

OBJETIVO

Medição das características relevantes de um transistor npn

RESUMO

Um transistor bipolar é um componente eletrônico composto de três camadas semicondutoras alternadamente dopadas tipo p e tipo n, da base, do coletor e do emissor. Conforme a disposição das camadas, fala-se em transistor npn ou pnp. O comportamento de um transistor bipolar é caracterizado, entre outras, pelas curvas características de entrada, comando e saída, medidas, representadas graficamente e avaliadas, na experiência, no exemplo de um transistor npn.

TAREFAS

- Medição da curva característica de entrada, ou seja, da corrente básica I_B em dependência da tensão base-emissor U_{BE} .
- Medição da curva característica de comando, ou seja, da corrente do coletor I_C em dependência da corrente básica I_B com tensão coletor-emissor U_{CE} fixa.
- Medição da curva característica de saída, ou seja, da corrente do coletor I_C em dependência da tensão coletor-emissor U_{CE} com corrente básica I_B fixa.

APARELHOS NECESSÁRIOS

Número	Instrumentos	Artigo Nº
1	Placa de encaixe p. elementos de montagem.	U33250
1	Kit de 10 plugues de tiras, P2W19	U333093
1	Resistor 1 kΩ, 2 W, P2W19	U333024
1	Resistor 47 kΩ, 0,5 W, P2W19	U333034
1	Potenciômetro 220 Ω, 3 W, P4W50	U333042
1	Potenciômetro 1 kΩ, 1 W, P4W50	U333044
1	Transistor NPN BD 137, P4W50	U333082
1	Fonte de alimentação AC/DC 0 – 12 V, 3 A (230 V, 50/60 Hz)	U117601-230 ou
	Fonte de alimentação AC/DC 0 – 12 V, 3 A (115 V, 50/60 Hz)	U117601-115
3	Multímetro analógico AM50	U17450
1	Conjunto de cabos para experiências, 75 cm, 1 mm ²	U13800

FUNDAMENTOS GERAIS

Um transistor bipolar é um componente eletrônico de três camadas semicondutoras alternadamente dopadas tipo p e tipo n, base B, coletor C e emissor E. A base se encontra entre o coletor e o emissor e se destina ao comando. Em princípio, o transistor bipolar corresponde a dois diodos ligados em sentidos opostos com um anodo ou catodo comum. A bipolaridade é condicionada pelo fato de que, por conta dos tipos diferentes de dopagem, tanto eletrodos quanto furos participam do transporte de carga.

Conforme a disposição das camadas, fala-se em transistor npn ou pnp. (Fig. 1). Dependendo dos conectores entre os quais a tensão de entrada e de saída é aplicada, o transistor bipolar é operado como tetrapolo em três ligações básicas, a ligação de emissor, a ligação de coletor e a ligação básica. As designações das ligações indicam respectivamente a ligação comum de entrada e saída.

A seguir, somente o transistor npn será observado.

Conforme a ligação da transição base-emissor ou base-coletor na direção da passagem (U_{BE} , $U_{BC} > 0$) ou em direção oposta (U_{BE} , $U_{BC} < 0$), resultam quatro formas de operação do transistor npn (vide Tab. 1). Na operação avante do transistor, a transição BE polarizada na direção da passagem ($U_{BE} > 0$) injeta elétrons do emissor na base e furos da base no emissor. Como o emissor é significativamente mais dopado que a base, correspondentemente mais elétrons são injetados na base que furos no emissor e,

assim, as recombinações são minimizadas. Como a largura da base é muito menor que o comprimento de difusão dos elétrons que são portadores minoritários de carga na base, os elétrons se difundem através da base para a camada de barreira entre a base e o coletor e continuam até o coletor, pois a camada de barreira somente é um obstáculo para portadores majoritários de carga. Finalmente, institui-se uma corrente de transferência I_T do emissor para o coletor, que representa, na operação adiante, uma parcela significativa da corrente do coletor I_C . O transistor, portanto, pode ser interpretado como fonte de corrente comandada por tensão; a corrente I_C na saída pode ser comandada pela tensão U_{BE} na entrada. Os elétrons recombinantes na base são desviados como corrente básica I_B da base, para gerar uma corrente constante de transferência I_T e, assim, garantir a estabilidade do transistor. Através de uma pequena corrente de entrada I_B , então, é comandada uma grande corrente de saída I_C ($I_T \approx I_C$) e uma amplificação de corrente ocorre.

O comportamento de um transistor bipolar é caracterizado por quatro curvas características, a curva característica de entrada, comando e saída e de retroatividade (vide Tab. 2). Na experiência, as curvas características de entrada, comando e saída são medidas e representadas graficamente no exemplo do transistor npn.

Tab. 1: As quatro formas de operação de um transistor npn

U_{BE}	U_{BC}	Tipo de operação
> 0	< 0	Operação adiante / normal
> 0	> 0	Saturação
< 0	> 0	Operação reversa / inversa
< 0	< 0	Operação de bloqueio

Tab. 2: As quatro curvas características de um transistor npn em operação adiante.

Denominação	Dependência	Parâmetro
Curva característica de entrada	$I_B(U_{BE})$	
Curva característica de comando	$I_C(I_B)$	$U_{CE} = \text{const.}$
Curva característica de saída	$I_C(U_{CE})$	$I_B = \text{const.}$
Curva característica de retroatividade	$U_{BE}(U_{CE})$	$I_B = \text{const.}$

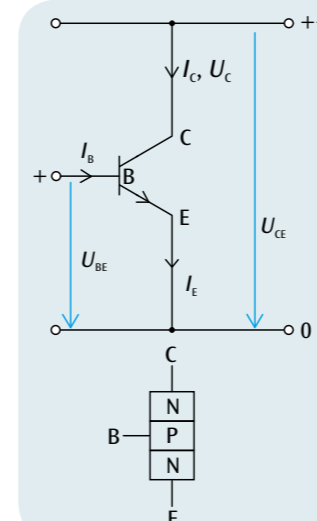


Fig. 1: Estrutura básica de um transistor npn com símbolos de ligação pertinentes e as tensões e correntes que surgem.

ANÁLISE

A partir da curva característica de entrada, é determinada a tensão limiar U_S , a partir da curva característica de comando, é determinado o fator de amplificação

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

e, a partir da curva característica de saída, é determinada a potência de perda

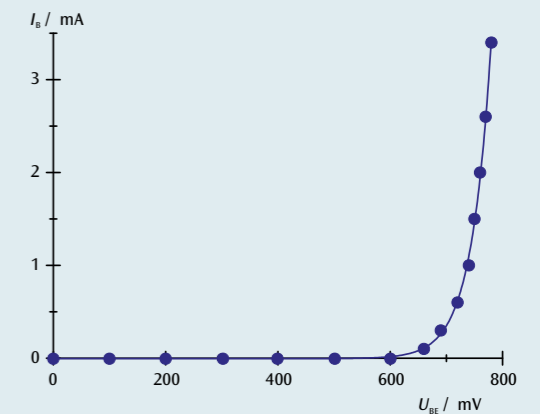


Fig. 2: Curva característica de entrada

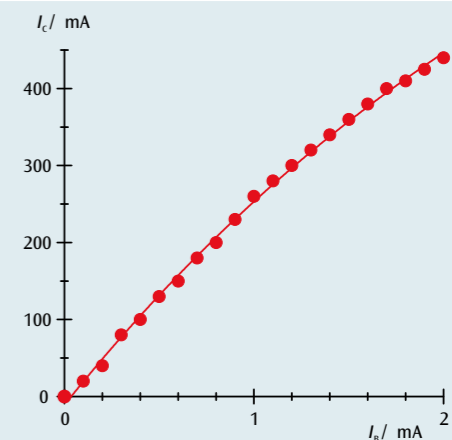


Fig. 3: Curva característica de comando para $U_{CE} = 5,2$ V

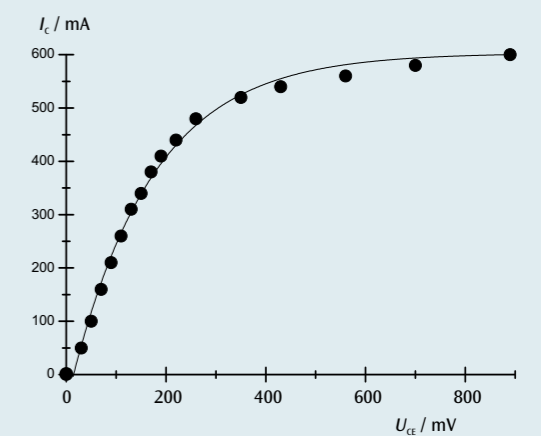


Fig. 4: Curva característica de saída para $I_B = 4,2$ mA