

Guía 3: Fuentes y Espejos de Corriente

Ing. Juan Miguel David Becera Tobar.

Ing. Jose Demetrio Martinez M.

25 de marzo de 2012

Resumen

En la presente práctica vamos a familiarizarnos en primer lugar con una fuente de corriente que puede implementarse con dos dispositivos discretos ya estudiados a saber: el transistor bipolar y el diodo zéner. Posteriormente diseñaremos dos espejos de corriente fundamentales: el que se basa en BJTs y una fuente con compensación de base.

Como los espejos de corriente requieren dispositivos apareados en sus parámetros, no es fácil implementarlos con dispositivos discretos. Para la implementación del espejo con BJTs, utilizaremos un arreglo de transistores bipolares en un circuito integrado, el CA3046, LM3046, o LM3086 según el fabricante.

1. Fuente con zéner y BJT

En la figura 1, de (1) a (3) se muestran tres circuitos típicos de fuentes de corriente que utilizan un transistor bipolar y un diodo zéner. Las dos primeras emplean transistores NPN, la tercera un transistor PNP. Todas ellas se basan en la correcta polarización del diodo zéner mediante RZ, con lo cual se logra que el voltaje sobre la resistencia de emisor sea aproximadamente constante, e igual a $(V_Z - V_{BE})$; así la corriente por el emisor queda fija y dependiente del valor de RE que se haya escogido.

Si el beta del transistor es grande (digamos > 100), la corriente por la base del transistor es despreciable frente a la corriente que toma el diodo zéner, y la corriente de colector, que aquí hemos llamado I_0 y es la corriente de la fuente, será casi la misma del emisor, y no cambiará a pesar de las variaciones de la carga (que puede ser otro dispositivo activo, o una simple resistencia), siempre y cuando el voltaje del transistor entre el colector y el emisor no llegue a la saturación: es decir, si $V_{CE} > V_{CEsat}$.

1.1. Prelaboratorio

Deberán diseñar con anterioridad a la práctica, la fuente de corriente que se muestra en la figura 2, anotando todos los detalles del diseño en su bitácora. Escojan el zéner cuidadosamente y diseñen la polarización del mismo para una corriente de alrededor del 20 % de la máxima que pueda soportar el zéner escogido. Desprecien en el diseño la corriente que pueda estar tomando la base del transistor. Recuerden que los valores de RE y de RZ se deben normalizar al seriado E-24 al 5 %, lo cual probablemente hará que la corriente de la fuente no sea exactamente de 2mA.

En la hoja de datos del transistor 2N2222A pueden encontrar el valor del beta de dicho transistor así como datos acerca del voltaje de saturación del mismo a diversos valores de la corriente de colector. Esta información es clave para calcular cuál es el valor máximo que puede tener la resistencia de carga RL. Hagan el cálculo en casa y anótenlo en su diseño.

1.2. Laboratorio

Lleven al laboratorio seis o siete resistencias normalizadas comprendidas entre 100 hasta un valor superior al máximo del RL, que de acuerdo a sus cálculos llevaría al transistor fuera de su operación en región activa directa. Mídanlas cuidadosamente y anoten esos valores.

Monten el circuito en el protoboard previendo puntos de medida para los de voltajes de colector, emisor y base del transistor, y de tal manera, que se pueda cambiar fácilmente la resistencia de carga RL. Conecten

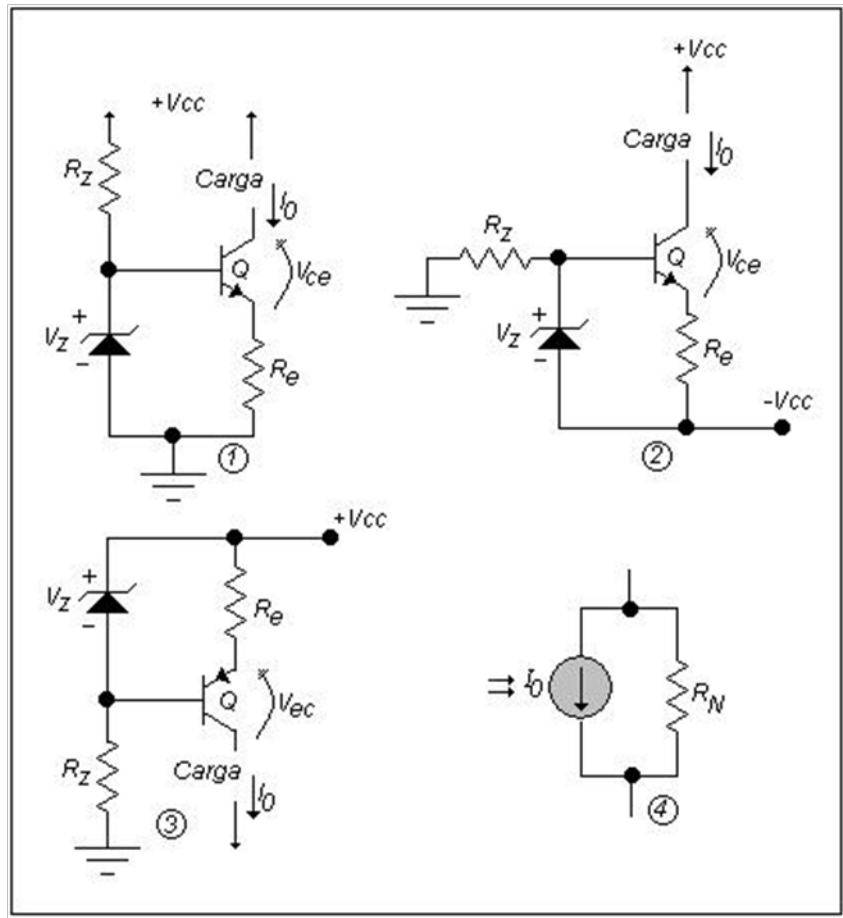


Figura 1: Fuentes de corriente con BJT y zéner.

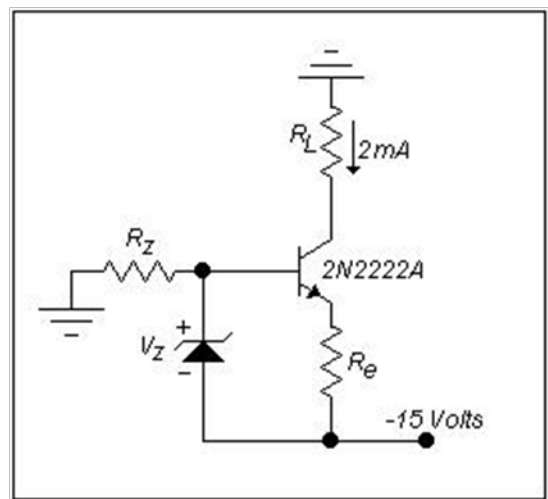


Figura 2: Fuente Zener

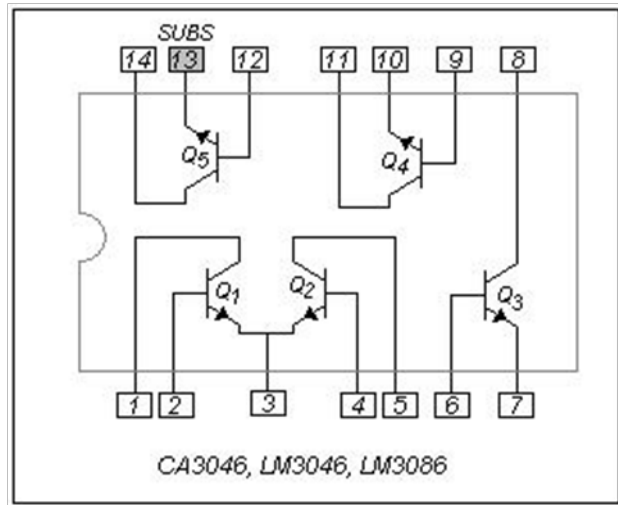


Figura 3:

en el laboratorio la fuente de -15V , y usando la resistencia de carga de menor valor, tomen con el multímetro digital las lecturas de los voltajes mencionados, así como del de alimentación. Repitan las medidas con las demás resistencias de carga en orden creciente, hasta llegar a la más alta, que de acuerdo a sus cálculos llevaría al transistor a saturación. Anoten todas las lecturas, así como los valores reales de las resistencias utilizadas cada vez.

Con base en sus medidas, construyan una gráfica de la corriente de salida de la fuente en función de la resistencia de carga. Utilicen papel semilogarítmico, y péguenla en su bitácora.

¿Que tan bien (o mal) resultó la predicción de la máxima resistencia de carga que podría alimentar esta fuente de corriente sin que esta cambiara de los 2mA aproximados que esperamos de ella?

¿Para qué valor de la resistencia de carga la disipación de potencia del transistor es la mas alta? Justifiquen su respuesta y calculen el valor de dicha potencia.

Ahora construyan una gráfica del voltaje entre colector y emisor VCE en función de la resistencia de carga utilizada. Utilicen papel semilogarítmico ¿Qué conclusión pueden sacar de la misma?

¿Cómo se comporta el voltaje en la base del BJT en función de la resistencia de carga? ¿Y el voltaje en el emisor?

2. Caracterización MOSFET canal P

Para nuestra práctica de los espejos de corriente con transistores bipolares de unión (BJT), podemos utilizar el circuito integrado 3046 o 3086, que és un arreglo de transistores de propósito general NPN, producido por varios fabricantes como Intersil y National Semiconductors, y fácilmente disponible en el mercado local, además de económico. La topología de un espejo simple de corriente con transistores BJT, se muestra en la figura 4 (1).

2.1. Prelaboratorio

Con anterioridad a la sesión de laboratorio deben diseñar el espejo de corriente que se muestra en la figura 5, utilizando los transistores Q_1 y Q_2 del circuito integrado, cuyos terminales están indicados en la misma. No olviden conectar el terminal 13 del integrado al potencial más negativo, que en este montaje es tierra. Observen que hemos utilizado un voltaje $V_{CC} = +12\text{V}$, menor (en valor absoluto) que el de la fuente discreta de la sección anterior. La corriente de salida del espejo la hemos fijado, como allí, en 2mA . El diseño en este caso consiste esencialmente en calcular el valor requerido de la resistencia de programación de la corriente de referencia R , teniendo en cuenta el beta (o h_{FE}) de los transistores del integrado y su V_{BE} , para lo cual utilizarán la información de la hoja de datos. El valor de R obtenido, se normalizará al valor mas

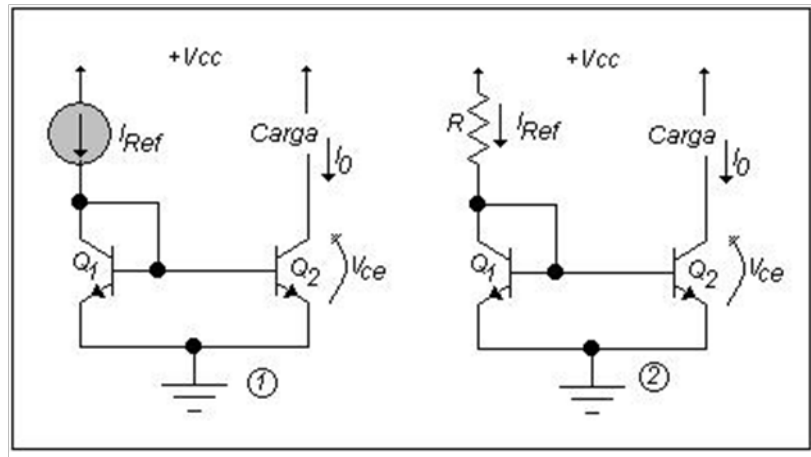


Figura 4: Espejo de Corriente Simple con BJT.

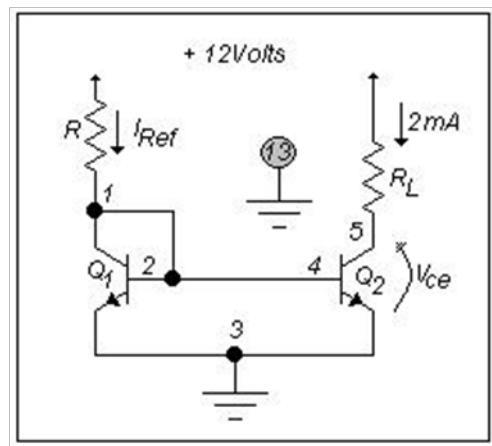


Figura 5: Datos de Diseño del Espejo de Corriente con BJT.

cercano dentro del seriado E-24 al 5 %, pero igualmente se medirá. Seguramente la corriente de salida no será exactamente 2mA debido a la normalización. Todos los cálculos y aproximaciones deben quedar consignados en su bitácora de laboratorio.

A continuación procedan a determinar el valor máximo de la resistencia de carga R_L , para lo cual requieren conocer el valor del voltaje de saturación V_{CEsat} de los transistores del integrado. Si no pueden obtener esa información, hagan un estimativo razonable por comparación con un transistor discreto de señal, cuya información conozcan mejor.

2.2. Laboratorio

Lleven al laboratorio seis o siete resistencias normalizadas comprendidas entre 100 hasta llegar a un valor superior al máximo del R_L , que de acuerdo a sus cálculos llevaría al transistor Q2 a saturación. Médanlas cuidadosamente y anoten esos valores.

Monten el circuito en el protoboard previendo puntos de medida para los voltajes de alimentación, colector y base del transistor, y de tal manera, que se pueda cambiar fácilmente la resistencia de carga R_L . Conecten en el laboratorio la fuente de +12V, y usando la resistencia de carga de menor valor, tomen con el multímetro digital las lecturas de los voltajes mencionados, así como del de alimentación. Repitan las medidas con las demás resistencias de carga en orden creciente, hasta llegar a la más alta, que de acuerdo a sus cálculos llevaría al transistor a saturación. Anoten todas las lecturas, así como los valores reales de las resistencias utilizadas cada vez.

Con base en sus medidas, construyan una gráfica de la corriente de salida de la fuente en función de la resistencia de carga. Utilicen papel semilogarítmico y péguenla en su bitácora. Ahora construyan una gráfica del voltaje entre colector y emisor VCE de Q2 en función de la resistencia de carga utilizada. Utilicen papel semilogarítmico.

¿Qué conclusión pueden sacar de la misma?

¿Qué tanta exactitud, de acuerdo con sus medidas, tuvo el cálculo de la máxima resistencia de carga que podría alimentar este espejo de corriente sin que cambiaran los 2mA aproximados que esperamos del mismo?

¿Para qué valor de la resistencia de carga se hace máxima la disipación de potencia del transistor Q2? Justifiquen su respuesta y calculen el valor de dicha potencia.

¿Porqué razón el transistor Q1 no puede entrar en saturación en la fuente de corriente?

3. Fuente de corriente con compensación de base

Para esta practica pueden utilizar para Q3 un dispositivo discreto o uno de los que estan disponibles en el integrado, segun su elección.

3.1. Prelaboratorio

Diseñen la fuente con 2 de los transistores del integrado, el tercero como ya se dijo es de su elección, recuerden que la fuente que se va a utilizar es de 12 voltios. La corriente de salida del espejo la hemos fijado, como en la fuente anterior en 2mA, para fines de comparación. El valor de R obtenido, se normalizará al valor mas cercano dentro del seriado E-24 al 5 %, pero igualmente se medirá. Seguramente la corriente de salida no será exactamente 2mA debido a la normalización. Todos los cálculos y aproximaciones deben quedar consignados en su bitácora de laboratorio.

A continuación procedan a determinar el valor máximo de la resistencia de carga R_L , para lo cual requieren conocer el valor del voltaje de saturación V_{CEsat} de los transistores del integrado. Si no pueden obtener esa información, hagan un estimativo razonable por comparación con un transistor discreto de señal, cuya información conozcan mejor.

Calculen la resistencia norton de la fuente.

3.2. Laboratorio

Lleven al laboratorio seis o siete resistencias normalizadas comprendidas entre 100 hasta un valor superior al máximo del R_L , que de acuerdo a sus cálculos llevaría al transistor fuera de su operación en región activa

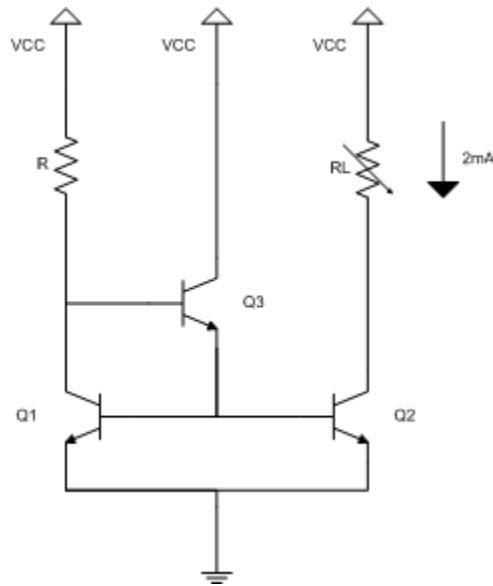


Figura 6: Fuente de corriente BJT con compensación de base

directa. Médanlas cuidadosamente y anoten esos valores.

Monten el circuito en el protoboard previendo puntos de medida para los voltajes de alimentación, colector y base del transistor, y de tal manera, que se pueda cambiar fácilmente la resistencia de carga R_L . Conecten en el laboratorio la fuente de +12V, y usando la resistencia de carga de menor valor, tomen con el multímetro digital las lecturas de los voltajes mencionados, así como del de alimentación. Repitan las medidas con las demás resistencias de carga en orden creciente, hasta llegar a la más alta, que de acuerdo a sus cálculos llevaría la fuente a dejar de funcionar. Anoten todas las lecturas, así como los valores reales de las resistencias utilizadas cada vez.

Con base en sus medidas, construyan una gráfica de la corriente de salida de la fuente en función de la resistencia de carga. Utilicen papel semilogarítmico y péguenla en su bitácora. Ahora construyan una gráfica del voltaje entre colector y emisor V_{CE} de Q_2 en función de la resistencia de carga utilizada. Utilicen papel semilogarítmico.

¿Qué conclusión pueden sacar de la misma?

¿Qué tanta exactitud, de acuerdo con sus medidas, tuvo el cálculo de la máxima resistencia de carga que podría alimentar este espejo de corriente sin que cambiaran los 2mA aproximados que esperamos del mismo?

¿Para qué valor de la resistencia de carga se hace máxima la disipación de potencia del transistor Q_2 ? Justifiquen su respuesta y calculen el valor de dicha potencia.

¿En que influyo el transistor Q_3 ?

¿Que puede decir la resistencia norton de este montaje? ¿Se justifica la adición de un dispositivo extra?