

4 Relatório

4.1 Introdução

Nesta prática, deseja-se entender o funcionamento básico de um transistor de junção bipolar, através de análises em DC e AC.

Um transistor de junção bipolar é um transistor que usa tanto lacunas e elétrons como portadores de cargas, em contraste com os transistores unipolares, como o MOSFET, que apenas utiliza um tipo de portador de carga para sua operação.

A operação de um transistor bipolar de junção vem de duas junções entre dois tipos de semicondutores, tipo n e tipo p . Desta forma existem dois tipos de TBJ ; PNP e NPN . Os estados destas duas junções, junção emissor-base (EBJ) e junção coletor-base (CBJ) definem o comportamento do transistor, se ele está em saturação, corte ou ativo, conforme a Tabela 1 nos mostra.

Tabela 1: Tabela de modos de operação do transistor TBJ .

Modo	EBJ	CBJ
Corte	Reverso	Reverso
Ativo	Diretamente polarizado	Reverso
Saturação	Diretamente polarizado	Diretamente polarizado

Este tipo de transistor é largamente utilizado para amplificação de corrente e utilizado como chave em uma vasta gama de aplicações na in eletrônica. O transistor bipolar em aplicações de amplificação normalmente funciona no modo ativo enquanto quando funciona como uma chave pode ser utilizado tanto em saturação quanto no modo ativo.

O transistor BJT NPN em modo ativo requer uma tensão V_{BE} aplicada de forma que a base tipo P esteja a um potencial maior que o emissor de tipo N , logo deixando a junção EBJ diretamente polarizada. A junção CBJ , no entanto, precisa estar polarizada reversamente e para isso o coletor de tipo N precisa estar a um potencial maior que a base tipo P .

Como a junção EBJ está diretamente polarizada, uma corrente fluirá. Corrente composta por dois componentes: elétrons injetados do emissor na base e lacunas injetadas da base no emissor. A corrente no coletor será proporcional a $e^{\frac{v_{BE}}{v_T}}$ é dada por:

$$i_c = I_s e^{\frac{v_{BE}}{v_T}}$$

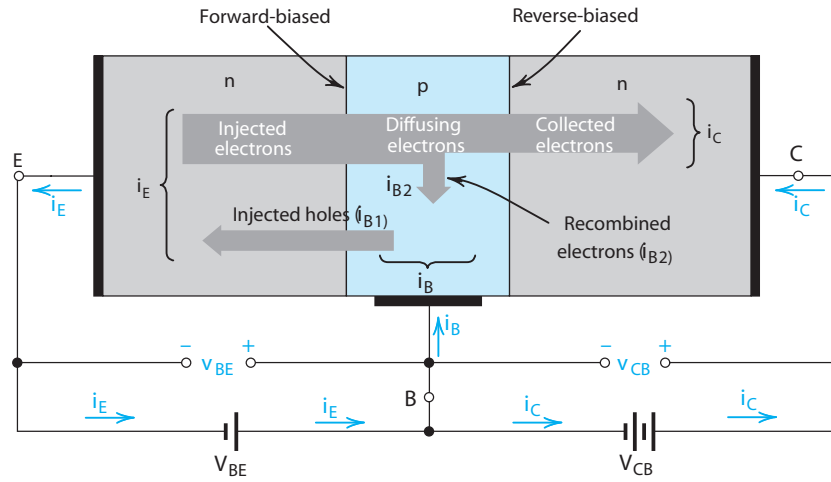


Figura 3: Corrente fluindo em um transistor npn polarizado para operar no modo ativo.

E a corrente na base:

$$i_b = \frac{I_s}{\beta} e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

E no emissor:

$$i_e = \frac{\beta + 1}{\beta} i_c$$

4.2 Análises

Tabela 2: Parâmetros de vários transistores bipolares da mesma do circuito em DC.

$I_{BQ}[\mu A]$	$I_{CQ}[mA]$	$V_{CEQ}[V]$
51	14.2	5.43
51	14	4.8
51	16	4.07

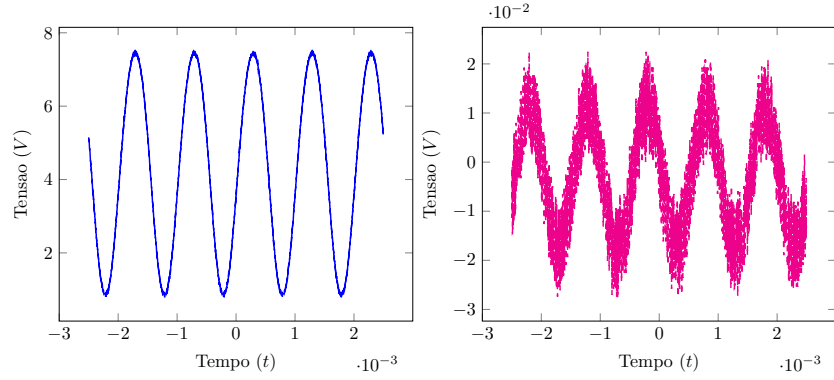


Figura 4: Sinal senoidal de frequência 1KHz aplicada a entrada do circuito da Figura 1, representado na cor magenta, e sua respectiva saída representada em azul.

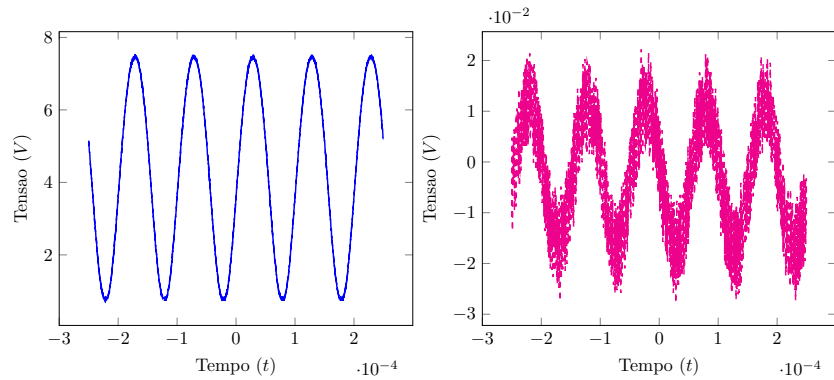


Figura 5: Sinal senoidal de frequência 10KHz aplicada a entrada do circuito da Figura 1, representado na cor magenta, e sua respectiva saída representada em azul.

Tabela 3: Tabela de ganho para diferentes frequências do sinal de entrada.

Frequência	Entrada CA RMS [mV]	Saída CA RMS [V]	Ganho
1KHz	11.52	2.34	-203
10KHz	11.17	2.39	-213.9
100KHz	10.32	1.958	-189.7

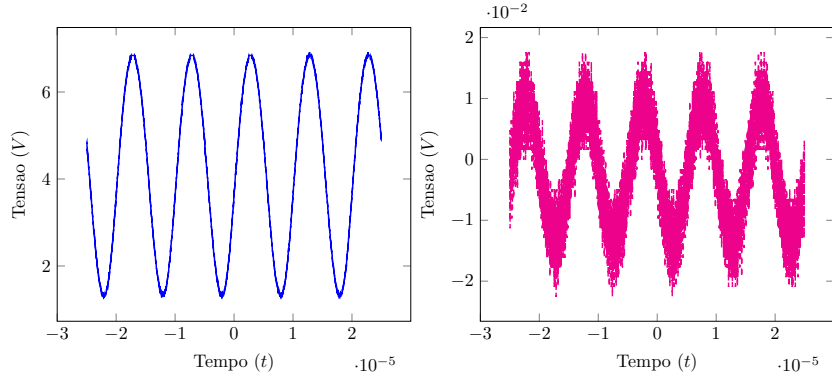


Figura 6: Sinal senoidal de frequência 100KHz aplicada a entrada do circuito da Figura 1, representado na cor magenta, e sua respectiva saída representada em azul.

4.3 Discussões

A Tabela 2 se refere a dados coletados de três transistores da família BC237. Esperávamos, pela teoria, que I_{BQ} fosse $50\mu A$, o que foi confirmado pelos dados empíricos, assim como I_{CQ} que deveria estar na faixa de $10mA$ mas variou entre 14.2 e 16 miliampéres. No entanto, o V_{CEQ} tiveram resultados bem diferentes do esperado, de $8V$ esperado obtivemos valores numa faixa de 4 a $6V$.

Os ganhos para os transistores foram de 313, 274 e 278. Percebe-se que existe uma variância relativamente grande entre eles e que o ganho teórico de 200 foi um resultado subestimado.

Para o experimento dois, podemos analisar o ganho medido no osciloscópio através da Tabela 3. Em uma análise teórica, poderíamos considerar o capacitor na entrada suficientemente grande e a partir do modelo de pequenos sinais, estimar o ganho teórico. Esta análise nos resultaria na relação abaixo (o valor medido do transistor R_c é 676Ω):

$$\frac{V_c}{V_{in}} = -g_m \times R_c = -\frac{10mA}{25mV} \times 676\Omega = -270$$

O que segundo a Tabela 3 não aparenta ser um resultado razoável, já que existe uma diferença grande entre a teoria e os resultados práticos. Isso pode ser relacionado com o fato de o modelo de pequenos sinais ser uma boa aproximação apenas para variações de amplitude menores que $10mV$ o que, no caso, não foi devidamente respeitado pelos sinais de entrada.

4.4 Conclusão

Nesta prática foram abordados conceitos a cerca do funcionamento de um transistor bipolar de junção, como testá-lo com um multímetro, qual deve ser o dimensionamento dos componentes do circuito para o funcionamento correto do transistor e quais as condições de operação do mesmo.

Recalculou-se através das resistências reais, os valores reais da corrente do circuito do transistor e, depois de validada, comparou-se com os resultados teóricos. Mediu-se também os valores da corrente da base, corrente do coletor e tensão coletor-base, que possibilitou calcular o ganho dos três transistores. Concluimos então que o ganho dos transistores se apresentou maior que na teoria que, em um análise conservativa, subestimou o ganho real.

O segundo experimento, envolveu análise em AC, com um sinal de entrada senoidal aplicado em diversas frequências. Um osciloscópio capturou os sinais de entrada e saída para os casos de 1kHz, 10kHz e 10kHz que possibilitaram entender como o sinal amplificado é. O ganho teórico foi calculado então e comparado com o sinal real. Estes ganhos se provaram bem diferentes, provavelmente pela condição de validade do modelo de pequenos sinais utilizado.

Desta forma, pôde-se entender o funcionamento básico de um transistor bipolar tanto em DC quanto em AC.