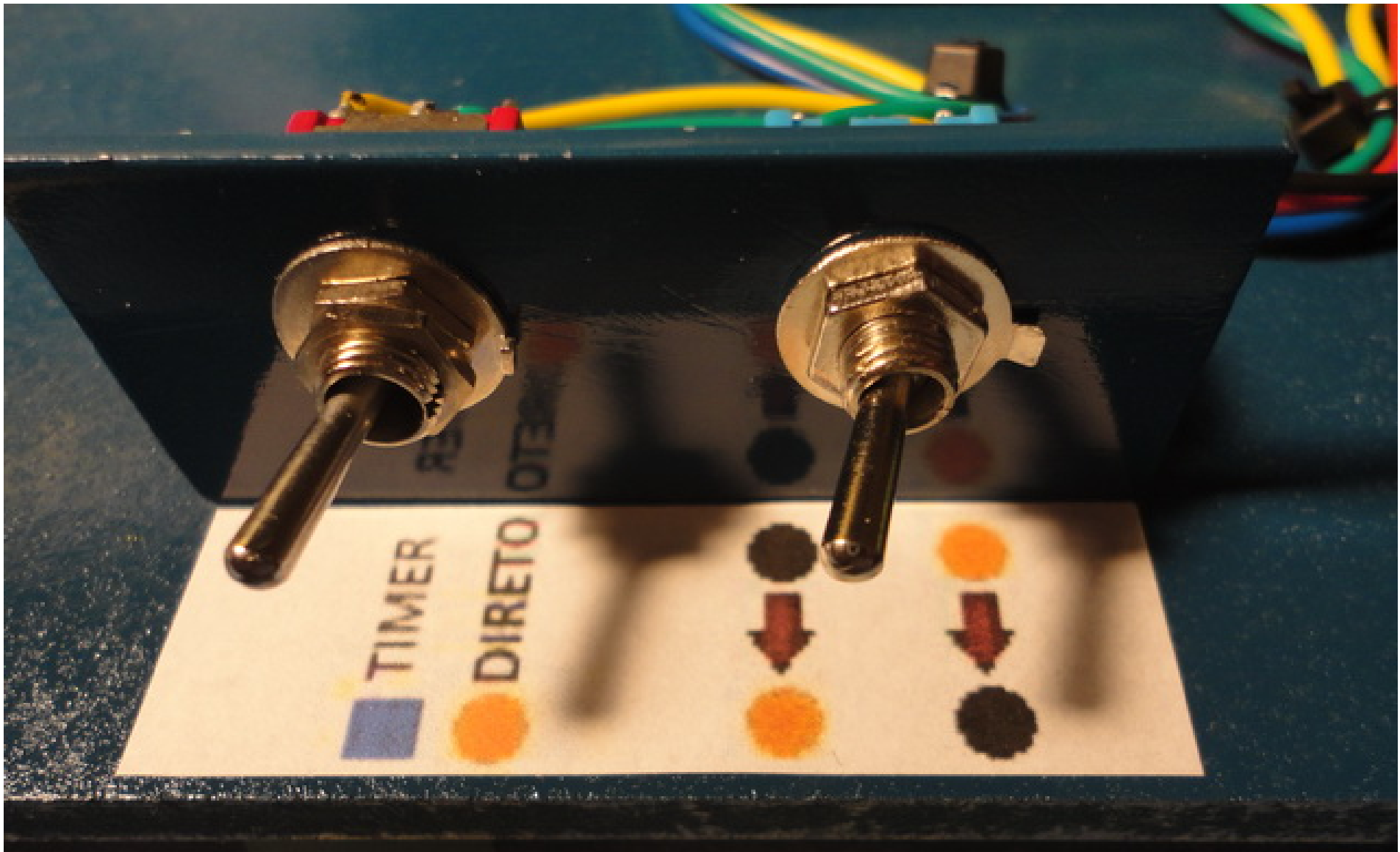
A figura a seguir mostra a placa principal e o painel de temporização.



Veja a seguir detalhes da montagem feita sobre uma placa MDF:

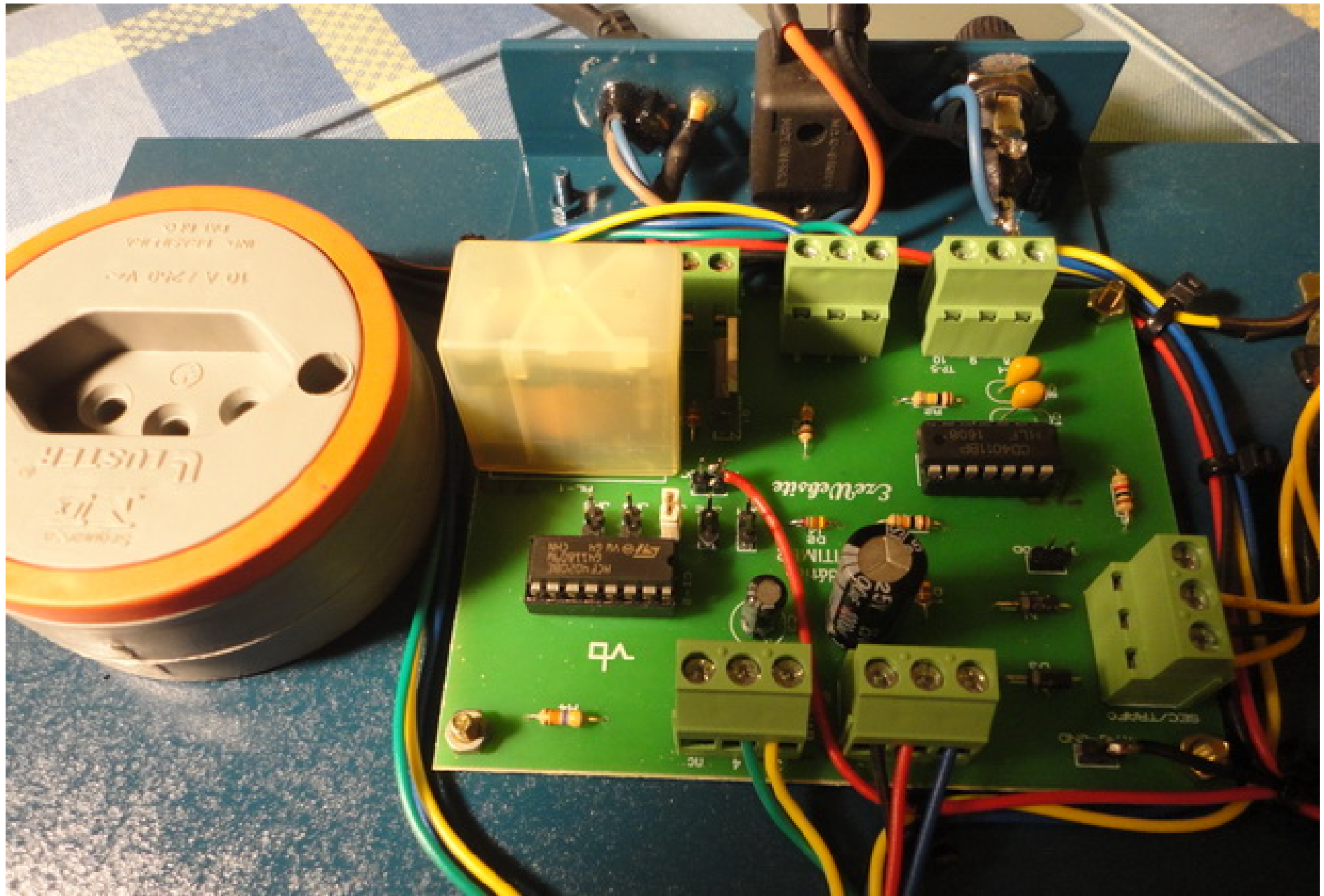


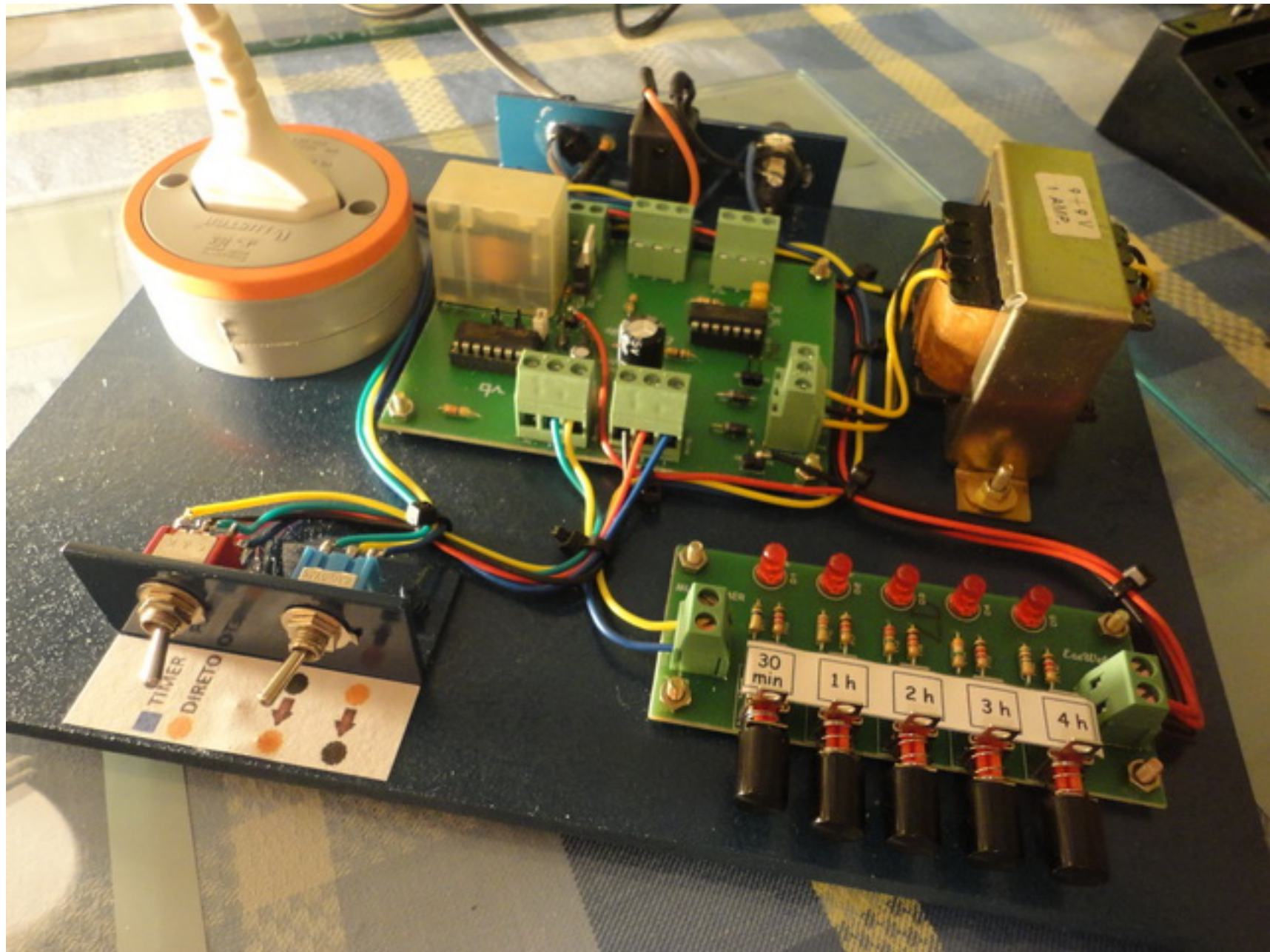


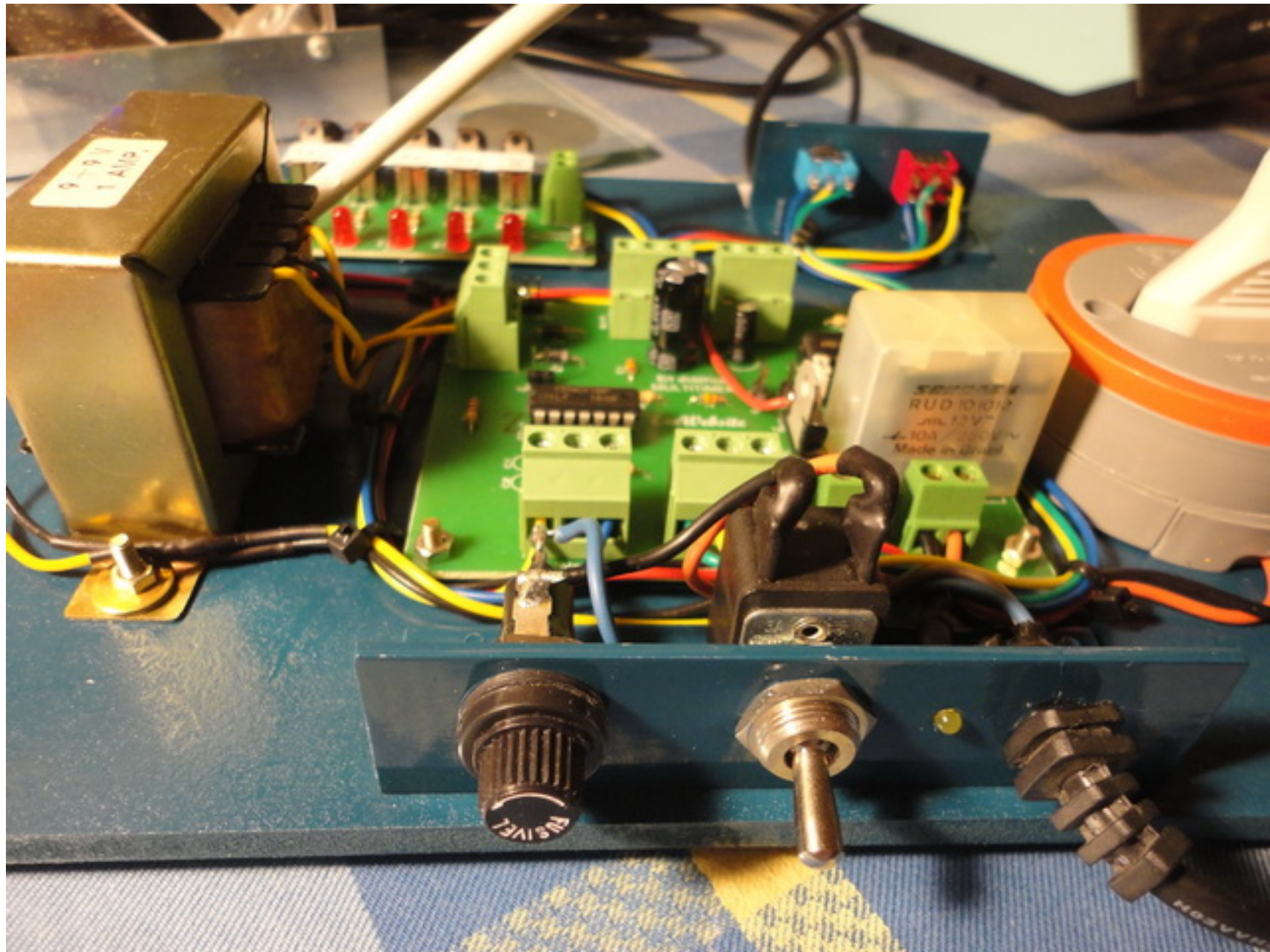


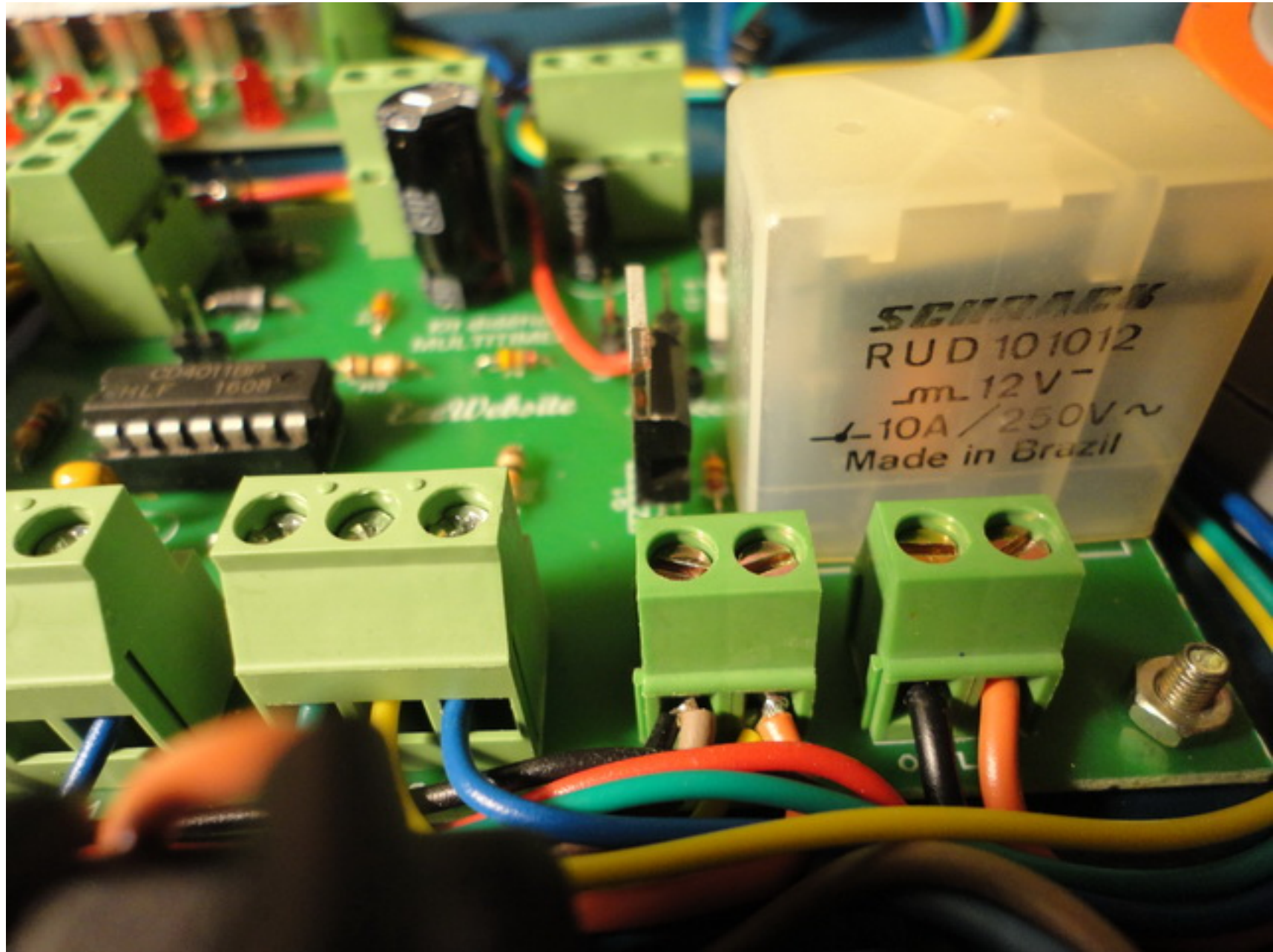
Chave à esquerda: timer (operação normal) e direto (bobina do relê desenergizada)

Chave à direita: previamente desligado e previamente ligado









APÊNDICE - 1

CÁLCULO DOS VALORES DOS RESISTORES R1, R2, R3, R4 e R5 DO MULTITIMER – PANNEL (J1 fechado)

Eis um exemplo para cálculo de temporização de 5 minutos a 60 minutos, utilizando o jumper 1.

Jumper 1 (J1) divide por 512

OBS:

Apenas os valores dos resistores do painel de temporização foram recalculados. Foram mantidos os valores dos capacitores C1 e C2 (ambos de 470nF) e do resistor R2 (100k) na placa principal, calculados anteriormente com J3 fechado.

FÓRMULA GERAL: (tempo de temporização) / 512 = 1,4(R2 + R)(C1+C2)

Calculando R1 para temporização de 5 minutos

5 minutos = 300s

$300/512 = 0,586$

$0,586 = 1,4(100k+R1)(0,94 \times 10^{-6})$

$0,586 = (140k + 1,4R1)(0,94 \times 10^{-6}) = 0,1316 + 1,316 \times 10^{-6}R1$

$0,4544 = 1,316 \times 10^{-6}R1$

$R1 = 0,4544 / 1,316 \times 10^{-6} = \mathbf{345,29k}$ (adotar valor comercial 330k Ω)

Calculando R2 para temporização de 20 minutos

20 minutos = 1200s

$1200/512 = 2,34375$

$2,34375 = 1,4(100k+R2)(0,94 \times 10^{-6})$

$$2,34375 = (140k + 1,4R2)(0,94 \times 10^{-6}) = 0,1316 + 1,316 \times 10^{-6}R2$$

$$2,21215 = 1,316 \times 10^{-6}R2$$

$$R2 = 2,21215 / 1,316 \times 10^{-6} = \mathbf{1,681M}$$
 (adotar valor comercial 1,8M Ω)

Calculando R3 para temporização de 30 minutos

$$30 \text{ minutos} = 1800s$$

$$1800/512 = 3,5156$$

$$3,5156 = 1,4(100k+R3)(0,94 \times 10^{-6})$$

$$3,5156 = (140k + 1,4R3)(0,94 \times 10^{-6}) = 0,1316 + 1,316 \times 10^{-6}R3$$

$$3,384 = 1,316 \times 10^{-6}R3$$

$$R3 = 3,384 / 1,316 \times 10^{-6} = \mathbf{2,57143M}$$
 (adotar valor comercial 2,2M Ω ou 2,7M Ω)

Calculando R4 para temporização de 45 minutos

$$45 \text{ minutos} = 2700s$$

$$2700/512 = 5,2734$$

$$5,2734 = 1,4(100k+R4)(0,94 \times 10^{-6})$$

$$5,2734 = (140k + 1,4R4)(0,94 \times 10^{-6}) = 0,1316 + 1,316 \times 10^{-6}R4$$

$$5,1418 = 1,316 \times 10^{-6}R4$$

$$R4 = 5,1418 / 1,316 \times 10^{-6} = \mathbf{3,90714M}$$
 (adotar valor comercial 3,9M Ω)

Calculando R5 para temporização de 60 minutos (1 hora)

$$60 \text{ minutos} = 3600s$$

$$3600/512 = 7,03125$$

$$7,03125 = 1,4(100k+R5)(0,94 \times 10^{-6})$$

$$7,03125 = (140k + 1,4R5)(0,94 \times 10^{-6}) = 0,1316 + 1,316 \times 10^{-6}R5$$

$$6,89965 = 1,316 \times 10^{-6}R5$$

$$R5 = 6,89965 / 1,316 \times 10^{-6} = \mathbf{5,242895M}$$
 (adotar valor comercial 5,1M Ω)

APÊNDICE – 2

OUTRAS OPÇÕES PARA DIVISÃO DA FREQUÊNCIA

O CI-2 como já vimos, temos nos pinos 14, 15, 1, 2 e 3 opções para divisão de frequência, que correspondem respectivamente aos jumpers J1, J2, J3, J4 e J5

Suponhamos que seja escolhida uma faixa de tempo que corresponde um período de 1 hora até 10 horas e que optamos pela conexão do jumper 4 (divide por 4.096).

Neste caso vamos recalcular os valores de R2, C1 e C2.

Supondo a utilização de um potenciômetro de 4,7M teremos então:

$$\text{Tempo máximo} = 10 \text{ horas} = 36.000s \rightarrow 36.000 / 4.096 = 8,789$$

$$\text{Tempo mínimo} = 1 \text{ hora} = 3.600s \rightarrow 3.600 / 4.096 = 0,8789$$

Equação a: $0,8789 = 1,4(R2 + 0) (Cx)$, onde $Cx = C1 + C2$; (0 = potenciômetro totalmente fechado)

$$\text{Daí: } Cx = 0,8789 / 1,4R2$$

Equação b: $8,789 = 1,4(R2 + 4,7 \times 10^6)(Cx)$, onde 4,7M = potenciômetro totalmente aberto – resistência nominal)

Substituindo em b, temos:

$$8,789 = 1,4(R2 + 4.700.000) (0,8789 / 1,4R2)$$

$$8,789(1,4R2) = (1,4R2 + 6.580.000)(0,8789)$$

$$12,305R2 = (1,2305R2 + 5.783.162)$$

$$11,0745R2 = 5.783.162 \rightarrow R2 = 5.783.162 / 11,0745 = \mathbf{522,2k}$$

Partindo de $Cx = 0,8789 / 1,4R2$, substituindo temos:

$$0,8789 / 1,4(522.200) = 0,8789 / 731.080 = \mathbf{1,202\mu F}$$

Como $Cx = C1 + C2$, podemos adotar, por exemplo, como valores comerciais:

$$680nF + 470nF = 1,15\mu F \text{ ou outras opções de associação como por exemplo: } 680nF + 560nF = 1,24\mu F$$

Para o resistor R2, podemos adotar um valor comercial de 510k (560k também poderá ser adotado, já que a tolerância é muito baixa em relação ao valor calculado). Os capacitores C1 e C2 devem ser de boa qualidade para proporcionar baixa tolerância em relação ao seu valor nominal.

Embora mais caros, os capacitores de tântalo são uma boa opção.

APÊNDICE – 3

MELHORANDO A PRECISÃO DO TEMPORIZADOR

Se analisarmos os cálculos feitos anteriormente para os tempos de temporização, quando se utiliza chave rotativa ou painel com chaves HH, dependemos de valores comerciais disponíveis no mercado, que muitas vezes que diferem dos valores calculados.

A dificuldade de encontrar no comércio de componentes eletrônicos valores exatos compatíveis com os valores calculados, pode ser contornada com associações em série, paralela ou mista de componentes.

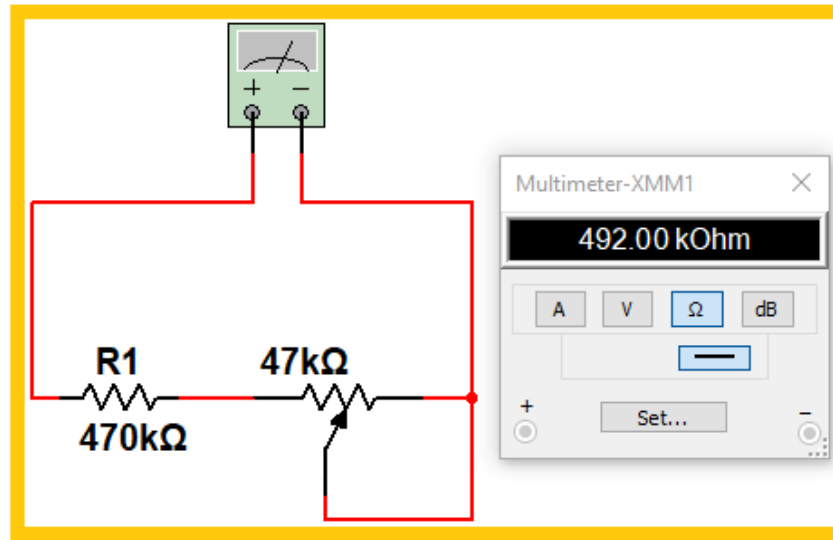
Uma opção é associar ao resistor um trimpot (resistor variável) em série, que permitiria um ajuste perfeito de valores calculados.

Vamos admitir que um certo valor calculado para resistor para temporização seja igual a $492k\Omega$.

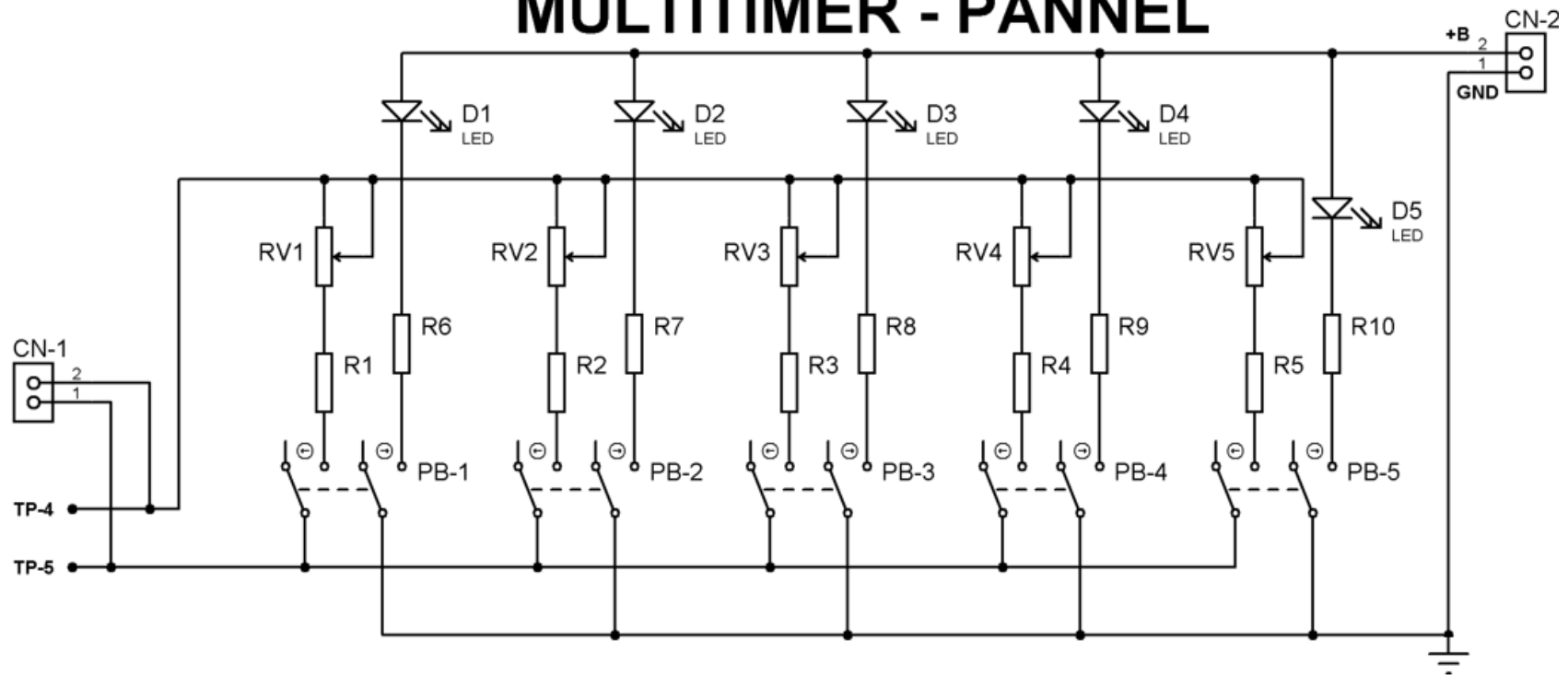
Os valores comerciais normalmente encontrados mais próximos são de $470k\Omega$ e $510k\Omega$.

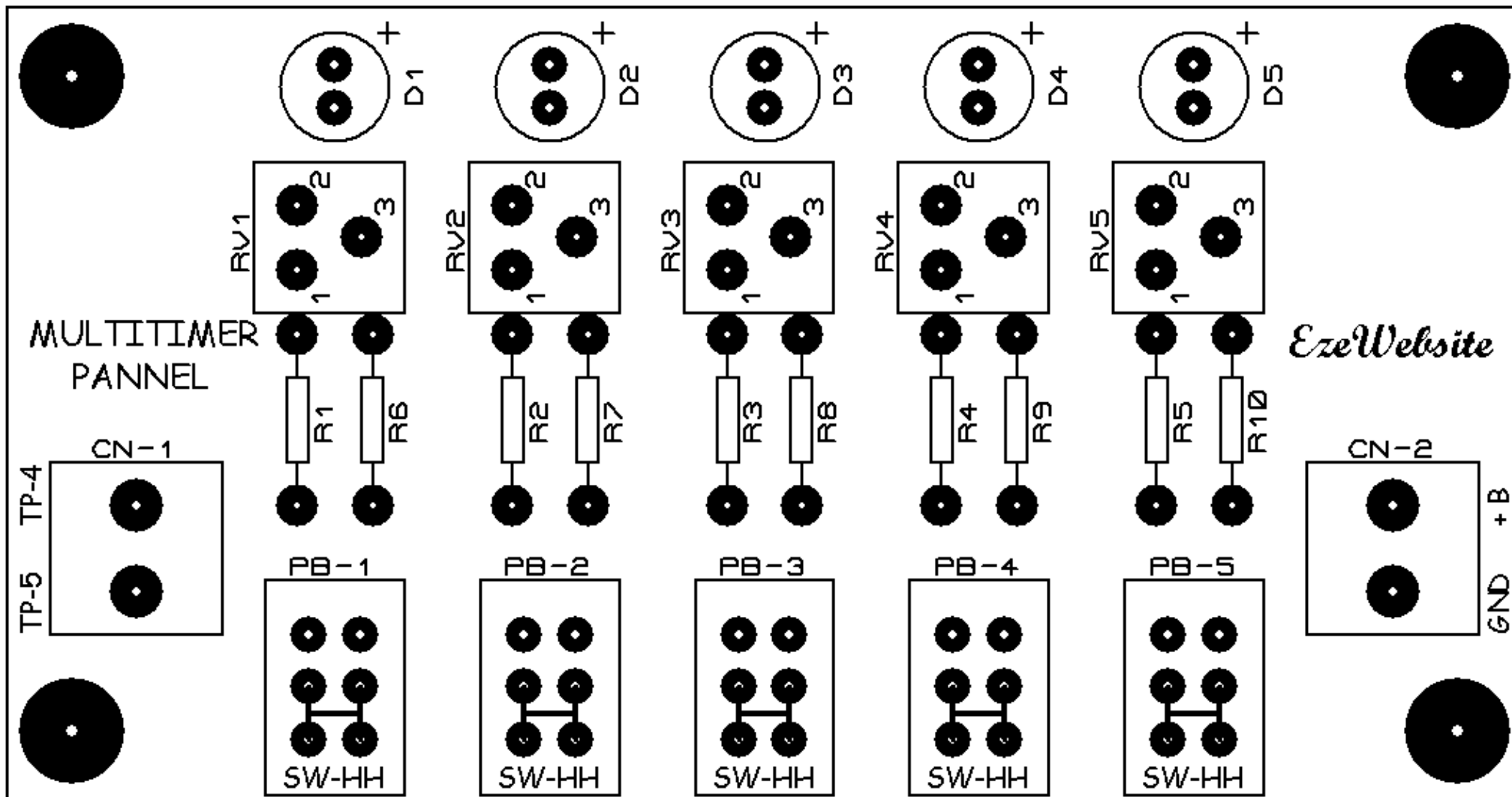
Veja a seguir uma sugestão bem prática e eficiente, onde um resistor fixo está associado em série a um resistor variável.

Basta seguir a sugestão para obter outros valores.

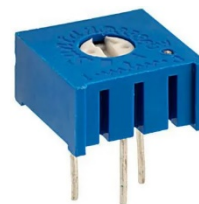


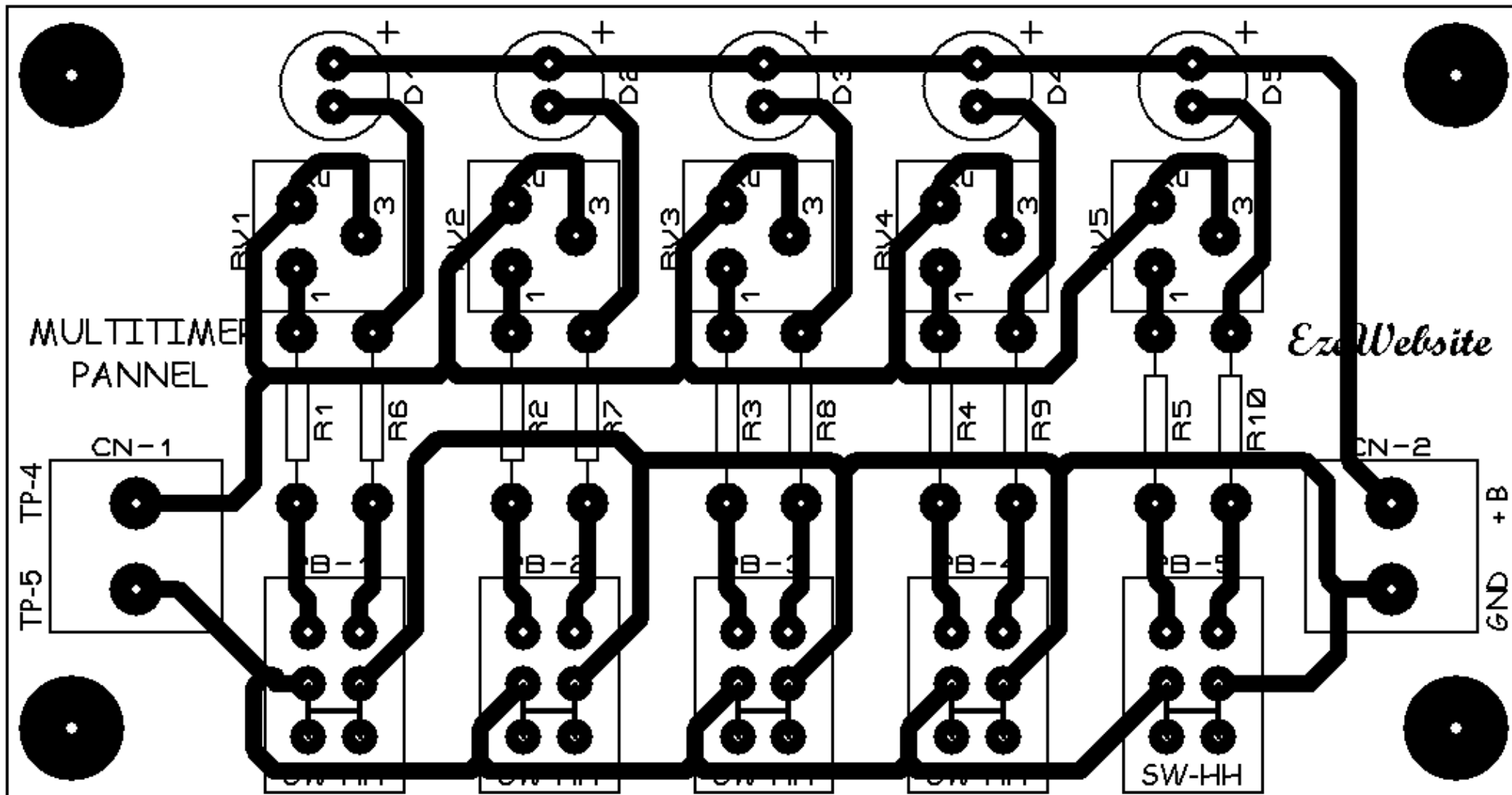
MULTITIMER - PANNEL





Trimpot sugerido: 3386F





Dimensões: 9 x 4,7cm

APÊNDICE – 4

SELECIONANDO CHAVES SIMULTÂNEAMENTE NO PAINEL DE TEMPORIZAÇÃO

Os pontos TP-4 e TP-5 mostrados no esquema tem por finalidade selecionar o componente que comporá a temporização, neste caso o potenciômetro, chave rotativa ou painel de temporização.

No *painel de temporização*, à medida em que essas chaves vão sendo selecionadas para compor o cálculo do tempo, os resistores R1 a R5 vão sendo associados em paralelo (basta verificar o esquemático do painel).

Se por exemplo todas as chaves forem acionadas, teremos então R1//R2//R3//R4//R5

Dessa forma, 560k//1M2//2M2//3M9//5M1 = 283,6k.

Neste caso, vamos utilizar como exemplo o painel de temporização já calculado (página 10).

Daí então podemos calcular o novo tempo, partindo da fórmula geral, e neste caso considerando J3 fechado (divide por 2048)

$$T = 1,4(R2 + R_x)(0,94 \times 10^{-6})$$

$$T = 1,4(100k + 283,6k)(0,47 \times 10^{-6})$$

$$T = (140k + 397,04k)(0,94 \times 10^{-6}) = 0,5048$$

$$0,5048 \times 2048 = 1033,87$$

$$1033,87 / 60 = 17,23 \text{ minutos (J3 fechado)}$$

Ao trocar J3 por J1, mantendo todas as chaves do painel pressionadas, teremos como resultado (J1 divide por 512):

$$0,5048 \times 512 = 258,46$$

$$258,46 / 60 = 4,31 \text{ minutos (J1 fechado)}$$

Com isso podemos então modificar o tempo de operação do nosso Multitimer a partir de um cálculo já estabelecido para os resistores no painel de temporização.

Portanto, sem modificar o valor de qualquer componente, seja na placa principal ou no painel de temporização, podemos redimensionar tempos de operação basicamente de duas maneiras:

1 – Reposicionando os jumpers

2 – Selecionando simultaneamente chaves de temporização

Vejamos outra hipótese em que as chaves que correspondem ao tempo de 1 hora e 2 horas sejam acionadas simultaneamente:

Teremos então os resistores de 1M2 e 2M2 em paralelo, que resultará em uma resistência equivalente igual a 776,47k Ω

$$T = 1,4(100k + 776,47k)(0,94 \times 10^{-6})$$

$$T = 1,22706 \times 10^6 \cdot 0,94 \times 10^{-6} = 1,153$$

Considerando J3 fechado: $1,153 \times 2048 = 2362,234$

$$2362,234 / 60 = 39,37 \text{ minutos}$$

Considerando J1 fechado: $1,153 \times 512 = 590,336$

$$590,336 / 60 = 9,84 \text{ minutos}$$