

3 Relatório

3.1 Introdução

Dentre os modos de operação dos transistores bipolares de junção, estão o corte e a saturação, que são modos onde o dispositivo atua de forma similar à uma chave, que estaria aberta no corte e fechada na saturação.

Este tipo de operação é interessante pelo fato de que as aplicações de transistores não estão limitadas à amplificação de sinais, eles também podem ser usados em circuitos digitais, pela sua operação como chave [1], criando circuitos como o inversor da figura 5.

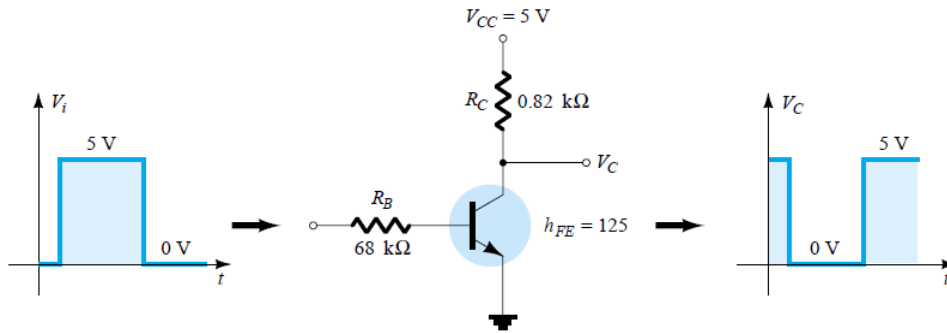


Figura 5: Circuito inversor, fonte: Boylestad et. al. [1].

A importância deste tipo de circuito está no fato de que o mundo cada vez mais trabalha com circuitos digitais, e o estudo deste tipo de circuito é cada vez mais necessário para compreender o funcionamento das aplicações atuais. Além disso, esses modos de operação do transistor nos permite compreender um pouco mais o funcionamento destes dispositivos, principalmente ao observar experimentalmente tais operações.

Adicionalmente, o estudo dos circuitos propostos nesta prática nos permitem aplicar a reta de carga para analisar tais circuitos e compreender o funcionamento dos mesmos. Além de possibilitar a análise da polarização de transistores bipolares em saturação, corte e reversamente polarizados, assim como suas respostas à entradas AC.

3.2 Análises

Em primeiro momento, preparou-se o circuito da figura 1 e calculou-se o valor de resistência do potenciômetro necessário para que a corrente de base fosse igual à 30 μA . Assim, pela lei de Ohm, concluiu-se que devia-se ajustar o potenciômetro em 39,73 $\text{k}\Omega$.

Com o potenciômetro ajustado, foram medidos V_{BE} , V_{CE} e I_C , com um multímetro, onde as medidas encontram-se na tabela 1. Feito isso, substituiu-se o resistor R_C de 10 $\text{k}\Omega$ por um de 1 $\text{k}\Omega$ e repetiu-se as medições que são exibidas, também, na tabela 1.

Tabela 1: Medidas de tensão e corrente para o circuito do experimento 1.

| R_C ($\text{k}\Omega$) | V_{BE} (V) | V_{CE} (V) | I_C (mA) |
|----------------------------|--------------|--------------|------------|
| 10 | 0,64 | 58 m | 1,07 |
| 1 | 0,69 | 1,06 | 9,13 |

Além disso, com os dados da tabela 1, traçaram as retas de carga para os dois valores de R_C utilizados, como exibe a figura 6.

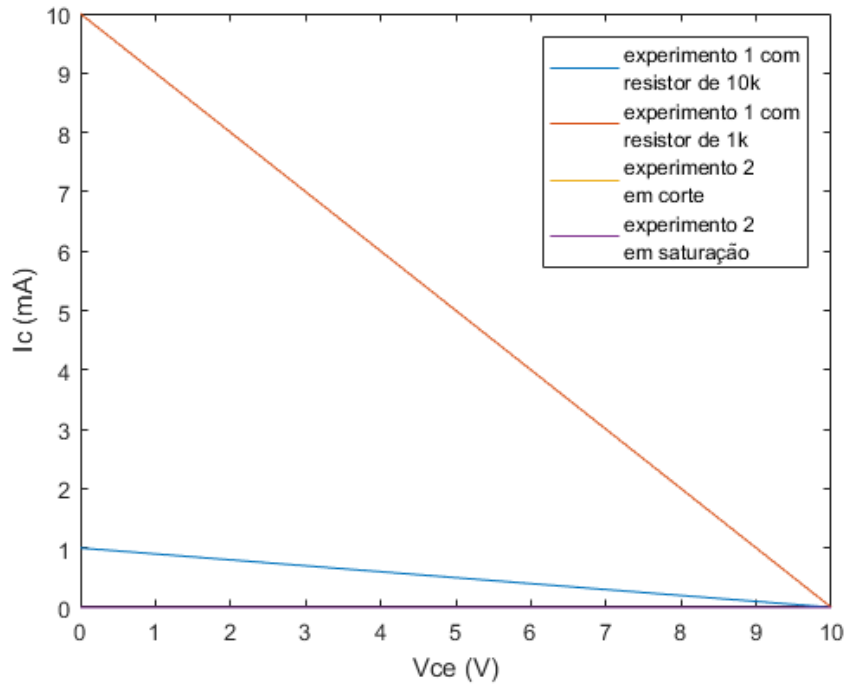


Figura 6: Retas de cargas para os experimentos efetuados.

Comparando a reta de carga com as curvas de corrente de base dadas pelo datasheet do componente exibidas na figura 7, conclui-se que o transistor está em saturação, pois, pelas retas de carga do experimento 1, observa-se que a intersecção destas curvas está na região de saturação.

Para o segundo experimento, montou-se o circuito da figura 2, com o potenciômetro ajustado conforme anteriormente, e, com o multímetro, foram realizadas medidas de V_{BE} , I_B , V_{CE} e I_C para traçar a reta de carga, mostrada, também na figura 6. Com as medidas realizadas, concluiu-se que o transistor está em corte, pois $I_C = 0,00$ A. Em seguida, polarizou-se o circuito reversamente como na figura 3, e repetiram-se as medidas, que são comparadas na tabela 2.

Tabela 2: Medidas para diferentes polarizações

| Polarização | V_{BE} (mV) | I_B (mA) | V_{CE} (V) | I_C (mA) |
|-------------|---------------|------------|--------------|------------|
| Corte | 31,6 | 0,00 | 10 | 0,00 |
| Revcrsa | -16 | -1,016 | 10 | 0,00 |

Assim, comparando as retas de carga do experimento 2 com as curvas do datasheet, concluímos que, no primeiro caso, o circuito está em corte e, no segundo, está reversamente polarizado (I_B negativo).

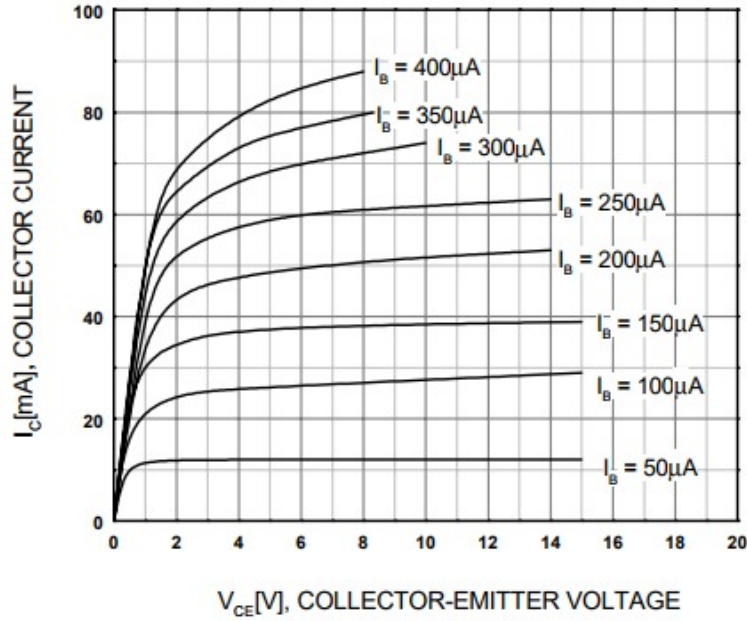


Figura 7: Curvas de corrente de base do transistor [2].

No terceiro experimento, montou-se o circuito da figura 4 e aplicou-se um tensão senoidal de amplitude de 3 volts de pico e frequência de 10 kHz. Com isso, mediram-se, com o multímetro, as tensões de base e coletor do transistor, em relação ao GND, que são exibidas na tabela 3. Por fim, removeu-se o sinal de entrada senoidal e repetiram-se as medidas, que foram incluídas à tabela 3.

Tabela 3: Medidas do experimento 3.

| | V_B (V) | V_C (V) |
|----------------------|-----------|-----------|
| Com sinal de entrada | 750 m | 73 m |
| Sem sinal de entrada | 0 | 8,57 |

3.3 Discussões

No primeiro experimento, foi construído o circuito da Figura 1. O circuito possui um transistor com a configuração de polarização emissor comum, e tem como objetivo saturar o transistor. Um transistor bipolar começa a entrar em saturação quando $V_{CE} < 0,2$ e $V_{BE} > 0,6$, pois a partir dessas tensões, as junções base-emissor e base-coletor começam a conduzir. Inicialmente foi utilizado um R_C de 10k Ohms e, de acordo com os dados da Tabela 1, pode-se perceber que o transistor de fato encontra-se saturado. Então, trocou-se R_C para um resistor de 1k Ohm e o transistor deixou de estar saturado, pois $V_{CE} > 0,2$. Os resultados obtidos em ambas condições foram dispostos em uma reta de carga apresentada na Figura 6. A partir dela, pode-se notar que, conforme aumenta-se o valor de R_C , diminui-se o valor de I_C , até um momento em que para R_C acima de um determinado valor, o transistor entra em saturação, e seu ganho cai drasticamente (note que em ambos os valores de R_C , I_B manteve-se constante em 30uA).

No segundo experimento, foi construído o circuito da Figura 2. O circuito possui um transistor, novamente, com a configuração de polarização emissor comum, e tem como objetivo deixar o transistor na região de corte. Um transistor bipolar começa a entrar na região de corte quando $V_{BE} < 0,6$, pois a partir dessa tensão, a junção base emissor fica cortada. Após isso, construiu-se no lugar o circuito da Figura 3, com o objetivo de se polarizar reversamente a junção base emissor. Os resultados dos experimentos foram dispostos na Tabela 2 e no gráfico da Figura 6. Em ambos os casos, a corrente de coletor I_C foi igual a 0. Na situação de corte, ambas junções base coletor e base emissor ficam cortadas, não havendo corrente de base I_B nem corrente de coletor I_C , conforme vê-se nos dados da Tabela 2. Na situação de polarização reversa, há corrente entrando no emissor e saindo pela base, porém, não há presença de corrente no coletor no processo.

No terceiro experimento, foi construído o circuito da Figura 4. O circuito possui, igual aos demais, um transistor com a configuração de polarização emissor comum, e tem como objetivo alternar os estados do transistor, colocando-o e tirando-o da região de corte. Para valores suficientemente grandes da tensão de entrada (pelo menos 0,6 Volts), o diodo D2 passa a conduzir corrente, e parte dessa corrente entra na base do transistor. Isso faz com que haja uma corrente no coletor do transistor, que ocasiona uma queda de tensão no LED, acendendo-o. Por outro lado, para valores da tensão de entrada que não consigam fazer o diodo D2 conduzir corrente, não há entrada de corrente na base, e, portanto, não há corrente no coletor do transistor, fazendo com que o LED fique apagado.

3.4 Conclusões

Nesta prática foi possível estudar e compreender o funcionamento de circuitos construídos com base no transistor bipolar, junto de suas regiões de operação (corte, ativa e saturação) e suas características.

Foram realizados alguns experimentos que tiveram como base, uma configuração emissor comum. No primeiro experimento, construiu-se um circuito em que o transistor atua na região de saturação. Pode-se perceber que, para um V_{BE} suficientemente grande (aproximadamente maior que 0,6V), e para um V_{CE} suficientemente pequeno (aproximadamente menor que 0,2V), o transistor entra em saturação, impactando diretamente seu ganho de corrente.

No segundo experimento, construiu-se um circuito em que o transistor atua na região de corte. Pode-se perceber que, para um V_{BE} suficientemente pequeno (aproximadamente menor que 0,6V), o transistor entra em corte, fazendo com que a corrente de base I_B e a corrente de coletor I_C sejam nulas.

No terceiro experimento, construiu-se um circuito em que o transistor fica entrando e saindo da região de corte. Enquanto há corrente I_B entrando na base, há corrente no coletor I_C e o LED acende. Porém, quando não há corrente entrando na base, não há corrente no coletor e o LED permanece apagado.

Referências

- [1] R. L. Boylestad and L. Nashelsky. *Electronic Devices and Circuit Theory*. Prentice Hall Press, Upper Saddle River, NJ, USA, 10 edition, 2008.
- [2] Fairchild Semiconductor. *NPN Epitaxial Silicon Transistor*, 2001.