

REFERENCIAS DE CORRIENTE ESTABILIZADAS MEDIANTE TENSIÓN BASE-EMISOR. CALCULO DE SENSIBILIDAD

Guadalupe Barquero Balsera¹, Jose V. Valverde Sánchez² y José Manuel García Barrero³

¹Universidad de Extremadura

²Universidad de Extremadura., valsan@unex.es

³Universidad de Extremadura. gbarrero@unex.es

RESUMEN

Se describen ciertas discrepancias que pueden presentarse en referencias de corriente, estabilizadas con transistores bipolares, al calcular los valores teóricos de la sensibilidad de la corriente respecto de la tensión de alimentación, con los obtenidos mediante PSPICE, si no se elige de forma adecuada la variable para la simulación.

1. INTRODUCCIÓN

Un circuito muy utilizado como referencia de corriente muy estable, frente a variaciones en la tensión de alimentación, se muestra en la figura.[3][2]

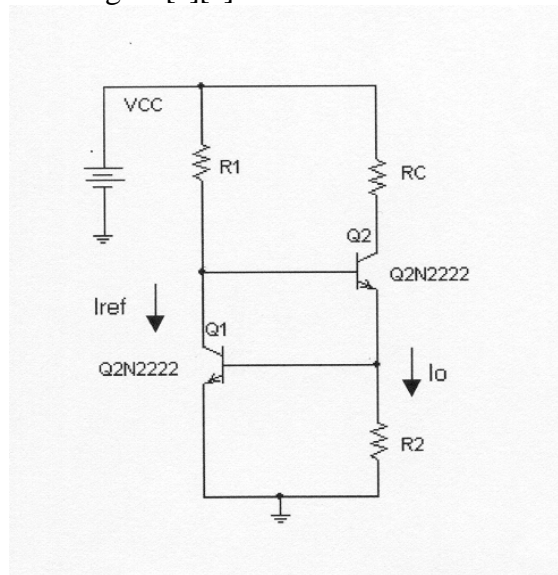


Figura 1. Referencia de Corriente

En él se verifica que:

$$I_{REF} = \frac{V_{CC} - V_{BE}(T_2) - V_{BE}(T_1)}{R_1} =$$

$$= \frac{V_{CC} - 2V_{BE}}{R_1};$$

Si suponemos que:

$$V_{BE}(T_2) = V_{BE}(T_1) = V_{BE}$$

Por otra parte, despreciando las corrientes de base, tenemos que: $I_0 = \frac{V_{BE}(T_1)}{R_2}$

Lo que hace que las variaciones de V_{CC} introduzcan cambios despreciables en I_0 , cosa que cuantificaremos calculando la sensibilidad $S_{V_{CC}}^{I_0}$.

El objeto del presente trabajo es describir ciertas discrepancias que pueden presentarse al comparar los valores teóricos de dicha sensibilidad con los simulados mediante PSPICE si no se elige de forma adecuada la variable para obtener la sensibilidad elemental por simulación.

2.CALCULO DE SENSIBILIDAD

Se define como: $S_{V_{CC}}^{I_0} = \frac{\Delta I_0 / I_0}{\Delta V_{CC} / V_{CC}} = \frac{V_{CC}}{I_0} \cdot \frac{\Delta I_0}{\Delta V_{CC}} \cong \frac{V_{CC}}{I_0} \cdot \frac{\partial I_0}{\partial V_{CC}}$; [4][5]

Pero: $V_{BE}(T_1) = I_0 R_2 = V_T \ln \frac{I_{REF}}{I_{CO}}$;

$$I_0 = \frac{V_T}{R_2} \cdot \ln \frac{I_{REF}}{I_{CO}} = \frac{V_T}{R_2} \cdot \ln \frac{V_{CC} - 2V_{BE}}{I_{CO} R_1} = \frac{V_T}{R_2} \ln \frac{V_{CC} - 2V_{BE}}{I_{CO} R_1};$$
 con lo que:

$$\frac{\partial I_0}{\partial V_{CC}} = \frac{V_T}{R_2} \cdot \frac{\frac{I_{CO} R_1}{(I_{CO} R_1)^2}}{\frac{V_{CC} - 2V_{BE}}{I_{CO} R_1}} = \frac{V_T}{R_2} \cdot \frac{1}{V_{CC} - 2V_{BE}};$$

$$\text{y } S_{V_{CC}}^{I_0} = \frac{V_{CC}}{I_0} \cdot \frac{V_T}{R_2} \cdot \frac{1}{V_{CC} - 2V_{BE}} = \frac{V_T}{I_0 R_2} \cdot \frac{V_{CC}}{V_{CC} - 2V_{BE}};$$

Nuestro diseño se ha hecho para obtener: $I_0 = 2,27mA$ con: $V_{CC} = 10v$; $V_{BE} = 0,66$; $R_2 = 294\Omega$; $R_1 = 3,81k$ y temperatura ambiente, de ahí que, sustituyendo en la expresión anterior: $S_{V_{CC}}^{I_0} = 0,044$

Si hacemos una simulación mediante PSPICE,[1] tomando como variable $I(V_{CC})$ y teniendo en cuenta que: $I(V_{CC}) = I_C(Q_1) + I_C(Q_2) = I_{REF} + I_0$ obtenemos como sensibilidad elemental los valores indicados en la tabla 1.

DC SENSITIVITIES OF OUTPUT I (V_V2)			
ELEMENT NAME	ELEMENT VALUE	ELEMENT SENSITIVITY (AMPS/UNIT)	NORMALIZED SENSITIVITY (AMPS/PERCENT)
R_R3	1.000E+03	5.570E-10	5.570E-09
R_R1	3.810E+03	6.219E-07	2.370E-05
R_R2	2.940E+02	7.648E-06	2.248E-05
V_V2	1.000E+01	-2.736E-04	-2.736E-05

Tabla 1. Sensibilidad elemental de la variable de salida

$S_E(I) = \frac{\Delta I(V_{CC})}{\Delta V_{CC}} = 2,736 \cdot 10^{-4}$; pero si $I_{REF} = I_O = \frac{I}{2}$, tendríamos para la corriente de salida:

$$S_E(I_O) = \frac{\Delta I_O}{\Delta V_{CC}} = \frac{\frac{\Delta I}{2}}{\Delta V_{CC}} = \frac{2,37 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 1};$$

Suponiendo que $\Delta V_{CC} = 0,1$ $V_{CC} = 1v$. y por tanto:

$S_{V_{CC}}^{I_O} = \frac{V_{CC}}{I_O} \cdot S_E(I_O) = 0,602$, que se aleja bastante del valor teórico calculado (0,044), ya que

hemos partido de un diseño en el que $I_{REF} = I_O$ solo si: $V_{CC} = Cte = 10v$, pero V_{CC} varía, con lo que: $I_{REF} \neq I_O$ y no es correcta la suposición hecha de que $I_O = \frac{I(V_{CC})}{2}$, por tanto, el valor de sensibilidad obteniendo basándonos en dicha suposición tampoco lo es.

Una posible solución es tomar como variable, para calcular la sensibilidad en PSPICE, la caída de tensión en R_2 , $V(R_2)$, en este caso, obtendríamos la tabla 2.

DC SENSITIVITIES OF OUTPUT V (R_R2)			
ELEMENT NAME	ELEMENT VALUE	ELEMENT SENSITIVITY (VOLTS/UNIT)	NORMALIZED SENSITIVITY (VOLTS/PERCENT)
R_R1	3.810E+03	6.892E-06	2.626E-04
R_R3	1.000E+03	6.420E-09	6.420E-08
R_R2	2.940E+02	-7.953E-07	-2.338E-06
V_V2	1.000E+01	-3.032E-03	-3.032E-04

Tabla 2. Nuevos valores de sensibilidad en función de V(R2)

Por tanto:

$$\frac{\Delta V(R_2)}{\Delta V_{CC}} = \frac{\Delta I_o R_2}{\Delta V_{CC}} = \frac{3022 \cdot 10^{-3}}{1}; \text{ donde: } \Delta V(R_2) = \Delta I_o R_2; \Delta V_{CC} = 1\text{v};$$

De ahí que:

$$S_{V_{CC}}^{I_o} = \frac{V_{CC}}{I_o} \cdot \frac{\Delta I_o}{\Delta V_{CC}} = \frac{V_{CC}}{I_o} \cdot \frac{\Delta V(R_2)}{\Delta V_{CC}} = \frac{3.032 \cdot 10^{-3}}{294} = 0,045;$$

Cuya coincidencia con el valor teórico calculado es muy aceptable.

3.BIBLIOGRAFIA

- [1] -Antognetti/Massobrio
"Semiconductor Device modeling with Pspice"
Editorial: Mc Graw-Hill (1988)
- [2] -Barquero Balsera Guadalupe
"Fuentes de corriente con referencias de polarización específicas"
Proyecto Fin de Carrera. Escuela de Ingenierías Industriales. Badajoz (2001)
- [3] -Antonio Rubio y otros
"Diseño de circuitos y sistemas integrados"
Ediciones UPC (2000)
- [4] - Gray/Meyer
"Análisis y diseño de circuitos integrados analógicos"
Editorial: Prentice Hall (1995)
- [5] -E. Kujit
"A precision reference voltage source"
IEEE Journal of solid state circuits .Vol 8, pág. 222-226 (Jun 1973)