

### 0.0.1. Consideraciones de diseño

Se diseñó una fuente de tensión regulada con limitación de corriente enfocados en alcanzar la menor disipación de potencia posible y utilizando la mínima cantidad de componentes necesaria para su funcionamiento. Los requerimientos de la misma son los siguientes:

**Corriente de salida:**

$$I = [0mA, 200mA] \quad (1)$$

**Tensión de salida:**

$$V_o = 5 \pm 3 \% \quad (2)$$

Otro punto de interés es el de minimizar la cantidad de componentes utilizados. Por lo tanto se decidió utilizar una protección del tipo lineal en vez de foldback.

A continuación se explicará brevemente el primer diseño propuesto para luego dar lugar a una explicación más detallada sobre una versión optimizada de la fuente.

### 0.0.2. Primer diseño propuesto

El primer diseño que se propuso fue el siguiente:

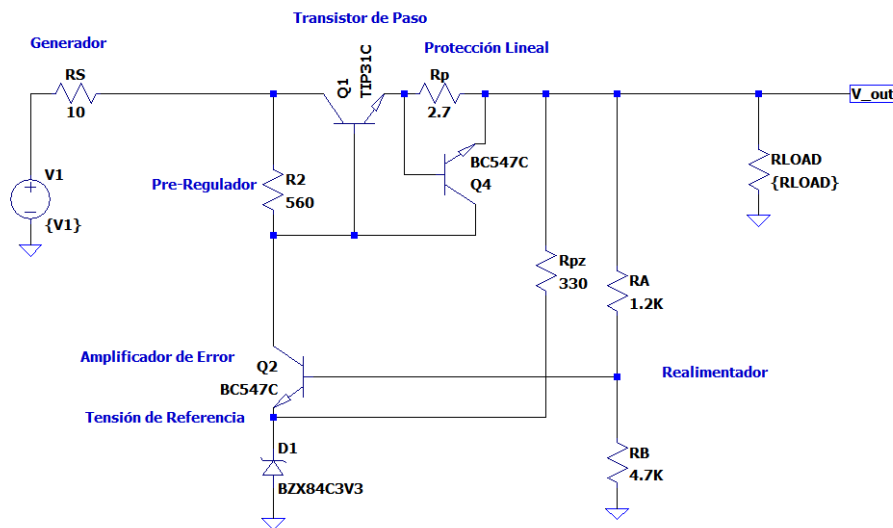


Figura 1: Fuente de tensión regulada con limitación de corriente

La **tensión de referencia** le permite al amplificador de error saber cuando debe compensar su salida ante variaciones en la tensión de salida. En este caso se decidió que la tensión de referencia fuese de  $V_{ref} = 4V$  dado que era posible utilizar una combinación de valores comerciales de resistencias tal que:

$$V_{ref} = V_o \cdot \frac{R_B}{R_A + R_B} \quad (3)$$

Dado que

$$V_{ref} \approx 5 \cdot 0.7966 \quad (4)$$

$$V_{ref} = 4 \pm 0.5 \% \quad (5)$$

Para diseñar el Pre-Regulador se tuvo en cuenta la ganancia de corriente del transistor de paso **Q1**.

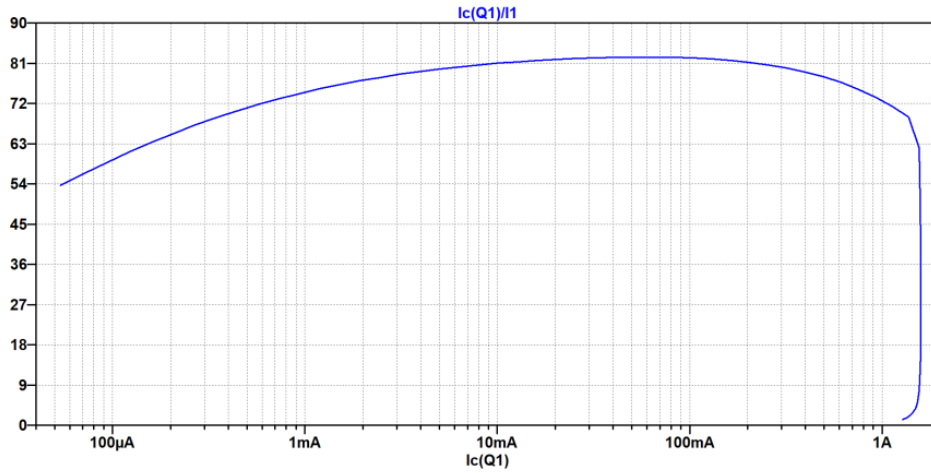


Figura 2: Curva de la ganancia de corriente  $\beta$ .  $V_{ce} = 2.52$

Cuando la carga sea mínima el transistor de paso experimentara el mayor flujo de corriente. En este caso ese valor es de unos  $205 mA$  aproximadamente. Remitiéndonos al gráfico vemos que la ganancia de corriente se ubica por encima de 80. Por lo tanto podemos obtener la siguiente expresión para el calculo de  $R_2$ . Debemos tener en cuenta que esto ocurre cuando el transistor **Q2** se encuentra en corte.

$$R_2 = \frac{V_{gen} - R_g \cdot I_{o_{max}} - (V_o - V_{beQ3} - V_{beQ1})}{I_o} \cdot \beta \quad (6)$$

$$R_2 = \frac{10 - 10\Omega \cdot 205mA - (5V - 0.580 - 0.7)}{200mA} \cdot 80 \quad (7)$$

$$R_2 = 668\Omega \quad (8)$$

El valor de resistencia obtenido es un valor **no** comercial. Podríamos ir por el valor más próximo,  $680 \Omega$  pero este valor no cumple con las especificaciones. Por lo tanto optamos por el valor comercial menor más próximo  $560 \Omega$

### 0.0.3. Circuito de Protección

La resistencia de protección se calculo teniendo en cuenta que la corriente de emisor del transistor de paso incluía la corriente necesaria para la polarización del diodo Zener.

$$R_p = \frac{V_{beQ3}}{I_{emisor}} \quad (9)$$

El **elemento de referencia** en este caso se escogió como la combinación de la tensión de Zener y  $V_{beON}$

$$V_{ref} = V_{zener} + V_{beON} \quad (10)$$

Para poder obtener la recta de carga podemos optar por usar la directiva de spice *.step param* o bien podemos simular una carga variable mediante el uso de una fuente de corriente. El ultimo método nos ofrece una mayor velocidad de simulación y gráficos de mayor calidad.

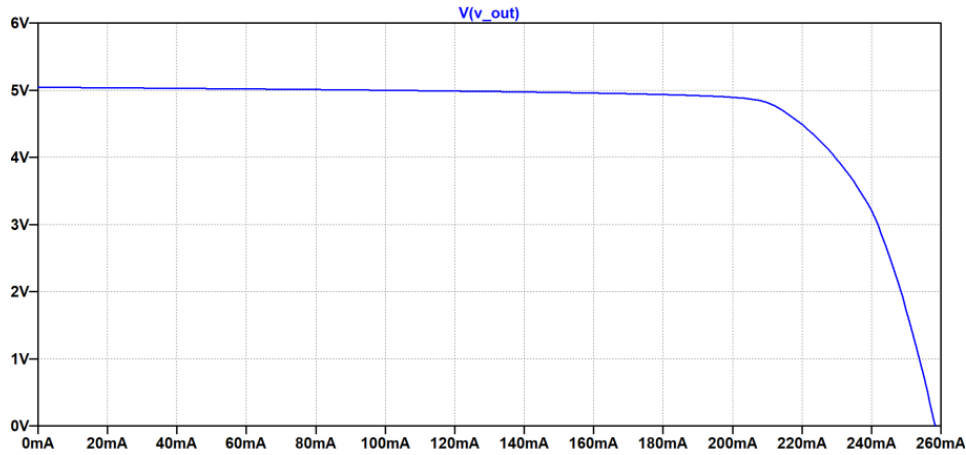


Figura 3: Característica de Salida Diseño 1

Este gráfico nos indica que el circuito ofrece una buena regulación de tensión dentro del rango de corriente requerido. Sin embargo notamos algo inesperado, a partir de los  $200mA$  no tenemos una caída abrupta de la tensión sino más bien una caída suave hacia 0. Estudiaremos esto en más detalle en la próxima sección.

### 0.1. Segunda iteración de diseño

Utilizar la menor cantidad de componentes ofrece varios beneficios como por ejemplo, menos efectos de las tolerancias, mayor aprovechamiento del espacio y mayor sencillez de diseño. A continuación presentamos el diseño resultante:

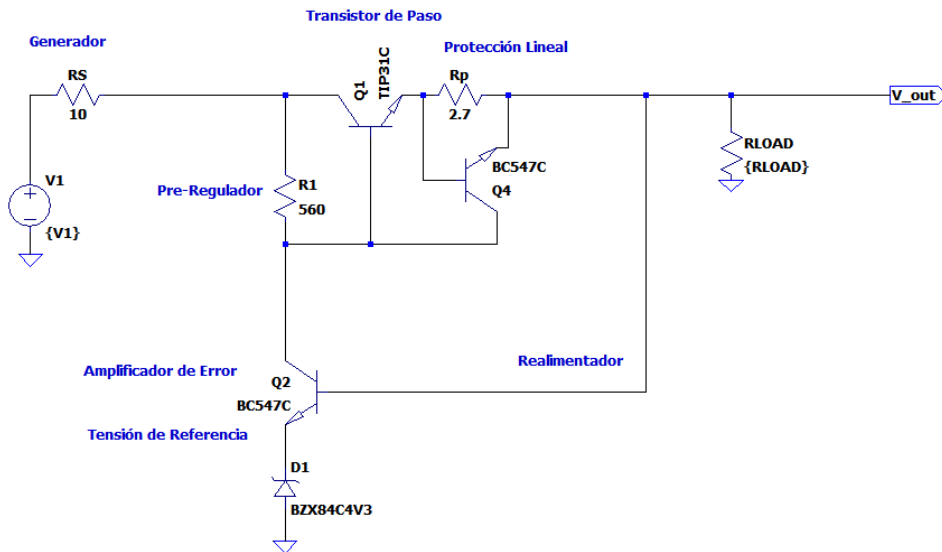


Figura 4

En esta oportunidad se realizaron 2 cambios importantes. En primer lugar se decidió cambiar el diodo Zener utilizado, en esta ocasión  $V_z = 4.3V$  para que junto con la tensión  $V_{be}$ . Ahora el nuevo voltaje de referencia es:

$$V_{ref} = V_{be_{ON}} + V_{zener} = 5V \quad (11)$$

Este nuevo resultado implica que ya no es necesario utilizar un realimentador del tipo divisor resistivo ¡Podemos usar un cable! Eso implica el ahorro de 2 resistencias y el consumo de potencia (aunque pequeño) que conllevan.

TOBIAS COMPLETA ACA !!

No obstante, es posible hacerle una mejora más y mucho más importante en términos de consumo. Las siguientes observaciones nos abrirán camino hacia esta nueva mejora.

Comenzamos por estudiar la resistencia de polarización  $R_{pz}$  que deberíamos colocar para el correcto funcionamiento del diodo.

$$R_{pz} = \frac{5V - 4.3V}{7mA} \quad (12)$$

Por lo tanto disipa xx mW.

Pero, ¿Es posible evitar colocarla? La respuesta es afirmativa pero antes debemos modificar HASTA ACÁ!!

En este caso obtenemos una característica de salida similar a la anteriormente obtenida.

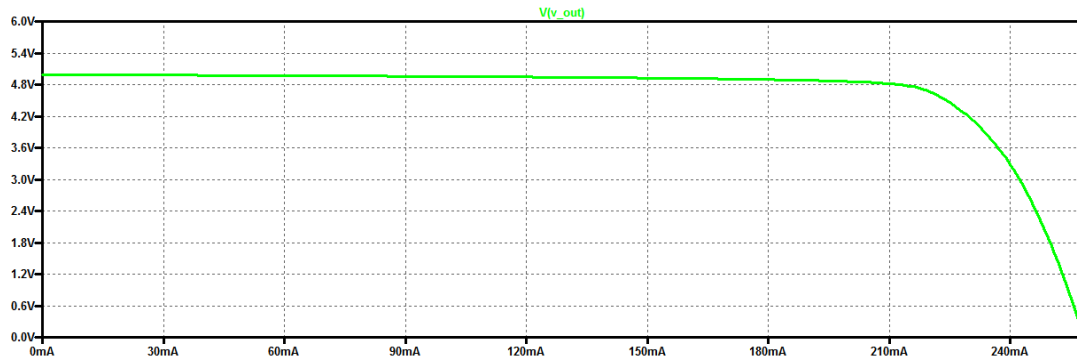


Figura 5

La incógnita restante que queda por resolver es ¿Por qué no obtenemos una respuesta abrupta a los 200 mA? Es decir algo de esta forma:

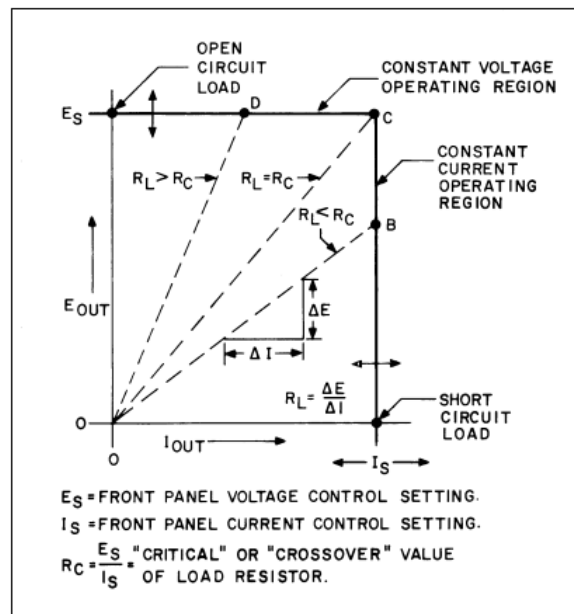


Figure 18. Operating Locus of a CV/CC Power Supply

Figura 6: Característica de salida de una fuente de tensión constante con control de corriente máxima

Cuando en realidad obtenemos:

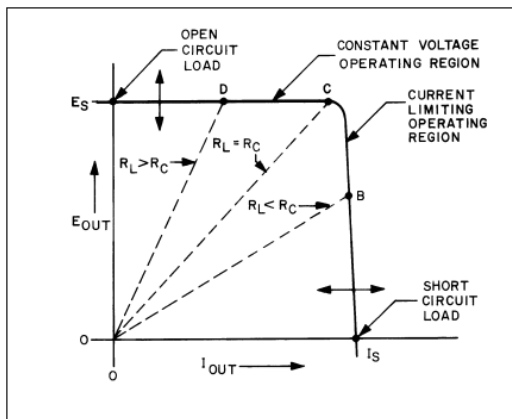


Figure 19. Current Limiting Characteristic

Figura 7: Modelo de regulador de tensión con limitador de corriente

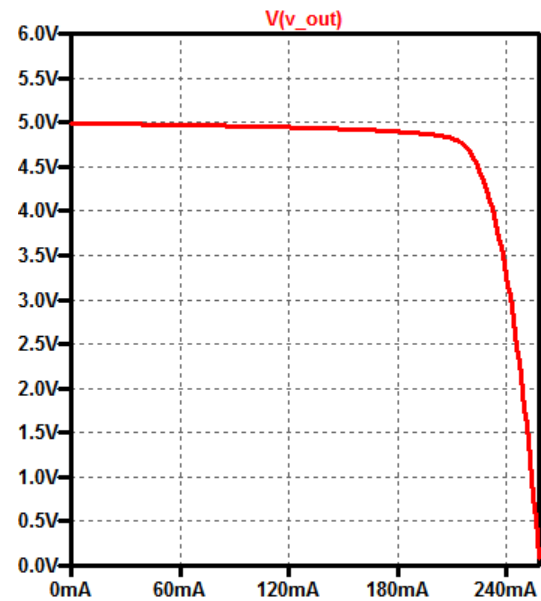


Figura 8: Característica de Salida simulada

Las imagenes fueron obtenidas [DC Power Supply Handbook by Agilent Technologies](#)