

Lab. de Circuitos Eletrônicos Analógicos – Exp. 08

ESPELHOS E FONTE DE CORRENTE WIDLAR COM TRANSISTORES BIPOLARES

Vídeo-Aula de Apoio:

<https://www.youtube.com/watch?v=p8tkvG9KqHE>

Objetivos: Familiarizar o aluno com as técnicas básicas utilizadas para espelhar ou replicar correntes, amplamente empregadas na polarização de circuitos integrados analógicos.

Componentes e instrumentação

Arranjo de transistores bipolares (CA 3046), resistores de $12\text{k}\Omega$ (ou valor próximo), potenciômetro de $4.7\text{k}\Omega$ ou $10\text{k}\Omega$ e voltímetro digital. Consulte o datasheet do CA 3046.

PRÉ-LABORATÓRIO:

Espelho básico com múltiplas saídas

1) Deduzir a expressão que relaciona o efeito da corrente de base no espelhamento das correntes para o circuito da Figura 1.

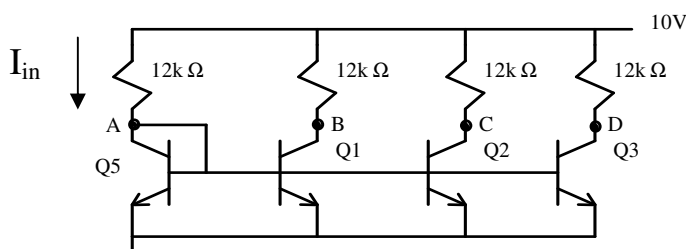


Figura 1

Espelho com reduzida sensibilidade às correntes de base (*beta helper*)

2) Deduzir a expressão que relaciona o efeito da corrente de base no correto espelhamento das correntes para o circuito da Figura 2.

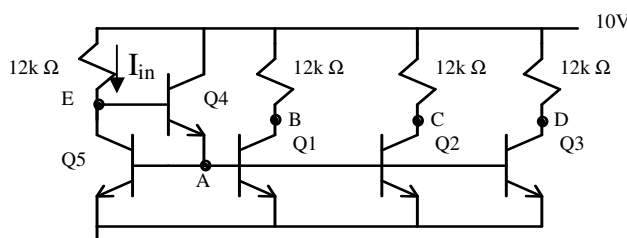


Figura 2

Fonte de corrente de Widlar

3) Deduzir a expressão que relaciona a corrente no coletor de Q3 em função dos parâmetros do circuito da Figura 3.

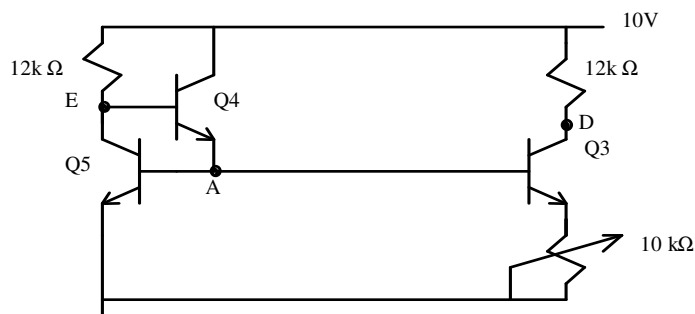


Figura 3

PARTE EXPERIMENTAL:

1) Inicialmente, medir todos os resistores a serem utilizados. Montar o circuito da Figura 1, mantendo o pino 13 (substrato) do 3046 no potencial mais baixo. Medir os potenciais em A, B, C e D, calculando as correntes espelhadas e os erros percentuais referentes a I_{in} . Determinar o casamento (ou descasamento) entre as correntes de saturação dos transistores. Obs.: $I_C = I_S \exp(V_{BE}/V_T)$. Adotar $V_A \rightarrow \infty$.

2) Montar o circuito da Figura 2. Medir os potenciais em A, B, C, D e E e repetir o procedimento do item anterior.

3) **Ainda no laboratório**, compare os erros percentuais entre os diferentes espelhos de corrente.

- Qual a montagem mais robusta quanto ao efeito da corrente de base?
- Estimar um valor médio aproximado para o β dos transistores do arranjo, utilizando o espelho básico da Figura 1. Nesse caso, assume-se que o descasamento entre as corrente espelhadas seja unicamente devido às correntes de base (β finito). No entanto, para que a estimativa seja válida, é essencial que se utilize as correntes de saturação de cada transistor obtidas através do espelho da Figura 2, pois na configuração com beta helper o descasamento entre as correntes reflete basicamente o descasamento entre as correntes de saturação I_S .

Utilizar as fórmulas aproximadas:

$I_{oj} \cong (I_{Sj} / I_{Sin}) I_{in} / [1 + (N+1)/\beta]$, $1 \leq j \leq N$: para o espelho básico. $N+1$ é o número de transistores.

$I_{oj} \cong (I_{Sj} / I_{Sin}) I_{in}$: para o espelho insensível às correntes de base.

4) De modo a investigar o efeito de tensão de Early finita V_A no espelhamento das correntes, substitua os resistores conectados aos nós B, C e D por valores de 3KΩ. Estime V_A , utilizando o modelo $I_{Ci} =$

$I_{COi} (1 + V_{CEi}/V_A)$, onde I_{CO} são valores obtidos no item 2), em cuja montagem o efeito Early foi cancelado.

5) Monte o circuito da Figura 3. Conectar o potenciômetro em série com o emissor de Q_3 . Medindo o potencial em D, ajustar o potenciômetro para valores aproximados de corrente de coletor de: 0,5; 0,2; 0,1; 0,05; 0,02 e 0,01 mA. Para cada valor de corrente, medir a queda de tensão nos terminais do potenciômetro e na base de Q_3 . Certifique-se de ter colatado um número suficiente de pontos para o bom levantamento do gráfico.

6) Utilizando papel com escala log, verificar a lei exponencial da corrente do transistor. Determinar a inclinação logarítmica (mV/década) e calcular a corrente de saturação, comparando-a com o valor obtido no item 1) da parte experimental. Utilize o método de extrapolação gráfica, assim como resolução analítica a partir da equação da junção pn. Compare os resultados e conclua.