



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE INGENIERÍA
Año 2025 - 1^{er} cuatrimestre

Taller de Diseño de Circuitos Electrónicos (TA138)

Proyecto de diseño: Sistema de alimentación para aplicaciones industriales y automotrices

Checkpoint 3

Integrantes Grupo N°6		
Nombre y apellido	Padrón	Correo
Amddy Erly Zambrano Mercado	106540	azambranom@fi.uba.ar
Rocio Nicole Heredia Piñon	107621	rherediap@fi.uba.ar
Amalia Ochoa	107129	amochoa@fi.uba.ar
Juan Ignacio Biancuzzo	106005	jbiancuzzo@fi.uba.ar

Índice

1. Introducción	2
2. Diseño PCB	2
3. Mediciones	5
3.1. Medición de la regulación de carga	5
3.2. Medición del limitador de corriente	6
3.3. Medición de la regulación de línea	7
3.4. Medición de la compensación	9
4. Conclusiones	10
5. Anexo	11
5.1. Implementación de la carga electrónica	11

1. Introducción

En el desarrollo de este trabajo, se buscará implementar el circuito que se fue diseñando en los Checkpoint anteriores, planteando los inconvenientes encontrados a lo largo de esta. En el anexo se hablará de la implementación de una carga electrónica para facilitar las mediciones junto con sus complicaciones. Con la placa ya implementada, se realizarán las mediciones de la regulación de carga, la regulación de línea, la curva dada por el limitador de corriente y los efectos de la compensación vista con una entrada de pulsos. Se compararán los resultados observados en la práctica con los obtenidos en las simulaciones para concluir acerca de la eficiencia del circuito como regulador de tensión.

2. Diseño PCB

De acuerdo al diseño anterior se realizaron algunos cambios, como adecuar el tamaño y posición de los pines para la resistencia R_s , que al ser una resistencia de potencia tiene un tamaño mucho mayor a las resistencia comunes. Se tiene como diseño final de la PCB el de la figura 1.

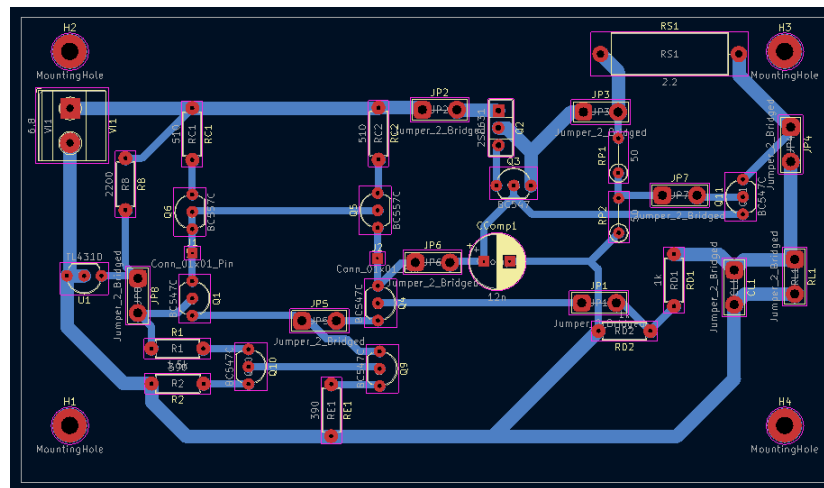


Figura 1: Diseño Final PCB.

En el diseño final, se adecuaron los tamaños de las huellas para pines de 2,54 mm, así se pueden usar jumpers de tamaño comercial típico que presentan una impedancia máxima de $0,1 \Omega$, lo cual no afecta al circuito si se conectan en serie a las pistas de interés.

Este diseño se realizó sobre una placa de cobre de 150x100 mm. Se comenzó imprimiendo el diseño de la PCB invertido sobre un papel de transferencia. Luego, se procedió a limpiar la placa y colocar sobre ella el papel con el diseño permitiendo el contacto de la tinta con el cobre. Se pasó por ella acetona y se dejó reposar. Luego, se colocó en agua y se retiró cuidadosamente el papel. Se remarcó con fibra aquellas pistas que fueron despegadas al quitar el papel, y se colocó en percloruro férrico por 20/30 minutos. Finalmente, se limpió la placa y se comprobó la continuidad para chequear que estén todas las conexiones correctas. Finalmente, se obtuvo la placa mostrada en la figura 2.

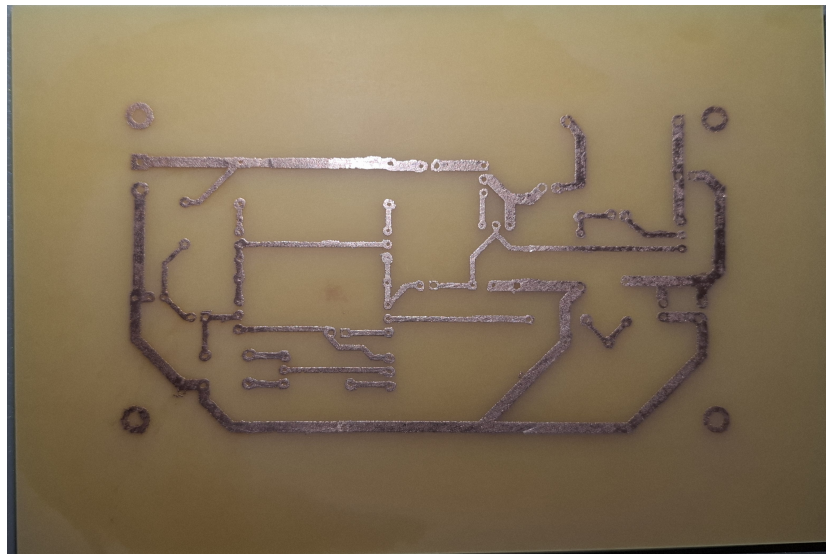


Figura 2: Pistas de Cobre de la Placa.

Previo a soldar los componentes en la placa, se realizaron mediciones previas en una Protoboard para comprobar el correcto funcionamiento de cada etapa del circuito. La implementación de la tensión de referencia en un principio falló, resultando en $V_{\text{ref}} = 2,8 \text{ V}$. Ante la posibilidad de que no esté circulando suficiente corriente de cátodo del zener para su correcto funcionamiento se tomó una resistencia de referencia menor. De esta forma, aumentaría la corriente que circula a través del diodo. En particular, se tomó $R_{\text{ref}} = 1 \text{ k}\Omega$, cuyo funcionamiento se corroboró en la Protoboard.

Se procedió a realizar todas las perforaciones y soldado de los componentes. Para la selección de componentes se realizaron medidas de múltiples elementos del mismo tipo con la finalidad de obtener los valores más cercanos a los simulados o lograr mejores apareamientos en casos como lo del par diferencial. En el caso de resistencias, se midieron para que las elegidas coincidieran en mayor medida con los valores nominales tomados en la simulación. Para los transistores del amplificador diferencial, se tomaron aquellos transistores con beta más cercano para poder generar el mejor apareamiento, además de los valores más cercanos a los tomados por el modelo de la simulación.

Se encontró un inconveniente con el transistor de potencia, ya que debido a un error en la huella del modelo las dimensiones usadas en el PCB eran mucho mas pequeños a los reales. Debido a esto se realizaron perforaciones extras y se utilizaron cables para lograr colocar y soldar este transistor de manera adecuada. Se puede observar el resultado final de la placa en las figuras 3 y 4.

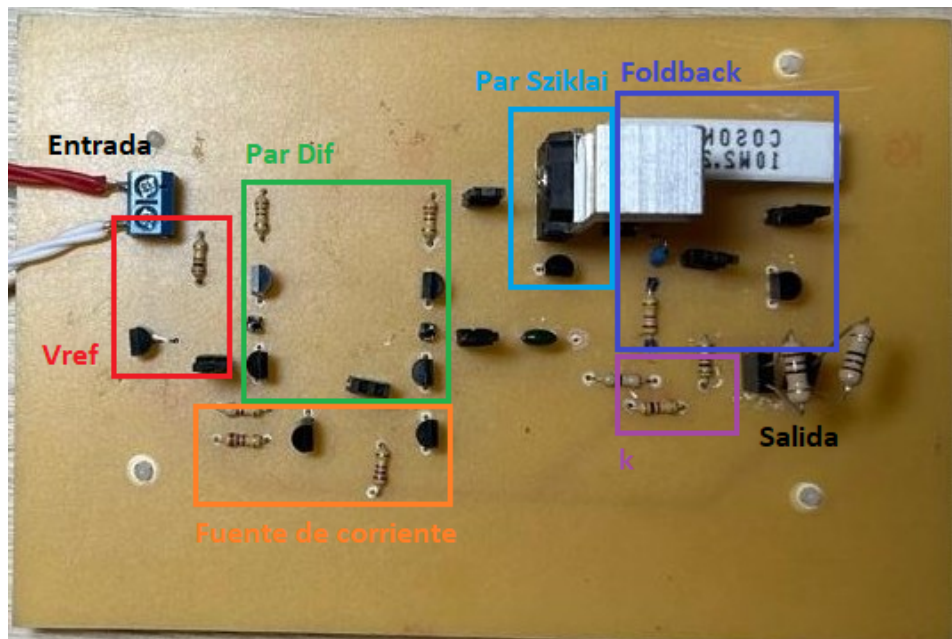


Figura 3: Placa Vista Superior.

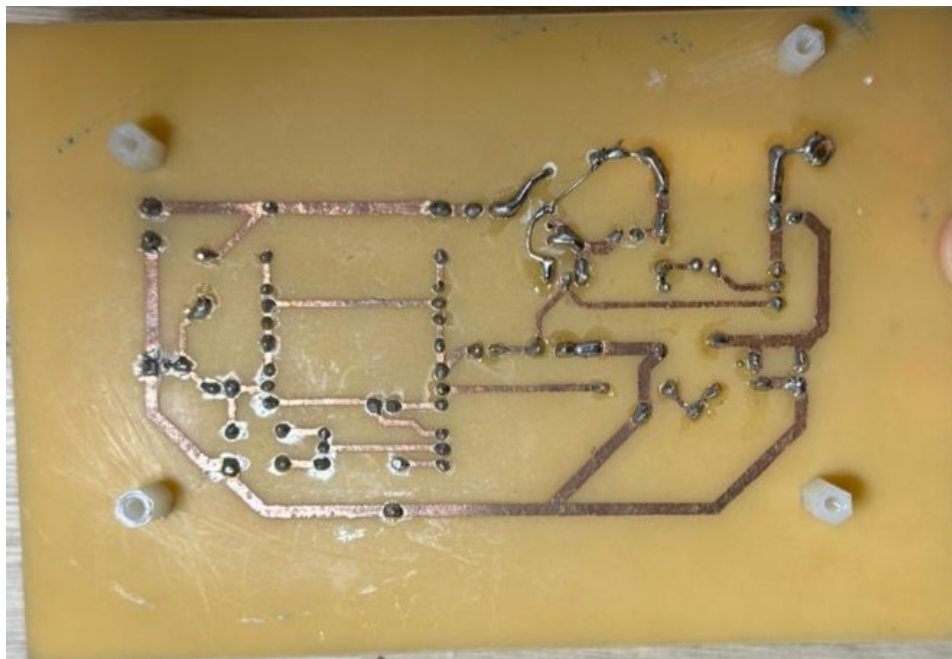


Figura 4: Placa Vista Inferior.

Para la implementación del circuito se comenzó colocando una $R_{\text{offset}} = 0,5\Omega$ que se logró con un cable de Protoboard. En la simulación se definió esta R_{offset} observando la resistencia necesaria para que el amplificador diferencial esté balanceado cuando se lo alimenta en igual magnitud en sus bases. Que este balanceado implicaría que las tensión de colector en ambas ramas sean de igual magnitud. En el diseño de la placa se dejó el circuito abierto entre emisor y fuente de corriente de una de las ramas. Se colocó el cable entre estas para permitir el funcionamiento del circuito. Se comprobó la tensión de salida para una resistencia de carga de 220Ω y se chequeó que sea prácticamente igual a 5V por lo que se dejó esta R_{offset} .

3. Mediciones

3.1. Medición de la regulación de carga

La regulación de carga indica cómo varía la tensión de salida del regulador con respecto a las variaciones de carga. Para poder medir esto se fue variando la resistencia conectada a la salida del regulador. La idea fue variar la resistencia de $500\ \Omega$ a $3,33\ \Omega$ para que la corriente varíe entre sus valores mínimo y máximo. Utilizando instrumentos de la facultad, se consiguió un reostato de hasta $1\text{ k}\Omega$ y otro de hasta $30\ \Omega$. El primero se utilizó hasta que se lograron resistencias del orden de los $30\ \Omega$ y para mayor precisión se usó el otro reostato. Se logró variar la resistencia desde $477\ \Omega$ hasta $3,9\ \Omega$. Para resistencias mayores se fue variando aproximadamente de a $25\ \Omega$ y luego a partir de los $30\ \Omega$ se empezó a variar a un menor paso, observando la curva resultante de V_o vs I_L .

Dado que el rango del multímetro es en múltiplos de 4, la tensión V_o debía medirse en el rango de hasta 40 V . Para lograr una mayor precisión en la medición, se utilizó una fuente fijada en 3 V y se midió V_o con respecto a esta tensión. También se midió la tensión de esta fuente, dado que ante variaciones modificaría el valor tomado de V_o . De esta forma, se utilizó el rango de hasta 4 V y se logró tener un dígito más para lograr mediciones más precisas. También se midió constantemente la tensión V_i . Un esquema del banco de medición utilizado se muestra en la figura 5.

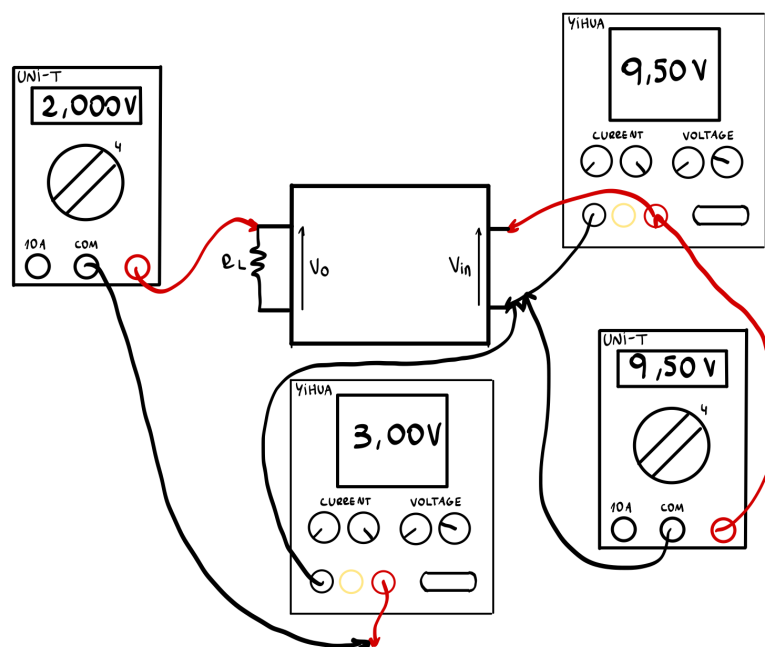


Figura 5: Esquema del banco de medición de la regulación de carga

Por más que V_i se fijó en $9,5\text{ V}$ a medida que fue variando la corriente en el circuito, su tensión también varió y fue necesario ir ajustándola para mantener la tensión lo más fija posible. Variaciones de V_i también generan variaciones de V_o (que se analiza en la regulación de línea) por esto se debe mantener constante, así no afecta la medición de la regulación de carga. V_o en este caso estaría variando no solo por los cambios en la carga sino también por los cambios en la tensión de alimentación. Por más que se intentó mantener lo más constante posible, en las mediciones V_i fue variando y para los puntos donde esta disminuyó, la V_o dio menor de lo esperado. Más allá de esto, V_o resultó estar siempre en el rango entre $4,9\text{ V}$ y $5,1\text{ V}$ excepto en dos puntos: con una R_L de $15,1\ \Omega$ la V_o resultó estar en $4,888\text{ V}$ y con $R_L = 9,8\ \Omega$, $V_o = 4,828\text{ V}$. Para estas dos mediciones, se observó que $V_i = 9,473\text{ V}$ y $V_i = 9,403\text{ V}$ respectivamente. El hecho de que V_o esté fuera de rango podría atribuirse a esta disminución de V_i . Además, la resistencia del reostato para valores tan pequeños se notó muy inestable por lo que pudo haber variado durante la medición. La impedancia se midió justo después de medir tensión, no se puede realizar al mismo tiempo por la manera en la que el multímetro mide impedancias. La curva de la regulación de carga medida se muestra en la figura 6.

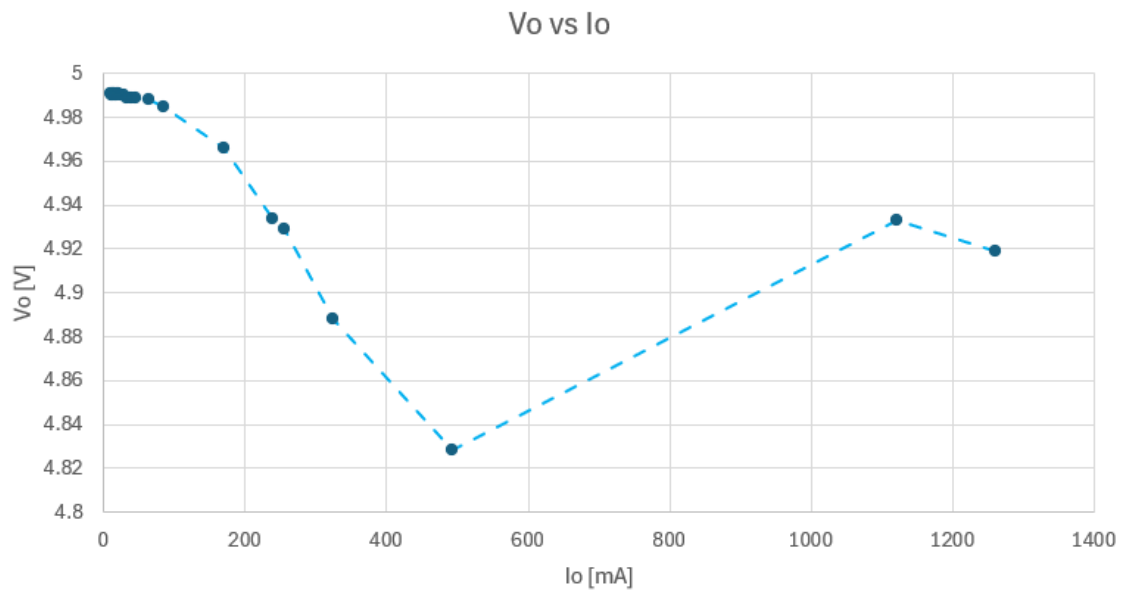


Figura 6: Curva de regulación de carga medida

Se puede observar que la forma de la curva varía mucho con respecto a la simulada. Sin embargo, en esta no se toma en cuenta la variación de V_i . Debido a las condiciones de medición, esta curva no resulta del todo representativa de la regulación de carga pero da una idea del comportamiento del circuito. Por más que V_o varía con la carga lo hace casi siempre en el rango determinado.

Tomando los dos puntos donde la variación de V_o es máxima (el peor caso) resulta que:

$$\text{Regulación de carga} = \frac{V_{o1} - V_{o2}}{I_{o2} - I_{o1}} = \frac{4,991 \text{ V} - 4,828 \text{ V}}{492,65 \text{ mA} - 10,46 \text{ mA}} = 0,338 \Omega$$

Si se define la regulación de carga tomando los puntos de máxima y mínima corriente se tiene que:

$$\text{Regulación de carga} = \frac{V_{o1} - V_{o2}}{I_{\max} - I_{\min}} = \frac{4,991 \text{ V} - 4,919 \text{ V}}{1261,28 \text{ mA} - 10,46 \text{ mA}} = 0,058 \Omega$$

Estos valores son mayores que los calculados en la simulación. Por más que en las mediciones el comportamiento del regulador de tensión empeoró con respecto a lo simulado, V_o se mantiene prácticamente dentro del rango tolerable alrededor de los 5 V y el regulador sigue cumpliendo con su función principal.

3.2. Medición del limitador de corriente

Para poder medir la curva de foldback se utilizaron las mediciones para la regulación de carga y se siguió variando la resistencia para valores aún menores a $3,9 \Omega$. Para esto, el reostato ya no resultó útil dado que no disponía de precisión para valores de resistencias tan bajos. Por esto se utilizaron resistencias discretas. Para poder variar R_L en varios valores se utilizaron en serie a algunas resistencias cables de Protoboard, con su propio efecto resistivo. Dada la limitación en conseguir valores tan pequeños de resistencia, la curva no contiene tantos puntos pero permite visualizar la tendencia que esta sigue. La curva medida se muestra en la figura 7.

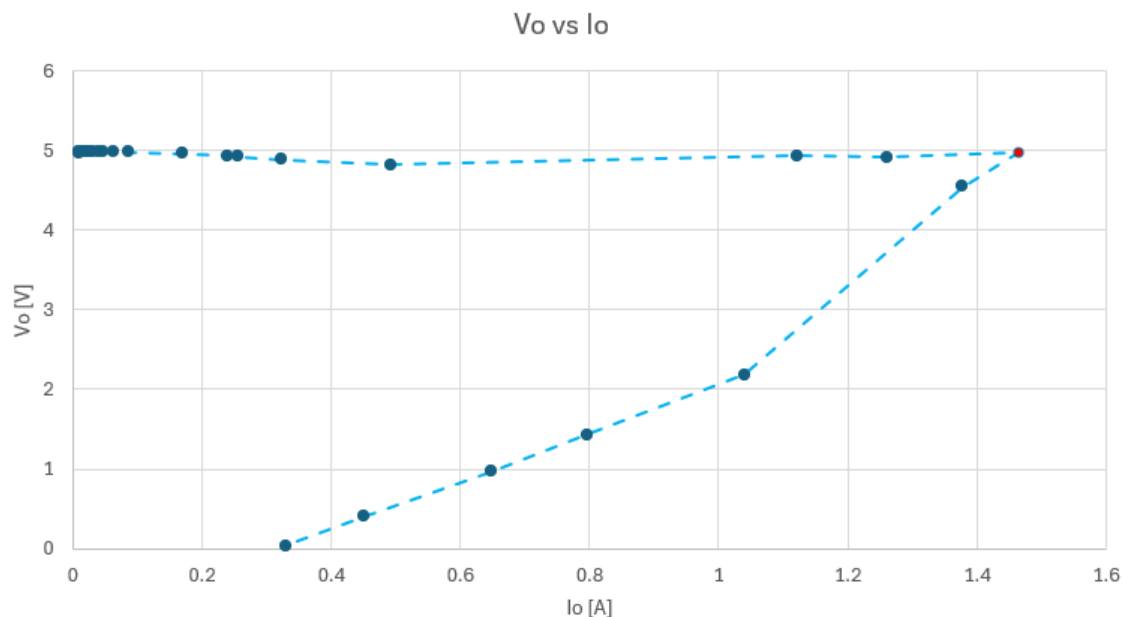


Figura 7: Curva de limitación de corriente por foldback

El punto rojo añadido no fue medido, sino que se cree que la corriente máxima se encontraría en este punto siguiendo la tendencia de la curva. De esta forma, $I_{\max} \approx 1,46$ A e $I_{CC} = 330$ mA. Este valor de corriente máxima es menor al especificado de $I_{\max} \approx 1,5$ A. Hubiese sido deseable una corriente un poco mayor a esta, siempre dentro del rango de tolerancia del 10 %, ya que incluiría a las corrientes pedidas. Dado que en las simulaciones se observó una corriente máxima $I_{\max} \approx 1,64$ A, se esperaba que en las mediciones se alcance una corriente cercana a los 1,5 A conociendo que esta bajaría. Sin embargo, disminuyó en mayor medida que lo esperado acercándose al valor mínimo tolerado para I_{\max} .

El razonamiento de que se esperase valores menores para ambos es resultado de que la relación de resistencias del limitador de corriente cambió con respecto al teórico. Esto tiene que ver con la dispersión respecto a sus valores nominales. Con este cambio en su relación se esperaba una corriente máxima y una corriente de cortocircuito menores a los observados en la simulación.

Más allá de las diferencias con respecto a la simulación en I_{\max} e I_{CC} es importante observar que el limitador de corriente funciona. Cuando la corriente llega a su máximo, el limitador de corriente se activa y disminuye tanto la corriente como la tensión a medida que se coloca una resistencia de carga cada vez menor.

3.3. Medición de la regulación de línea

Para poder analizar el comportamiento del regulador de tensión se midió la regulación de línea. Para esto se observó la tensión de salida V_o ante variaciones de V_i entre 9,3 V y 9,7 V. Se utilizó un multímetro con un rango de múltiplos de 6 por lo que se pudo medir directamente V_o con una precisión de 3 dígitos. Se fue variando V_i de a 0,02 V y se fueron tomando los valores correspondientes de V_o . V_i también fue medida, no se tomó directamente el valor en pantalla de la fuente de tensión. Las mediciones se realizaron con una carga fija de $5,8 \Omega$, que se armó con las dos resistencias de potencia en serie de $2,2 \Omega$ y dos cables de Protoboard para poder conectarlo a la placa. Estos cables toleran una corriente de hasta 3 A por lo que no sería un problema utilizarlos para las mediciones. Se tomó un valor de carga pequeño para analizar la regulación de línea en el peor caso. Mientras menor es la carga, V_o se estabiliza para valores mayores de V_i por lo que la regulación de línea podría tomar valores más elevados. En la figura 8 se muestra un esquema del banco de medición.

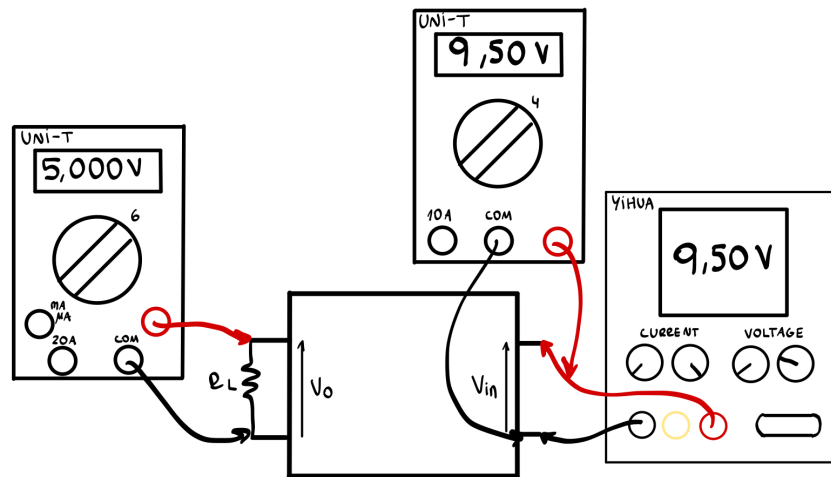


Figura 8: Esquema del banco de medición de la regulación de línea

La curva de regulación de línea se muestra en la figura 9.

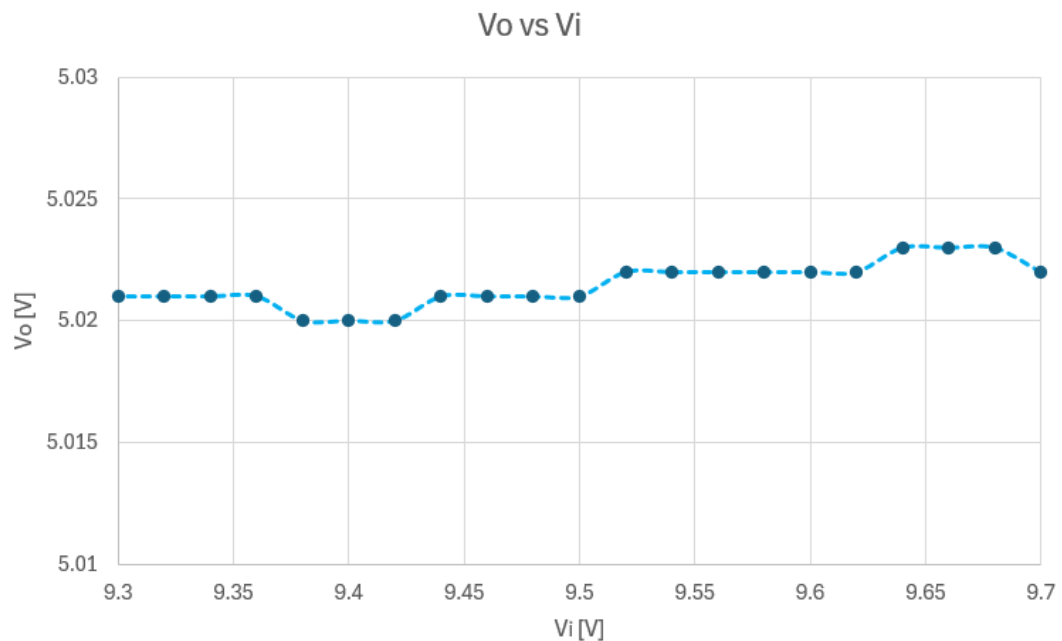


Figura 9: Curva de regulación de línea medida

La tensión de salida medida varía entre 5,020 V y 5,023 V manteniéndose en todo momento dentro del rango especificado para V_o . Se puede calcular la regulación de línea tomando el punto de menor y de mayor V_i resultando en:

$$\text{Regulación de línea} = \frac{V_{o1} - V_{o2}}{V_{in_{max}} - V_{in_{min}}} = \frac{5,022 \text{ V} - 5,021 \text{ V}}{9,7 \text{ V} - 9,3 \text{ V}} = 2,5 \times 10^{-3}$$

También se tomó la regulación de línea en el peor de los casos, con los puntos donde la variación de V_o es mayor y entre estos donde $V_{in1} - V_{in2}$ sea menor. Esta expresión queda como:

$$\text{Regulación de línea} = \frac{V_{o_{max}} - V_{o_{min}}}{V_{in1} - V_{in2}} = \frac{5,023 \text{ V} - 5,020 \text{ V}}{9,64 \text{ V} - 9,42 \text{ V}} = 13,6 \times 10^{-3}$$

En la última versión de simulación la regulación de línea resultó en $3,4 \times 10^{-3}$ por lo que el peor caso está por encima de este valor pero el mejor caso por debajo. Más allá del valor de regulación de línea en comparación con la simulación, la variación de V_o es muy pequeña con respecto a V_i y se mantiene dentro del rango tolerable lo cual es fundamental para el funcionamiento del regulador de tensión.

3.4. Medición de la compensación

Para poder comprobar que el circuito está compensado, se puede analizar la respuesta del circuito a una señal cuadrada. Se esperaría idealmente, que a la salida se tenga otra señal cuadrada amplificada en cierto valor. Como el circuito actúa como un pasa bajo, las altas frecuencias se verán atenuadas. Por lo que en la salida, si está correctamente compensado el circuito, se vería una señal cuadrada atenuada en el flanco, tanto ascendente como descendente (que tienen componentes de altas frecuencias). En el caso que el circuito no esté compensado, se verán picos en los flancos que oscilan, o incluso se vera toda la señal con una forma cuadrada oscilatoria. La señal cuadrada se debe colocar en V_{ref} , que para el circuito es el generador de señal, como se ha analizado previamente analizando el circuito de señal en bloques. Para poder realizar esta medición se colocó en el diseño de PCB un jumper entre la implementación de V_{ref} y el amplificador diferencial. Este se quitó y se colocó la señal cuadrada como V_{ref} .

Para la medición se utilizó un generador de señales, con el cual se generó la señal cuadrada y un osciloscopio para observar la salida. La carga colocada fue de $R_L = 460 \Omega$ y $C_L = 1 \mu F$ para poder observar el peor caso de compensación. Se observó tanto la señal generada como la señal en la salida para poder compararlas. Además, se midió la V_{in} con la cual se alimentó al circuito, resultando en $V_{in} = 9,52 V$. El banco de medición se coloca en la figura 10.

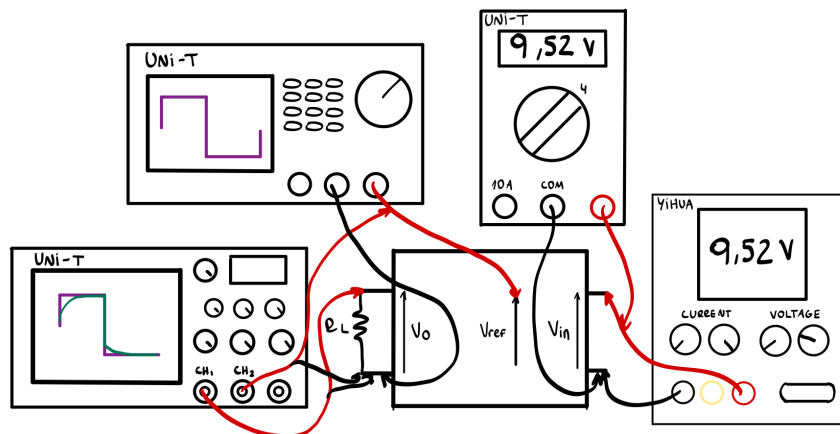


Figura 10: Esquema del banco de medición de compensación del circuito

Previo a realizar la medición, se chequeó que las puntas del osciloscopio en X10 estén compensadas. Para esto se colocaron las puntas en la señal cuadrada generada por el osciloscopio y en su tierra y se las fue ajustando hasta observar una señal cuadrada cercana a la ideal.

La señal de cuadrada generada en comparación con la señal observada a la salida del circuito se muestra en la figura 11.

Se puede observar que la señal en la salida sigue la forma de una señal cuadrada pero en el flanco se atenúa. La atenuación es en gran medida porque el ancho de banda que maneja el circuito es pequeño. Esto ya se había observado en la simulación, al realizar la compensación el ancho de banda disminuyó. Más allá de esto, se observa exactamente lo que se esperaba para un circuito propiamente compensado. No se ven indicios de que este pueda oscilar. De esta manera, se comprueba que el circuito está correctamente compensado. Incluso, se observa que la tensión de salida es el doble que la tensión generada, por lo que la ganancia total del circuito es 2. En versiones anteriores se comentó que un sistema realimentado tendrá una ganancia tendiendo a $\frac{1}{f}$ donde f es el factor de realimentación si la ganancia de lazo toma valores altos (mucho mayores que 1). En este caso, $f = \frac{R_{D2}}{R_{D1} + R_{D2}}$ donde $R_{D1} = R_{D2}$ y por ende resulta que $f = 0,5$. Si la ganancia de lazo es lo suficientemente alta se espera que la ganancia del sistema sea 2, que es exactamente lo que se observó en la práctica.

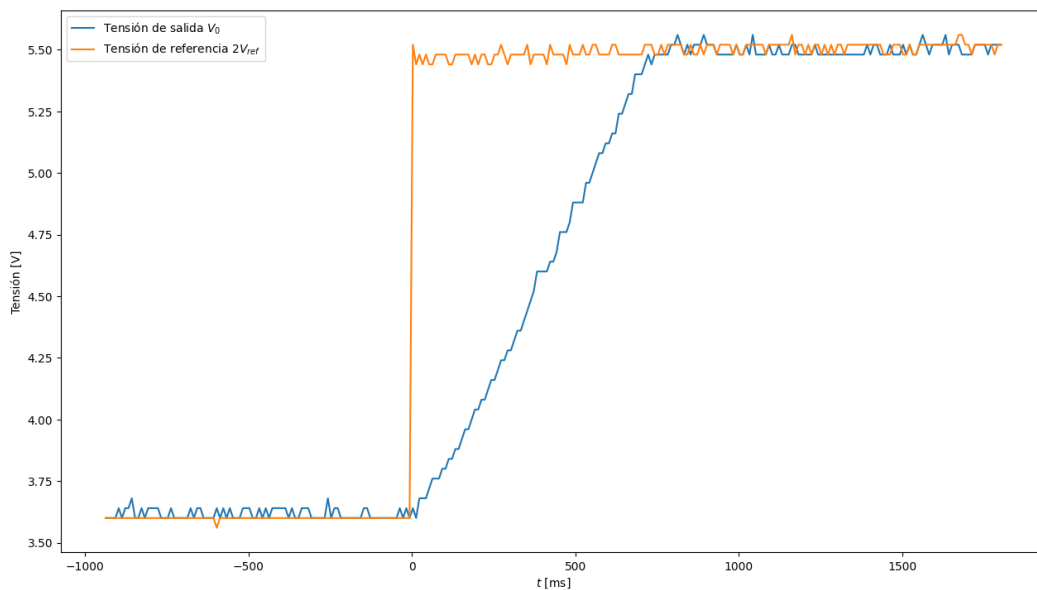


Figura 11: Curva de compensación en el flaco ascendente

4. Conclusiones

Se pudo observar a lo largo de las mediciones cómo la práctica se aleja de lo observado en las simulaciones. Los valores nominales de las resistencias cambian, existen dispersiones en los parámetros de los transistores y se suma a esto complicaciones que puedan surgir en las mediciones que lleven a que no sean tan representativas. En la práctica, las cuestiones consideradas ideales en las simulaciones dejan de serlo. Surgieron complicaciones en un principio con el diseño de la placa, donde las dimensiones del transistor y resistencia de potencia no coincidían con las dimensiones reales. Sin embargo, se pudieron solucionar agregando algunos cables al soldar que pueden agregar ciertos efectos resistivos. En cuanto a las mediciones, la implementación de la carga electrónica las podría haber facilitado. Sin embargo, esta falló y se recurrió a medir la regulación de carga y limitación de corriente variando la resistencia. Para valores tan pequeños los instrumentos utilizados presentaron mucha dispersión en los valores de impedancia, además de las variaciones de la fuente de alimentación. Por esto la medición de la regulación de carga podría haber mejorado con la carga electrónica, pudiendo variar la carga con mayor precisión y estabilidad. También se midió la regulación de línea, para la cual se encontraron complicaciones para tomar una resistencia fija. Utilizar el reostato no era una opción y tampoco se disponía de resistencias discretas tan pequeñas. Por lo que se armó la carga con las dos resistencias de $2,2\Omega$ en serie, sumando algunos cables de Protoboard. Sin embargo, puede existir alguna dispersión en sus valores cuando circula una corriente tan alta que caliente los componentes.

Se puede observar cómo existen ciertos efectos en las mediciones que varían los resultados y por ende el análisis del comportamiento del regulador. Sin embargo, todas dieron una idea de su comportamiento. Se observó como ante variaciones de la fuente de alimentación y de la carga, la tensión se mantuvo en gran medida dentro del rango establecido alrededor de los 5V. Además, se comprobó el funcionamiento del limitador de corriente, que al llegar a un máximo disminuye tanto corriente como tensión de salida. El regulador de tensión también funciona en cuanto a su compensación. Por más que resulta tener un ancho de banda pequeño, se comprobó que el circuito no es inestable ni oscilará.

5. Anexo

5.1. Implementación de la carga electrónica

Para poder analizar la variación de V_o con la variación de carga, se buscó implementar una carga electrónica que ayude con las mediciones del circuito. Variar la carga mediante un potenciómetro en la salida no permite tener precisión para valores tan pequeños de resistencia como se gustaría manejar para las mediciones. Por esta razón, se busca variar la corriente que circula en la salida del circuito utilizando un transistor TBJ, cuya corriente se maneja con su tensión V_{BE} . Sumado al circuito del TBJ y las resistencias correspondientes para polarizarlo se suma un amplificador operacional para aumentar la ganancia de lazo. El esquemático se muestra en la figura 12.

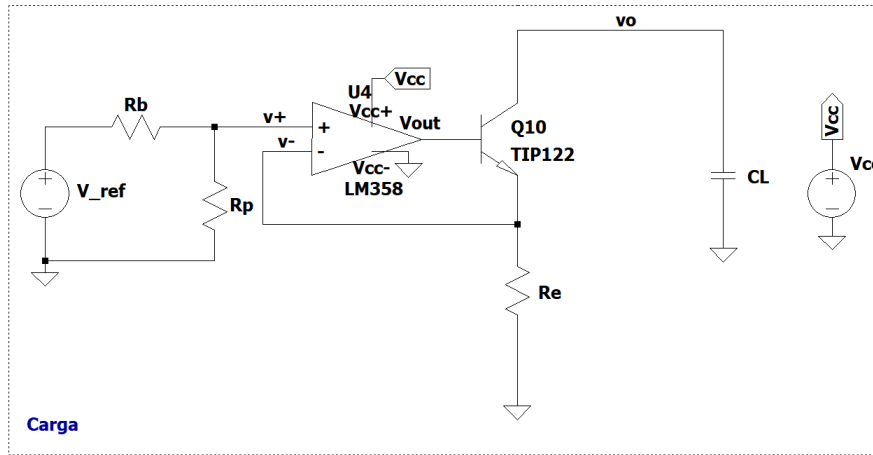


Figura 12: Esquemático de carga electrónica

Asumiendo un comportamiento ideal del operacional, se cumple que:

$$\begin{cases} A_v \rightarrow \infty \\ R_i \rightarrow \infty \\ R_o \rightarrow 0 \end{cases}$$

Se asume de esta manera que $V^+ = V^-$ y las corrientes de entrada al amplificador son nulas. Se puede entonces calcular la tensión de V^+ con un divisor resistivo:

$$V^+ = V_{\text{ref}} \frac{R_P}{R_B + R_P}$$

Esta tensión será también la que cae sobre la resistencia R_E y queda entonces definida la corriente de colector del transistor como:

$$I_C = \frac{V_{\text{ref}} \frac{R_P}{R_B + R_P}}{R_E}$$

La idea es definir un valor para V_{ref} , R_B y R_E y en R_P poner un potenciómetro que se irá variando para poder cambiar la corriente de carga del circuito. Para mantener el transistor trabajando en modo activo directo, considerando una $V_o = 5\text{ V}$ se debe cumplir que $V_{CE} > V_{CEk} = 0,3\text{ V}$. Planteando mallas se llega a una condición que deberá cumplir R_E .

$$V_{CE} = V_o - I_C R_E > 0,3\text{ V}$$

$$R_E < \frac{V_o - 0,3\text{ V}}{I_C}$$

Esto deberá cumplirse para toda I_C que maneje la carga, que estará dentro del rango definido en las especificaciones. En particular, I_C varía entre 10 mA y 1,6 A por lo que nos queda que:

$$R_E < \frac{V_o - 0,3\text{ V}}{I_{C_{\max}}} = 2,94\ \Omega$$

Dado que no se pudieron conseguir resistencias comerciales de menor valor, se optó por definir $R_E = 1,1\ \Omega$ dado por el paralelo de dos resistencias de $2,2\ \Omega$. De este valor fue la resistencia utilizada en el limitador de corriente, para la cual ya se tomó en cuenta que sea de potencia dadas las altas corrientes que debe soportar. Luego, se fijó V_{ref} en 4 V y R_B en $1\text{ k}\Omega$. Para poder variar la corriente entre el valor mínimo y máximo posible, R_P deberá variar entre $2,76\ \Omega$ y $785,7\ \Omega$. Se podrá utilizar un potenciómetro de $1\text{ k}\Omega$ para este rango de corrientes y de mayor valor para poder observar la curva de foldback cuando el limitador de corriente se active.

El transistor utilizado deberá ser de potencia, con un β alto que le permita manejar altas corrientes en el colector por más que la corriente de base pueda verse limitada por el operacional. Para esto se utiliza un transistor de modelo TIP122 que es un transistor NPN Darlington que soporta hasta corriente de 5 A y se encuentra a la venta en los comercios conocidos. Además, se utilizó como amplificador operacional el LM358. La corriente de salida a temperatura ambiente se ve limitada en 40 mA , con una ganancia de 120 dB si se lo alimenta con 12 V .

Se probó el funcionamiento del circuito en simulación, descargando de internet modelos para el amplificador operacional y para el transistor de potencia. Se optó por alimentarlo con 12 V porque de esta manera la corriente de base del transistor no llegaba a limitarse previo a que alcance la corriente máxima de colector que se busca lograr en el circuito. Para corrientes mayores a esta se activa el limitador de corriente. En la simulación, se notaron disminuciones y aumentos constantes de tensión V_o . Más allá de esto, se observó la misma regulación de carga lograda en las versiones previas. La curva de foldback, sin embargo, tuvo algunas diferencias. La corriente máxima observada fue mayor que la de los checkpoints anteriores, sin embargo esto se le atribuye al paso utilizado en las simulaciones previamente. No se tomaron suficientes valores de resistencia de carga para observar apropiadamente la curva. La corriente máxima por ende se encuentra en $I_{C_{\max}} = 1,64\text{ A}$, dentro del rango permitido en el trabajo. Con esta implementación, la tensión de salida no llega a los 0 V . Se observa que la corriente y la tensión dejan de disminuir cuando el transistor satura.

Las variaciones repetitivas de V_o llevaron a simulaciones como la que se muestra en la figura 13 que dependiendo del paso con el que se varía R_P se puede observar o no.

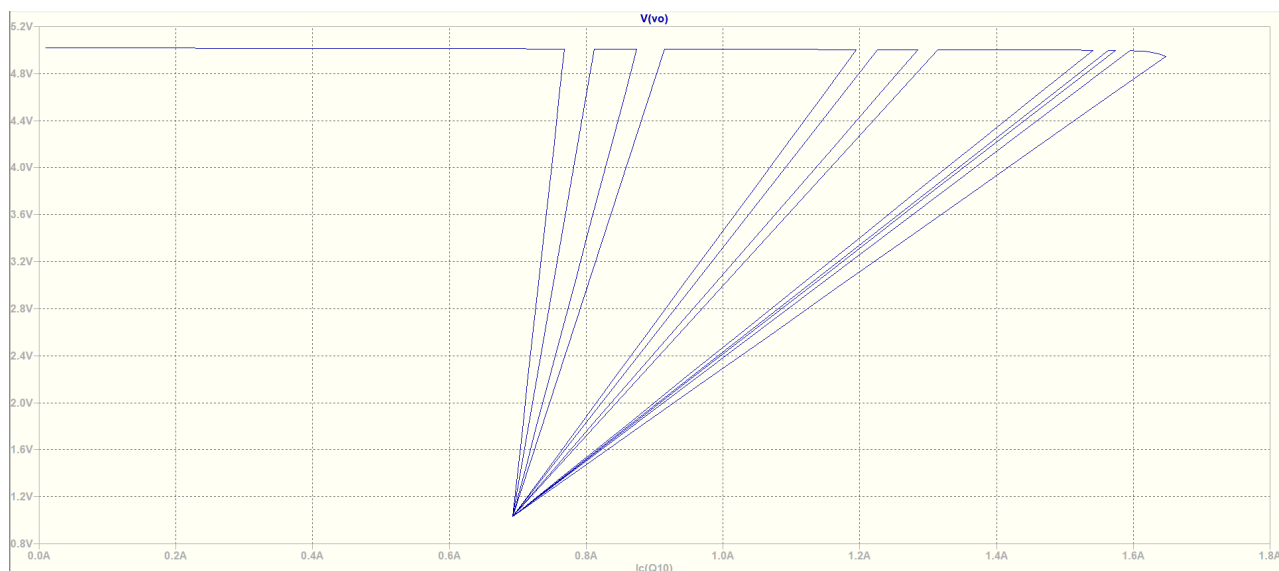


Figura 13: Simulación de la curva de foldback con carga electrónica

Al implementarse la placa, se implementó también la carga electrónica pero en Protoboard para comprobar su funcionamiento. Se utilizó para medir la regulación de carga del regulador de tensión. Sin embargo, al medir la tensión de salida variando R_P , la tensión V_o empezó a caer a valores menores que los especificados en el trabajo. Para chequear que sea un problema de la carga electrónica y no del regulador en sí se analizó V_o conectando cargas pasivas de los valores correspondientes para la comparación. V_o estaba dentro del rango esperado. Por lo que la carga electrónica logró variar la corriente de carga pero también afectó la V_o del circuito.

Se cree que pudo ser un error en la implementación de la carga, sumado a que al probarlo en Protoboard tanto el material en sí como los cables utilizados en las conexiones agregan efectos resistivos y capacitivos que no son contemplados en las simulaciones realizadas. Por estas razones, se optó por no utilizar la carga electrónica para las mediciones de prueba del regulador de tensión.