
SEL0610 – Laboratório de Circuitos Eletrônicos
2º Semestre de 2023

Nome – Aluno 1: Carlos Henrique Hannas de Carvalho	Num. USP: 11965988
Nome – Aluno 2: Pedro Antonio Bruno Grandio	Num. USP: 12547166

Transistor Bipolar de Junção (TBJ) - Características Físicas e Operação como Chave - Prática 3

PARTE 1

Fez-se 4 medições de um diodo TBJ $BC548B(npn)$, a partir de um multímetro.

- Teste 1: Medição Base (+) - Emissor (-);
- Teste 2: Medição Base (-) - Emissor (+);
- Teste 3: Medição Coletor (+) - Base (-);
- Teste 4: Medição Coletor (-) - Base (+);

ITEM A)

A partir de cada um dos testes, montou-se a tabela 1 para verificar, com clareza, a condição de cada uma das tensões.

Teste	Condição Tensão [V]
1	0,714
2	.OL
3	.OL
4	0,710

Tabela 1: *Tabela de condição das medidas do TBJ.*

O transistor TBJ pode ser visto como dois diodos contrapostos; a base possui dopagem P; o coletor e emissor possuem dopagens N. Assim, os testes realizados são, basicamente, polarizações de um diodo.

No teste 1 aplicou-se uma tensão positiva entre base e emissor, e polarizou-se diretamente o diodo entre elas. Dessa forma observou-se o resultado de queda de tensão de 0.7V; o mesmo para quando se aplicou uma tensão positiva entre base e coletor, no teste 4.

Os testes 2 e 3, teve-se uma polarização inversa dos diodos - aplicando um potencial positivo no material N e negativo no P, observou-se que eles se comportavam como um circuito aberto.

PARTE 2

Montou-se o seguinte circuito eletrônico, utilizando o TBJ $BC548B(npn)$ e dois resistores ($R1 = 1020\Omega$ e $R2 = 2240\Omega$):

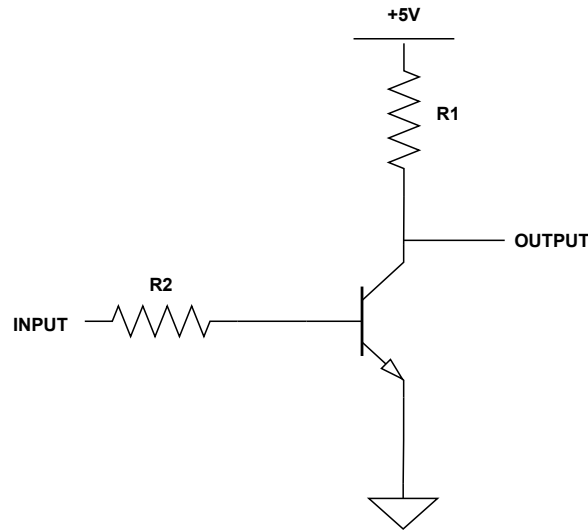


Figura 1: Circuito eletrônico usando um TBJ.

ITEM A)

A partir da imagem 1 pode-se verificar o comportamento das tensões de saída *output* (V_o), para diferentes tensões de entrada *input* (V_i). Além disso, calculou-se a corrente do coletor (I_c), através da seguinte relação:

$$I_c = \frac{5 - V_o}{R1} \quad (.1)$$

A tabela 2 apresenta os valores de V_i , V_o e I_c :

Tensão <i>input</i> V_i [V]	Tensão <i>output</i> V_o [V]	Corrente de Coletor I_c [mA]
0,0	5,010	0,00
0,1	5,007	0,00
0,2	5,006	0,00
0,3	5,006	0,00
0,4	5,004	0,00
0,5	4,987	0,00
0,6	4,405	0,20
0,7	0,073	2,24
1,0	0,025	2,26
2,0	0,011	2,27
3,0	0,007	2,27
5,0	0,007	2,27

Tabela 2: Tabela de tensões V_i e V_o e corrente I_c .

Tendo em vista os resultados da tabela 2, fica evidente que após atingir uma tensão limite na base, em torno de 0.7V, o TBJ passa a conduzir corrente do coletor para o emissor, se comportando, quase, como um curto-circuito.

Antes disso, ele se comporta como um circuito aberto, por isso, inicialmente, o potencial de saída é o da fonte. Conforme aumenta-se o potencial na base, aumenta-se a condutividade do transistor, região de operação chamada "de saturação", o que gera pequenas quedas de tensão (de 0.5V a 0.6V), até que ele atinge a região dita "ativa"(a partir de 0.7V), na qual se comporta como um curto.

ITEM B)

A partir da tabela 2, gerou-se o gráfico da imagem 2, de curvas V_i versus I_c

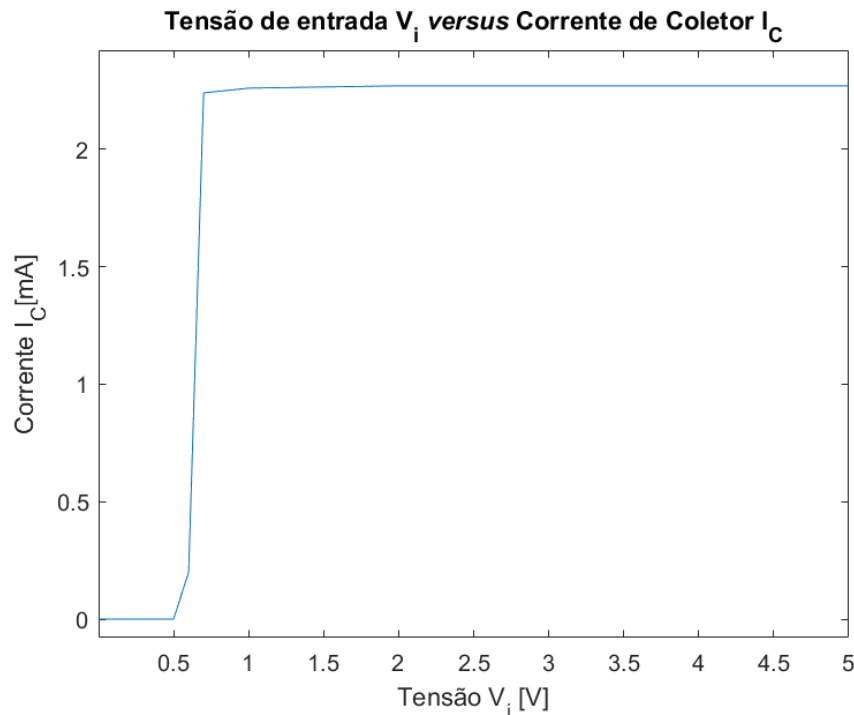


Figura 2: Tensão de entrada vs Corrente de Coletor

O gráfico mostra claramente as três regiões de operação do TBJ definidas na literatura. Em um primeiro instante, o transistor se encontra em corte, pois não há condução de corrente. Na sequência, conforme aumenta-se a tensão, o transistor atinge a região de saturação, na qual a corrente cresce exponencialmente, estagnando, por fim, quando se atinge a região de corte.

Vale mencionar que a curva se torna constante a uma corrente de, aproximadamente 2.3mA, porque o resistor de coletor age limitando a corrente que flui através do dispositivo; caso contrário, a corrente tenderia a infinito.

ITEM C)

É evidente que, quando possui uma tensão menor que 0.7V, a saída apenas "copia" a tensão de 5V, e que, para tensões superiores a esse valor, a saída é nula.

Assim, pode-se pensar que, definindo que um valor menor que 1V corresponde ao nível lógico "baixo" e maior que isso ao nível "alto", o transistor se comporta como uma porta lógica inversora, na qual um valor de entrada alto gera uma saída baixa e vice-versa.

PARTE 3

Montou-se o seguinte circuito eletrônico, utilizando o TBJ $BC548B(npn)$, LED $CQX35A$ e dois resistores ($R1 = 178,8\Omega$ e $R2 = 9898\Omega$):

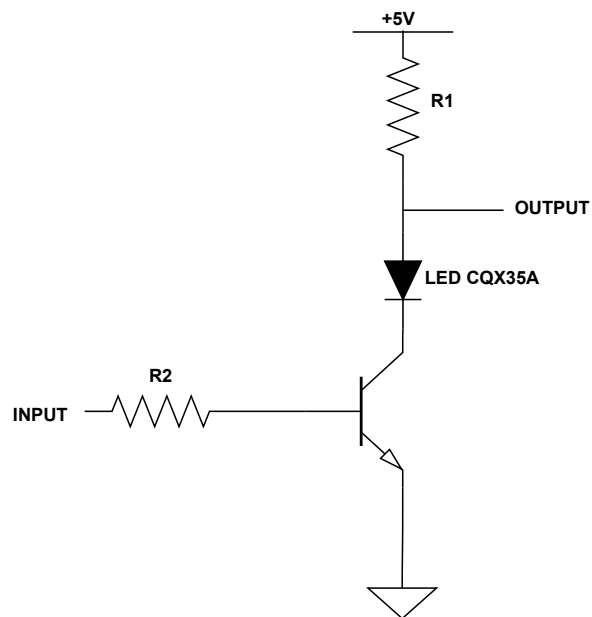


Figura 3: Circuito eletrônico usando um TBJ e um CQX35A.

ITEM A)

A partir da figura 3, pode-se, através de um osciloscópio, verificar o sinal de entrada e saída. A imagem 4, a seguir, mostra o resultado encontrado:

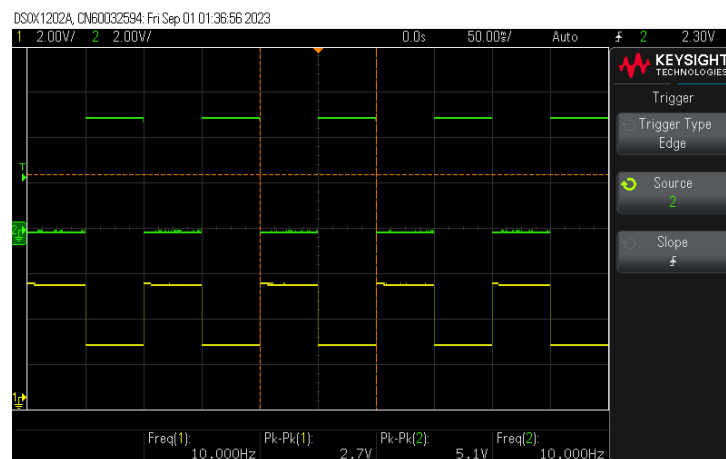


Figura 4: Sinal de entrada e saída, a partir do osciloscópio.

ITEM B)

Considerando que a entrada é uma onda quadrada, o transistor estará constantemente transicionando entre ativo (quando a entrada for "alta") e em corte (quando a entrada for "baixa"). Assim, ele conduzirá corrente se a entrada for alta, e não conduzirá se a entrada for baixa.

Dessa forma, caso a entrada seja alta, a corrente flui pelo led polarizado e acende, o que fica evidente na imagem 4 - momento em que a saída (tensão no led) é sua tensão de operação, em torno de 2.3V para o led vermelho.

Já quando a entrada é baixa, não há fluxo de corrente, e a saída apenas reflete a tensão de 5V da entrada.

Por fim, aumentar ou diminuir a frequência do sinal de entrada, percebe-se também um aumento ou diminuição, respectivamente, da frequência com que o led acende e apaga. Para frequências muito altas

(maiores que 100Hz), apesar do led operar segundo os mesmos princípios apresentados, fica impossível perceber os efeitos a olho nu.

CONCLUSÕES

Nessa prática estudou-se o comportamento dos transistores bipolares de junção (TBJ). Inicialmente verificou-se a composição e o funcionamento isolado do transistor como dois diodos contrapostos, quando aplicou-se tensões de forma que ele se comportasse como direta e inversamente polarizado - esses testes são vistos na tabela 1. A partir disso, pode-se então, estudar a aplicação dele em circuitos eletrônicos.

Como citado anteriormente, os transistores bipolares de junção atuam semelhantemente a um diodo. Dessa forma, percebe-se que um aumento da tensão de base até 0.7V, implica em uma não condução de corrente elétrica, i.e, diodo atua como um circuito aberto. A partir dessa tensão de quebra (0.7V), o TBJ inicia a condução de corrente no coletor, até um limitador físico, à medida em que aumenta a tensão *input* da base - isso é verificado na literatura e mostrado na figura 2, como as regiões de operação do transistor.

As regiões de operação do TBJ podem ser vistas fisicamente, quando adiciona-se um led em série ao transistor. Aplicando uma tensão variável no tempo, percebe-se através do led ligado e desligado, as regiões de condução e corte do transistor, respectivamente.