

Diseño y Construcción de una Fuente de Alimentación DC Lineal con Control Digital de Tensión y Corriente

Eduardo J. Matijak ^a*, Joaquín J. Pelinski ^a, Ricardo A. Korpys ^a, Alejandro G. Maxit ^a

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

e-mails: edu.matijak@gmail.com, joaquinpelinski26@gmail.com, korpys@fio.unam.edu.ar,

alejandro.maxit@fio.unam.edu.ar

Resumen

El proyecto se encuentra aún en desarrollo y consiste en el diseño y construcción de una fuente de alimentación DC lineal que pueda suministrar una tensión y corriente ajustable de forma digital logrando un rango de salida de 0 a 30 voltios y 0 a 3 amperes, respectivamente. El objetivo principal es garantizar la estabilidad y precisión de la tensión y corriente de salida, utilizando un control digital que permita una mayor exactitud en la configuración de los valores de salida. Cuando se habla de “control digital” se hace referencia al hecho de que las referencias de tensión y corriente de la etapa de control se configuran mediante encoders rotativos, un microcontrolador y potenciómetros digitales, aunque las señales de error de tensión y corriente son proporcionadas por amplificadores operacionales. De esta manera, los resultados obtenidos con el prototipo diseñado, el cual cuenta con potenciómetros rotatorios para ajustar las referencias de tensión y corriente, presentaron óptimos resultados obteniendo una excursión de la tensión y corriente de salida de 50 mV a 30 V y 0 a 3 A respectivamente.

Palabras Clave - Control, Corriente, Diseño, Fuente, Potencia, Referencia, Sensado, Shunt, Tensión

1. Introducción

La problemática planteada corresponde al diseño y construcción de un circuito electrónico que sea capaz de suministrar a su salida una tensión y corriente configurables por el usuario a través de encoders rotativos. El dispositivo debe ser capaz de suministrar las variables mencionadas con gran estabilidad y precisión. Cabe aclarar que las señales de error de tensión y corriente son proporcionadas por amplificadores operacionales debido a su rápida respuesta ante diferentes fenómenos, pero se hace referencia a un “control digital” debido a que las referencias de tensión son configuradas mediante encoders rotativos, un microcontrolador y potenciómetros digitales.

El trabajo en desarrollo está siendo realizado en la asignatura Proyecto y Diseño Electrónico de la carrera Ingeniería Electrónica, en la cual se aplican todos los conceptos adquiridos en años anteriores del cursado, donde el presente artículo muestra los avances y resultados del proyecto abordado.

Actualmente, se encuentra funcionando la etapa de potencia, en donde el prototipo desarrollado permite el ajuste de la tensión y corriente de salida mediante potenciómetros rotatorios. Además, el circuito permite acoplar y desacoplar la carga mediante un pulsador. Como próximo avance se llevará a cabo el diseño de la etapa digital la cual consta de encoders rotativos, un microcontrolador y potenciómetros digitales mencionados previamente para la configuración de las referencias de la etapa de control, un conversor AD (Analógico-Digital) para medir la tensión y corriente de salida, y un display OLED que muestra todas las variables.

El circuito desarrollado en este trabajo puede tener una amplia gama de aplicaciones, siendo algunos ejemplos carga de baterías, prueba de componentes, reparación y mantenimiento, prueba de estrés

y demás aplicaciones relacionadas a la electrónica. Las fuentes de alimentación variable son utilizadas en aplicaciones donde se requiere una tensión y corriente específica y controlada para energizar diversos equipos o dispositivos.

A continuación, se presentan todos los pasos realizados hasta el momento para lograr la obtención de un circuito totalmente funcional y que cumpla con la consigna presentada en el proyecto. Para esto, inicialmente se describe el diseño del hardware, luego los resultados adquiridos donde se muestra al proyecto funcionando y el circuito impreso con la integración de los componentes en la placa desarrollada y finalmente las conclusiones obtenidas del trabajo.

2. Circuito propuesto

El diagrama de bloques de la Fig. 1, el cual se basa en el del Agilent E3610A [1], corresponde al esquema del circuito propuesto e implementado de la Fig. 14. El transformador de potencia reduce el voltaje de la línea de CA de entrada y lo aplica al rectificador y al filtro. El rectificador-filtro convierte la entrada de CA en CC sin procesar que se alimenta al terminal de salida positivo a través de un regulador en serie paralelo y una resistencia de muestreo de corriente. El regulador, parte del circuito de retroalimentación, está hecho para alterar su conducción para mantener una tensión o corriente de salida constante. El voltaje desarrollado a través de la resistencia de muestreo de corriente es la entrada a la etapa de sensado y error de corriente. La etapa de sensado y error de tensión obtiene su entrada muestreando el voltaje de salida del suministro.

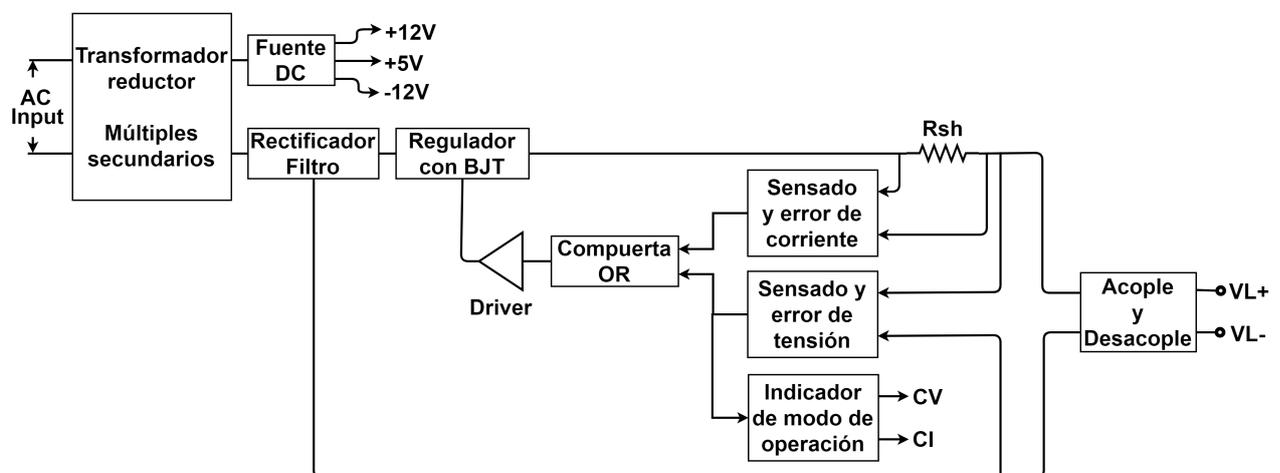


Fig 1. Diagrama de bloques de la Fuente DC Lineal.

Cualquier cambio en el voltaje o corriente de salida es detectado por las etapas de sensado y error de tensión y corriente, el error se pasa al controlador el cual aplica su respuesta al regulador en serie en la fase y amplitud correctas para contrarrestar el cambio en el voltaje o corriente de salida.

Las etapas de sensado y error de tensión y corriente incluyen dos amplificadores operacionales que proveen las señales de error en un suministro de tensión constante (CV) y corriente constante (CI), uno para controlar el voltaje de salida y el otro para controlar la corriente de salida, en donde ambos amplificadores no pueden funcionar simultáneamente. Para cualquier valor dado de resistencia de carga, la fuente de alimentación debe actuar como una fuente de voltaje constante (CV) o como una fuente de corriente constante (CI). La compuerta OR está compuesta por dos diodos como se muestra más adelante cuya finalidad es sumar los errores provistos por estas dos etapas.

Con el fin de saber en qué modo se encuentra operando la fuente, si a CV o CI, se tiene una etapa de indicación de modo de operación cuyos indicadores son dos LEDs de diferentes colores y la señal leída utilizada para la comparación proviene de la salida de la etapa de sensado y error de tensión.

Luego, a la salida de la fuente se tiene una etapa de acople y desacople de carga con un relé que es activado a través de un pulsador, donde inicialmente cuando se energiza la fuente la carga se encuentra desacoplada, y cada vez que se presione dicho pulsador la carga se acopla o desacopla según su estado previo. A su vez, esta etapa también permite desacoplar la carga automáticamente ante microcortes de la red eléctrica.

Por último, la Fuente DC ($\pm 12\text{ V}$ y $+5\text{ V}$) proporciona voltajes de alimentación y referencia estables que son utilizados por los amplificadores operacionales con fines de comparación, así como para alimentación de dispositivos en las distintas etapas de la fuente.

En lo que respecta a la operación de la fuente, en base al esquema del Anexo 1 (Fig. 14), luego de su construcción debe abrirse el jumper JP1 para deshabilitar temporalmente el control de corriente, colocar las referencias de tensión y corriente a 0 V mediante RV1 y RV2 respectivamente, y luego se debe conectar un voltímetro a la salida de la fuente. Hecho esto, la misma debe energizarse y posteriormente pulsar el botón de acople de carga, y aumentar tanto la referencia de tensión como de corriente hasta fondo de escala (5 V) para poder medir la tensión de salida la cual debe ajustarse mediante el potenciómetro RV3 hasta leer en el voltímetro $V_L = 30\text{ V}$. Luego, se desenergiza la fuente, se conecta JP1, se coloca en bornes de salida una resistencia de $R_L = 30\text{ V}/3\text{ A} = 10\ \Omega$, se ajustan las referencias de tensión y corriente a 0 V , y con el voltímetro conectado en paralelo a la resistencia de salida, se energiza la fuente, se acopla la carga con el pulsador, se ajustan las referencias de tensión y corriente a fondo de escala (5 V), y se procede a ajustar RV4 hasta que se vea una ligera disminución de la tensión de salida lo cual indica que fuente está empezando a operar a corriente constante (CI). De esta manera los lazos de control estarían ajustados. Este proceso debe efectuarse antes del primer uso nada más.

Una vez ajustados los lazos de control, el usuario al momento de utilizar la fuente DC lineal debe energizar la fuente y colocar la carga a la salida de la misma. Luego, antes de acoplar la carga debe girar las perillas de los potenciómetros de referencia de tensión (RV1) y corriente (RV2) hasta 0 V . Hecho esto, el usuario debe presionar el pulsador de acople de carga, mover ligeramente el ajuste de corriente y posteriormente mover el ajuste de tensión hasta leer con un voltímetro el valor de tensión deseado a la salida. Hay que tener en cuenta que si la tensión de salida no incrementa, se debe a que está siendo limitada por el control de corriente por lo cual será necesario ajustar nuevamente la corriente mediante su potenciómetro (RV2).

3. Diseño del circuito

En base al diagrama de bloques de la Fig. 1, se procede a explicar el diseño de la fuente. Para esta fuente, fue requerido un transformador de como mínimo $220/30\text{ V}$ para la etapa de potencia, para lo cual se adquirió uno de $220/40\text{ V}$. De esta manera, en el diseño del rectificador y filtro [2], mediante un puente rectificador D13, y capacitores de filtro $C1 = C2$ se obtuvo un valor medio de tensión a la salida del rectificador de $V_{\text{rec}} \cong 54\text{ V}$ para un estado máximo de carga de $I_L = 3\text{ A}$. A su vez, se tiene un LED D5 indicador que indica el encendido de la fuente, y R32 en conjunto con R4 permite descargar los capacitores C1 y C2 cuando se desenergiza el circuito.

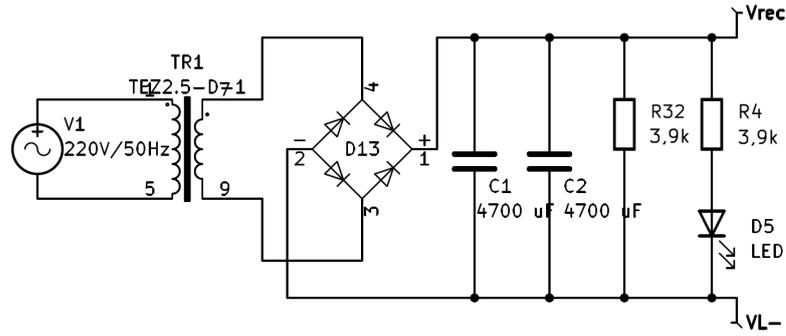


Fig 2. Circuito de rectificación y filtrado de la etapa de potencia.

Los capacitores C de filtro se seleccionaron en base a la expresión (1) siendo I_L la corriente máxima de salida, f la frecuencia de la red de corriente alterna (AC) y la tensión eficaz de ripple V_r donde se consideró un valor pico a pico de $V_{r(pp)} = 3 V$.

$$C = \frac{I_L}{4 \cdot \sqrt{2} \cdot f \cdot V_r} \quad (1)$$

de tal manera que se seleccionó dos capacitores en paralelo $C1 = C2 = 4700 \mu F / 63 V$ de acuerdo al siguiente resultado

$$C1 = \frac{3 A}{4 \cdot \sqrt{2} \cdot (50 Hz) \cdot \left(\frac{3 V/2}{\sqrt{2}}\right)} = 10000 \mu F \quad (2)$$

La potencia del resistor $R32 = 3,9 k\Omega$ fue calculada como se muestra a continuación, seleccionando $P_{R32} = P_{R4} = 2 W$.

$$P_{R32} \geq \frac{V_{R32}^2}{R32} \cdot 1,5 \quad (3)$$

$$P_{R32} \geq \frac{(40 \cdot \sqrt{2} V)^2}{3900 \Omega} \cdot 1,5 \cong 1,23 W \quad (4)$$

Por otro lado, para la referencia de tensión y corriente, alimentación de amplificadores operacionales (AO) y demás componentes que lo requieran, se hizo uso de un segundo bobinado el cual es de 220/14 V construyendo así una fuente partida de $\pm 12 V$ con reguladores LM7812 [3] y LM7912 [4], y una fuente de +5 V con un regulador LM7805 [3] según se aprecia en la Fig. 3. De igual manera que en el caso anterior, esta fuente presenta un LED D6 que indica el funcionamiento de esta fuente.

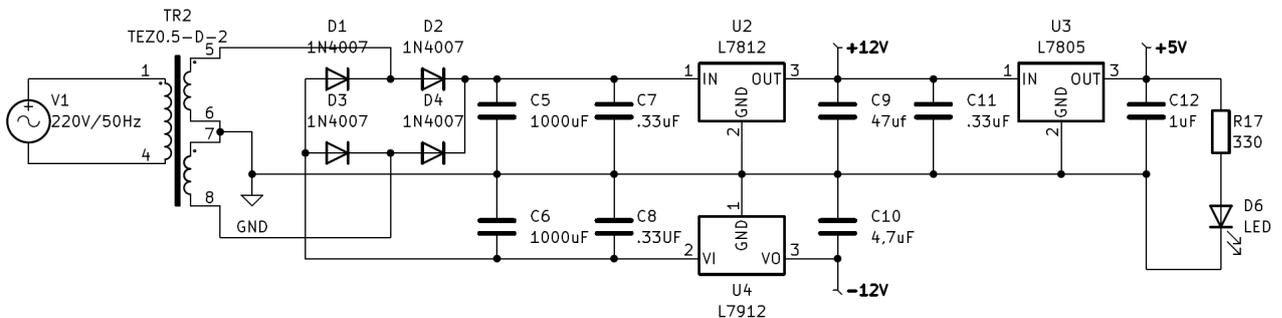


Fig 3. Fuente de alimentación de componentes.

Una vez que se tienen las fuentes de alimentación, así como la rectificación y filtrado de la etapa de potencia, se procede con el diseño de la Fuente DC Lineal.

Tal como se aprecia en el esquemático de la Fig. 14, el punto de 0 V de la fuente de la Fig. 3 se corresponde con el borne positivo de la Fuente DC Lineal diseñada. Esto se debe a las limitaciones en la alimentación de los dispositivos utilizados en el esquemático.

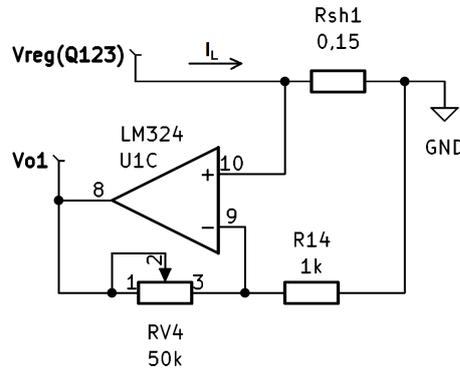


Fig 4. Circuito de sensado de corriente.

Para el sensado de corriente, se diseñó el circuito de la Fig. 4 en donde para medir la corriente de salida se hace uso de una resistencia de Shunt de $R_{sh1} = 0,15 \Omega$ con una potencia de $P_{R_{sh1}} = 2 W$ de acuerdo al siguiente resultado.

$$P_{R_{sh1}} \geq I_L^2 \cdot R_{sh1} \cdot 1,5 \quad (5)$$

$$P_{R_{sh1}} \geq (3 A)^2 \cdot (0,15 \Omega) \cdot 1,5 \cong 2 W \quad (6)$$

Este circuito es un amplificador no inversor basado en un LM324 [5] que amplifica la tensión en la resistencia R_{sh1} dada por $V_{R_{sh1}} = I_L \times R_{sh1}$ para que cuando circule por ésta una corriente de $I_L = 3 A$, la caída de tensión a la salida del amplificador no inversor sea de $V_{o1} = 5 V$.

En lo que respecta al circuito de medición y conversión de tensión de salida, se tiene el que se aprecia en la Fig. 5. El mismo está compuesto por un divisor resistivo y un amplificador inversor, de tal manera que en lazo cerrado permite variar la ganancia del sistema ajustando el preset RV3 de tal manera que se obtenga una ganancia de $30 V/5 V$.

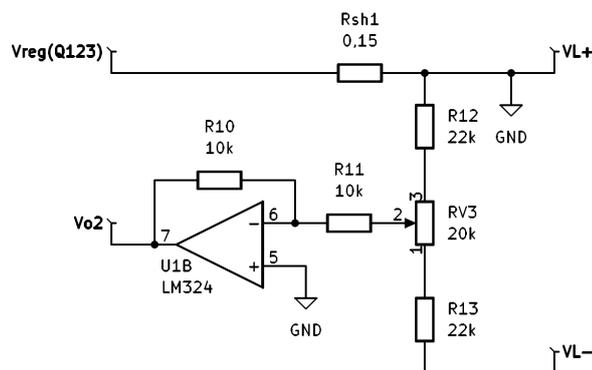


Fig 5. Circuito conversor de tensión.

Debido a que el punto común (0 V) de las fuentes de $\pm 12 V$ coincide con el borne positivo V_{L+} de salida de la fuente lineal, se tiene que el borne opuesto respecto a GND será de $V_{L-} = -30 V$. Puesto que el valor leído desde el cursor de RV3 es negativo, para poder ser comparado con la referencia se debe invertir su signo con un amplificador inversor con ganancia unitaria conformado por U1B, R10 y R11.

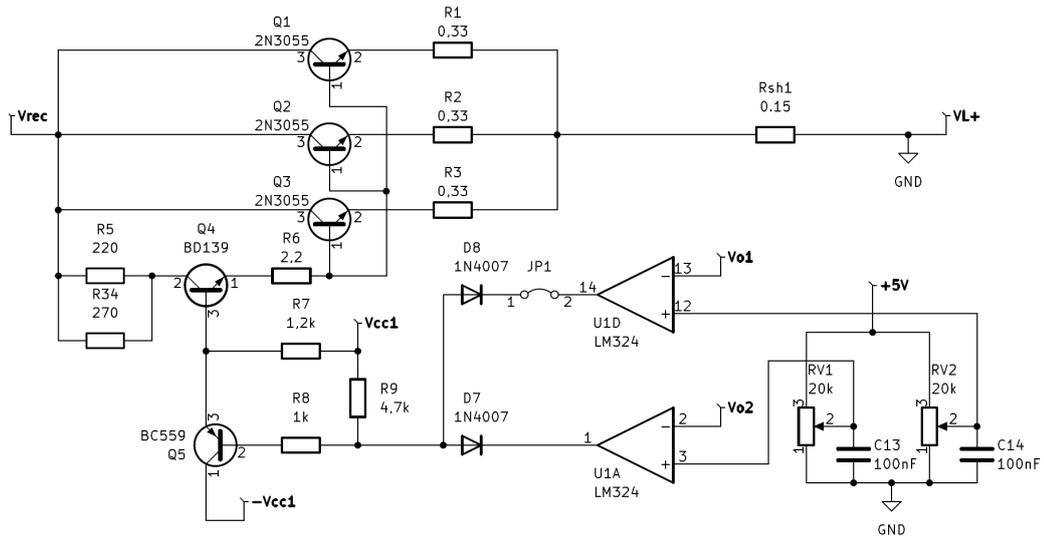


Fig 6. Regulador de tensión con transistores de paso.

Luego, el circuito de la Fig. 6 tiene como finalidad controlar la tensión y corriente de salida. El AO U1D es el que provee el error de corriente, mientras que U1A entrega el error de tensión los cuales se calculan en función de la tensión obtenida V_{o1} y V_{o2} proporcional al mensurando de la salida, y las tensiones de referencia con fondo de escala a +5V proporcionadas por los cursores de los potenciómetros RV2 y RV1 respectivamente. Como se mencionó previamente, cuando uno de los controles está activo, el otro se encuentra inactivo y viceversa, logrando esto con el bloqueo de los diodos D8 y D7 que son 1N4007 [6]. Cabe destacar que todos los AO están alimentados con $\pm 12V$.

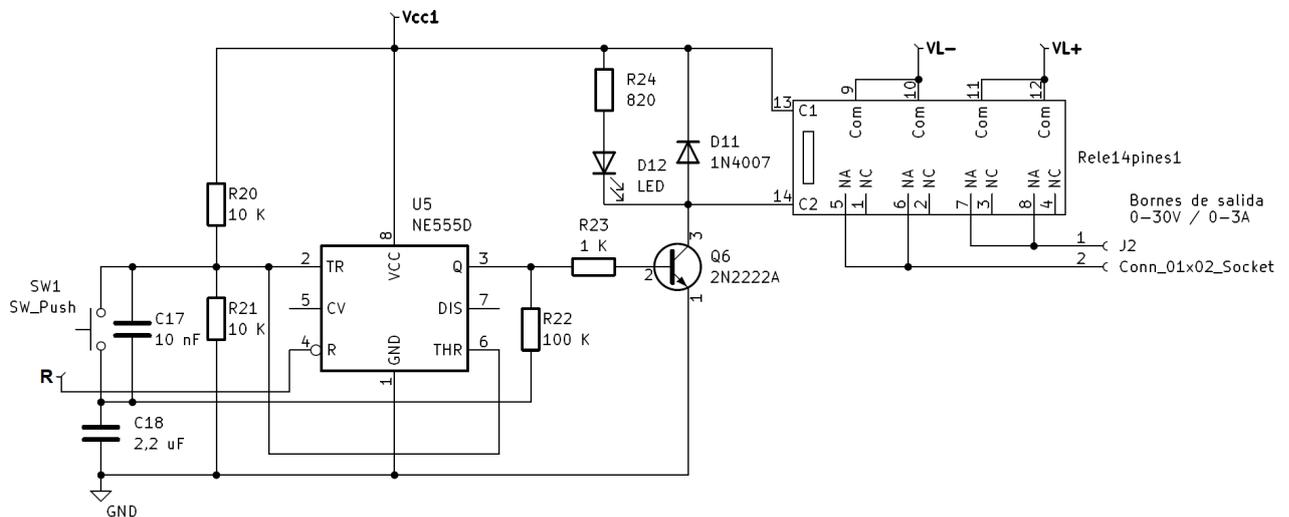


Fig 7. Circuito de acople y desacople.

De esta manera, controlando el transistor Q5 dado por un BC559 [7], se regula la corriente destinada a la base de Q4 dado por un BD139 [8] el cual controla los transistores en paralelo Q1, Q2 y Q3 conformados por tres 2N3055 [9] los cuales regulan la tensión de salida. Estos tres transistores en paralelo fueron proporcionados por la cátedra y aceptados para su selección en función de su corriente y tensión máximas de colector, en donde se seleccionaron tres de estos para reducir así la disipación de potencia en cada uno. La potencia de los resistores R5 y R34 en paralelo con un factor de seguridad de $f_s = 1,5$ debe ser igual o superior a 4W, con lo cual se seleccionaron potencias de resistores de $P_{R5} = P_{R34} = 3W$ ya que eran los valores que se tenían a disposición.

Pasando al circuito de acople y desacople de carga visto en la Fig. 7 y continuación en la Fig. 8, este consiste en conectar o bien, en desconectar o aislar la fuente de alimentación de la carga de manera física y eléctrica garantizando la integridad tanto de la fuente como de la carga conectada a la misma. En este circuito $V_{cc1} = +12\text{ V}$ mientras que V_{L+} y V_{L-} corresponden a los bornes de salida positivo y negativo de la fuente respectivamente.

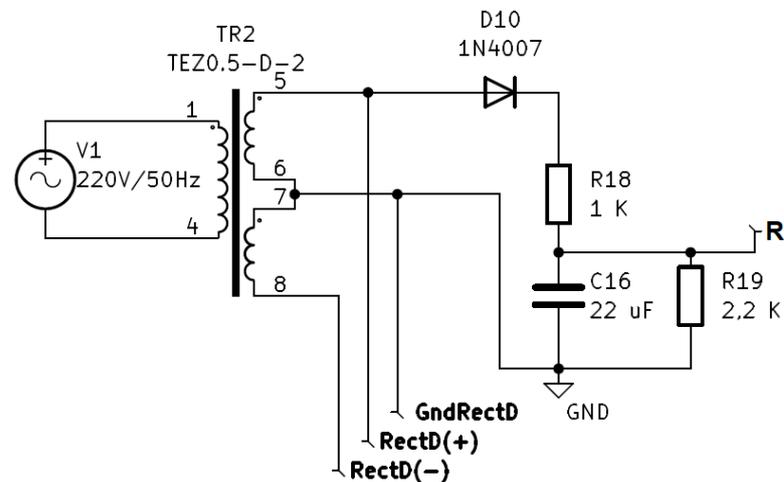


Fig 8. Circuito de acople y desacople.

Esta acción de conexión y desconexión para la fuente de alimentación es realizada por medio de un pulsador mecánico sin retención. Estando la salida desconectada, al accionar el pulsador, la salida de la fuente se acopla a la carga. Caso contrario, Si la carga estuviera conectada, y se presiona el mismo pulsador, se desacopla la carga.

El circuito está basado en un temporizador NE555 [10], cuya salida está conectada a la bobina del relé (el cual fue provisto por la cátedra y corresponde al RH4B-U [11]) mediante un transistor Q6 dado por un P2N2222A [12], encargado de conectar y desconectar la salida de la fuente de alimentación al presionar un pulsador.

En un principio al alimentar la fuente de alimentación, se resetea el NE555 por medio del circuito conectado al Reset y permanece en estado bajo la salida gracias a la tensión brindada por R20 y R21 al trigger. Al momento de presionar el pulsador, el capacitor C18 se encuentra totalmente descargado, por lo que impone una tensión de 0 V en el trigger y así conseguir la conmutación a la salida. Con la salida en alto, a través de R22 se carga C18 logrando una tensión en bornes igual a V_{cc} . Cuando se vuelve a presionar el pulsador, el mismo conecta el potencial de C18 al pin 6 del NE555 haciendo conmutar la salida del mismo. Con la salida en bajo, C18 se descarga a través de R22. Logrando así la conmutación de la salida gracias a un solo pulsador mecánico.

El pin 4 del temporizador NE555 está conectado a un circuito tal, que al energizar la fuente de alimentación este entregue un cero lógico al mismo. De esta manera, la salida de la fuente, al energizarse permanezca desacoplada. Este circuito también nos permite desconectar la carga de forma automática ante microcortes de la red eléctrica resguardando tanto la fuente de alimentación como la carga.

Para que se produzca el reseteo del NE555 al energizar la fuente, el pin de reset debe permanecer con un valor de tensión inferior a 1 V por un tiempo de aproximadamente 5 ms. Considerando un valor de capacitor de $C16 = 22\ \mu\text{F}$ se determina R18 mediante la ecuación de la carga del capacitor

como se muestra a continuación, resultando en $R18 = 1\text{ k}\Omega$ $1/4\text{ W}$.

$$V_C(t) = V_f - (V_f - V_i) \cdot e^{-t/RC} \quad (7)$$

$$R = \frac{-t}{\ln \left[\frac{-V_C(t) + V_f}{V_f - V_i} \right]} \cdot C \quad (8)$$

Para poder desconectar la salida de la fuente de alimentación ante la presencia de microcortes de la red eléctrica se utiliza la resistencia R19. Una vez que se interrumpe el suministro de energía eléctrica, el capacitor C16 queda cargado con una tensión en bordes igual a V_{med} , y comienza a descargarse en R19. Una vez que la tensión del capacitor cae por debajo de 1 V se resetea el NE555 que, por el diseño de su fuente de alimentación, aún permanece energizado.

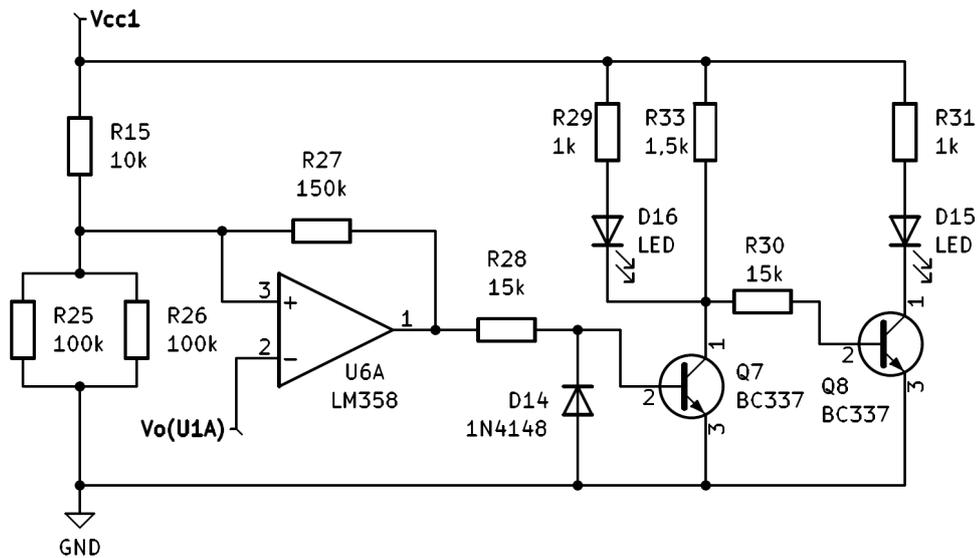


Fig 9. Circuito indicador de modos de operación.

Como se mencionó anteriormente, esta fuente puede operar a tensión constante (CV) o a corriente constante (CI) y para indicar el modo de funcionamiento esto se logra con el circuito de la Fig. 9. El circuito propuesto en la Fig. 9 consta primeramente de un comparador no inversor con histéresis basado en un LM358 [13] con las tensiones umbrales superior e inferior configuradas a $V_{US} = 10,03\text{ V}$ y $V_{UI} = 8,9\text{ V}$ respectivamente.

El diodo D14 dado por un 1N4148 [14] sirve para proteger la unión base-emisor del transistor Q7 conformado por un BC337 [15] cuando la tensión de salida de U6A es negativa. De esta manera, cuando $V_{o(U1A)} > V_{US}$ se tiene que $V_{sat} = V_{satN}$ con lo que entra en conducción Q8 (Q7 bloqueado) encendiendo el LED D15 indicando el modo de operación a corriente constante (CI). Por otro lado, cuando $V_{o(U1A)} < V_{UI}$ se tiene que $V_{sat} = V_{satP}$ lo que permite que Q7 conduzca (Q8 bloqueado) y se encienda el LED D16 indicativo del modo a tensión constante (CV). Como puede apreciarse en la Fig. 9 la señal a comparar corresponde a la salida de la etapa de sensado y error de tensión correspondiente a la salida del AO U1A.

4. Diseño del PCB

El diseño del PCB (placa de circuito impreso) se realizó en el software KiCAD el cual es un paquete de software libre para la automatización del diseño electrónico. Facilita el diseño de esquemáticos

para circuitos electrónicos y su conversión a placa de circuito impreso. A continuación, se presenta el PCB diseñado.

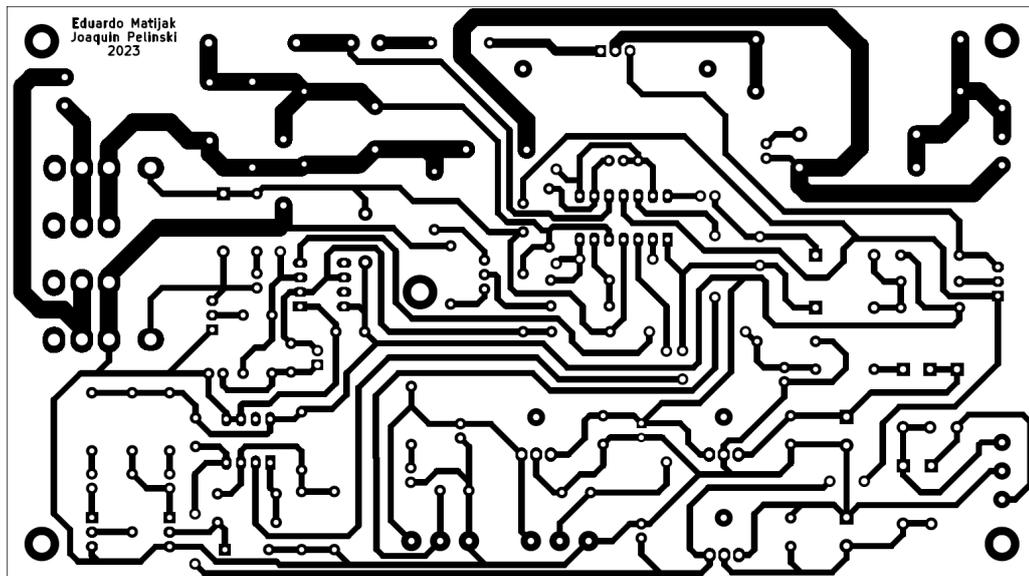


Fig 10. PCB de la Fuente DC Lineal.

5. Resultados

En la Fig. 11 se aprecian los resultados obtenidos para la tensión y corriente de salida de la simulación en el software PSIM de la Fuente DC Lineal para una variación de carga, en donde se pueden apreciar los distintos modos de operación así como el comportamiento de la fuente ante un cortocircuito a la salida.

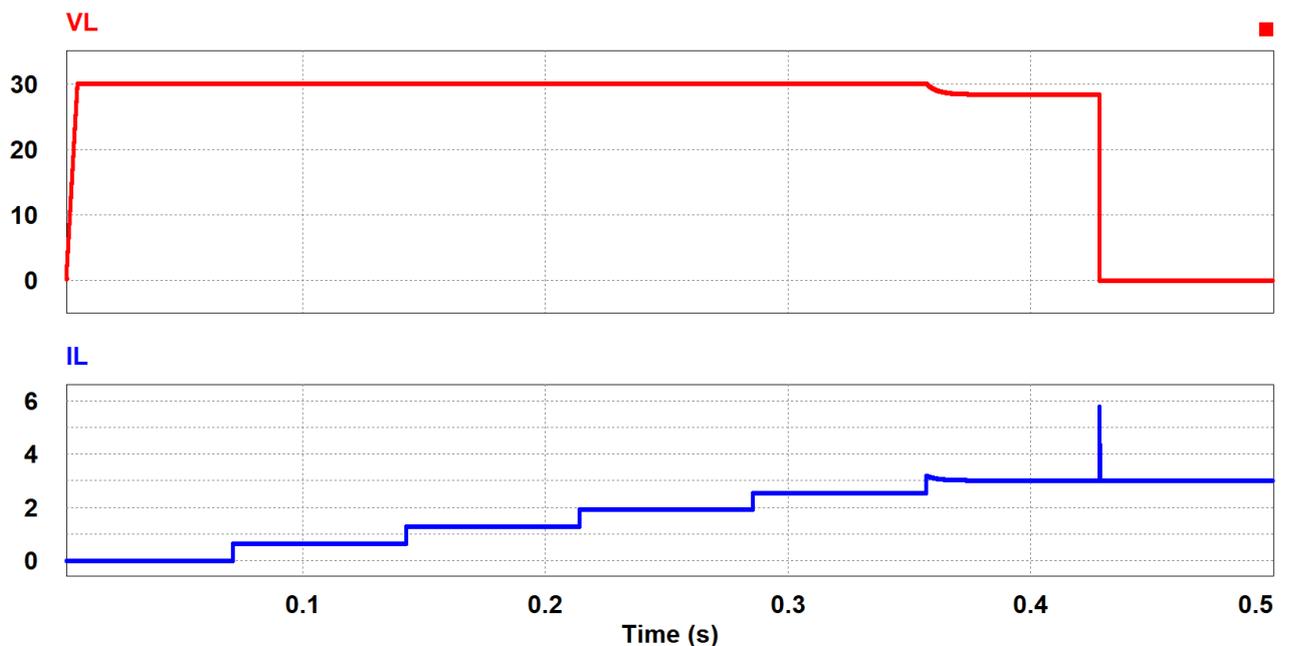


Fig 11. Simulación de la Fuente Lineal DC para una variación de carga.

Primeramente, antes de correr la simulación, se ajustaron los potenciómetros de referencia de tensión RV1 y corriente RV2 a fondo de escala (5 V). Luego se llevó a cabo un análisis transitorio en donde se efectuó una variación de carga acoplando resistencias en paralelo cada cierto periodo de

tiempo a la salida de la fuente simulada. De esta manera, como se aprecia en la Fig. 11, hasta un tiempo de aproximadamente $t = 0,36$ s la fuente se comporta a tensión constante (CV) y en cuanto la carga solicitada a la salida supera al valor límite configurado con la referencia de corriente ($I_L = 3$ A), la tensión de salida disminuye pasando a operar a corriente constante (CI) hasta $t = 0,425$ s. En el momento $t = 0,425$ s ocurre un cortocircuito a la salida, y como se logra ver la tensión de salida disminuye a $V_L = 0$ V mientras que la corriente de salida se mantiene constante a $I_L = 3$ A.

Se proceden a mostrar los resultados obtenidos de las pruebas en el laboratorio de la Fuente DC Lineal. Primeramente, se efectuaron los ensayos de la fuente operando a tensión constante para determinar los valores extremos de la misma, que como se aprecia en la Fig. 12(a) el valor máximo es de $V_{L(\max)} = 30$ V y el valor mínimo de $V_{L(\min)} = 50$ mV logrando así la excursión en el rango de tensiones planteado en un principio.

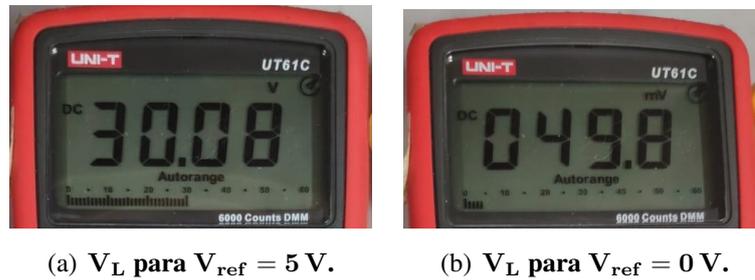


Fig 12. Tensión de salida V_L para los valores extremos de referencia de tensión V_{ref} .

Para el control de corriente, se tuvo que contemplar para el diseño del PCB un preset de ajuste de ganancia ya que que la misma se veía disminuida en comparación con lo calculado. A continuación, se muestran los resultados obtenidos para el circuito operando inicialmente a tensión constante y luego de aumentar la carga (se varió el reóstato de salida RL) hasta cierto valor esta empieza a operar a corriente constante, con una tensión de referencia de corriente de $I_{\text{ref}} = 2$ V que para la ganancia presente implica un límite de corriente de $I_{L(\max)} = 1,77$ A, mientras que la referencia de tensión se mantiene a $V_{\text{ref}} = 5$ V.

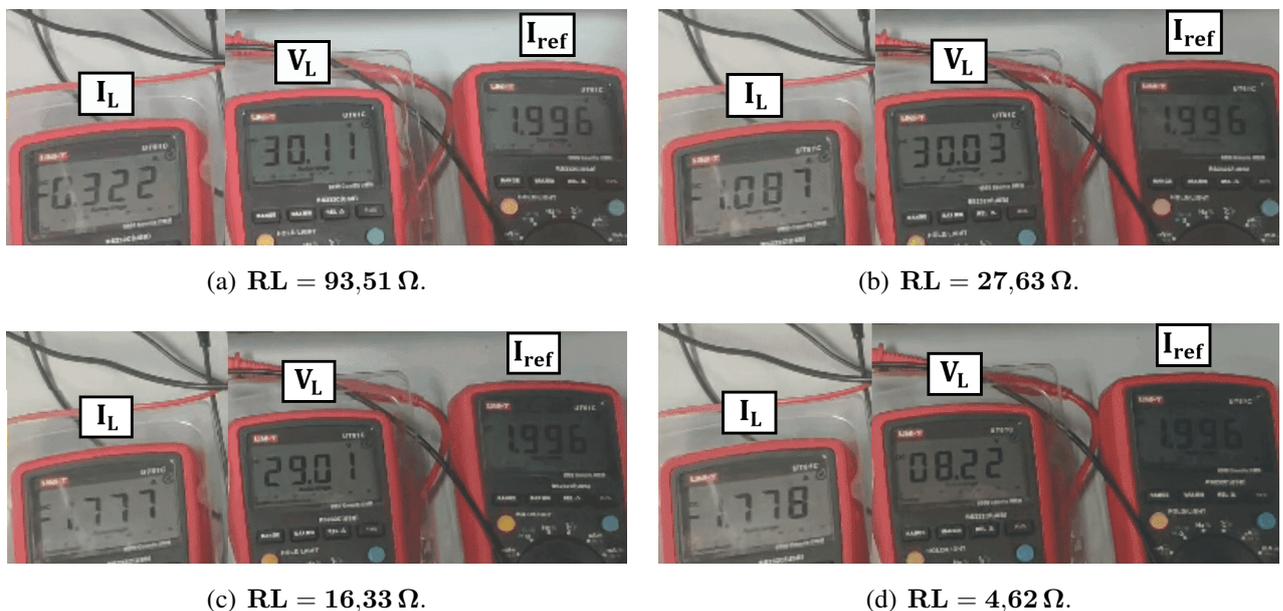


Fig 13. Modos de operación para $V_{\text{ref}} = 5$ V ($V_L = 30$ V) y $I_{\text{ref}} = 2$ V ($I_L = 1,77$ A).

En la Fig. 13 se aprecia que en cuanto la carga solicitada a la salida sobrepasa al valor configurado mediante el potenciómetro de ajuste de corriente de referencia (Fig. 13(c)), la tensión de salida comenzó a decrementarse con el fin de mantener la corriente configurada como límite a la salida ($I_{L(\max)} = 1,77 \text{ A}$). De esta manera, se corroboró el correcto funcionamiento tanto del control de tensión como el control de corriente.

6. Conclusiones

El resultado obtenido hasta el momento en el trabajo, se logró gracias a la integración de saberes desarrolladas en asignaturas previas a la misma. Conceptos presentados en materias anteriores resultaron de suma importancia para obtener los resultados presentados. Asignaturas como Electrónica Analógica, Sistemas de control y Técnicas Digitales I aportaron los conocimientos acerca de transistores, relés, amplificadores operacionales y otros componentes, como así también el diseño de fuentes de alimentación y lazos de control que fueron implementados en el proyecto.

En cuanto a la asignatura Proyecto y Diseño Electrónico, nos brinda una serie de habilidades, conocimientos y herramientas que son fundamentales a la hora de afrontar un proyecto tanto en el área académica como así también en el área profesional. Además, mediante el proyecto definido nos permite el desarrollo de habilidades de resolución de problemas complejos y aplicar soluciones personales, realizables y eficiente.

Con el objetivo de finalizar el presente artículo, es posible concluir que se están cumpliendo los objetivos propuestos, permitiendo obtener una fuente de alimentación DC lineal con control de tensión y corriente que, por el momento son analógicos pero sencillos, con componentes accesibles y fácil de operar.

Como próximo avance, se procederá con la digitalización de las etapas de control, lo cual implica la utilización de encoders rotativos y potenciómetros digitales para configurar las referencias de tensión y corriente. Luego, un microcontrolador presenta toda la lógica de la etapa digital que mediante comunicación serial I2C permitirá comandar los distintos esclavos/dispositivos conectados al bus: potenciómetros digitales, conversor AD (Analógico-Digital) y display OLED, además de responder ante distintas interrupciones programadas en el mismo. La etapa digital estará aislada de la fuente actual (etapa de potencia) mediante optoacopladores los cuales permitirán la aislación del bus I2C.

Referencias

- [1] *Manual Agilent E361XA 30W BENCH SERIES DC POWER SUPPLIES*, 5th. ed., Agilent Technologies, Rockaway, New Jersey, 2000.
- [2] T. L. Floyd, “Aplicaciones del diodo” in *Dispositivos electrónicos*, 8th. ed., Mexico, PEARSON, 2008, pp. 46-78.
- [3] “*LM78XX Datasheet*”, Fairchild, 2006. [Online]. Available: <https://www.mouser.com/datasheet/2/149/LM7812-1010875.pdf>
- [4] “*LM79XX Datasheet*”, Fairchild, 2006. [Online]. Available: <https://www.mouser.com/datasheet/2/308/LM7912-1306701.pdf>
- [5] “*LM324 Datasheet*”, ON Semiconductor, 2021. [Online]. Available: <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/lm324-d.pdf>
- [6] “*1N4007 Datasheet*”, ON Semiconductor, 2021. [Online]. Available: <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/1n4001-d.pdf>
- [7] “*BC559 Datasheet*”, ON Semiconductor, 2006. [Online]. Available: <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/bc559-d.pdf>
- [8] “*BD139 Datasheet*”, ON Semiconductor, 2017. [Online]. Available: <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/bd139-d.pdf>
- [9] “*2N3055 Datasheet*”, ON Semiconductor, 2005. [Online]. Available: <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/2n3055-d.pdf>
- [10] “*NE555 Datasheet*”, Texas Instruments, 2006. [Online]. Available: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf>
- [11] “*RH4B-U Datasheet*”, IDEC, 2017. [Online]. Available: https://ar.mouser.com/datasheet/2/650/idec_RHSeries-1893982.pdf
- [12] “*P2N2222A Datasheet*”, ON Semiconductor, 2013. [Online]. Available: <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/p2n2222a-d.pdf>
- [13] “*LM358 Datasheet*”, ON Semiconductor, 2021. [Online]. Available: <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/lm358-d.pdf>
- [14] “*1N4148 Datasheet*”, ON Semiconductor, 2021. [Online]. Available: <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/1n914-d.pdf>
- [15] “*BC337 Datasheet*”, ON Semiconductor, 2013. [Online]. Available: <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/bc337-d.pdf>

Anexo 1 - Esquema del circuito

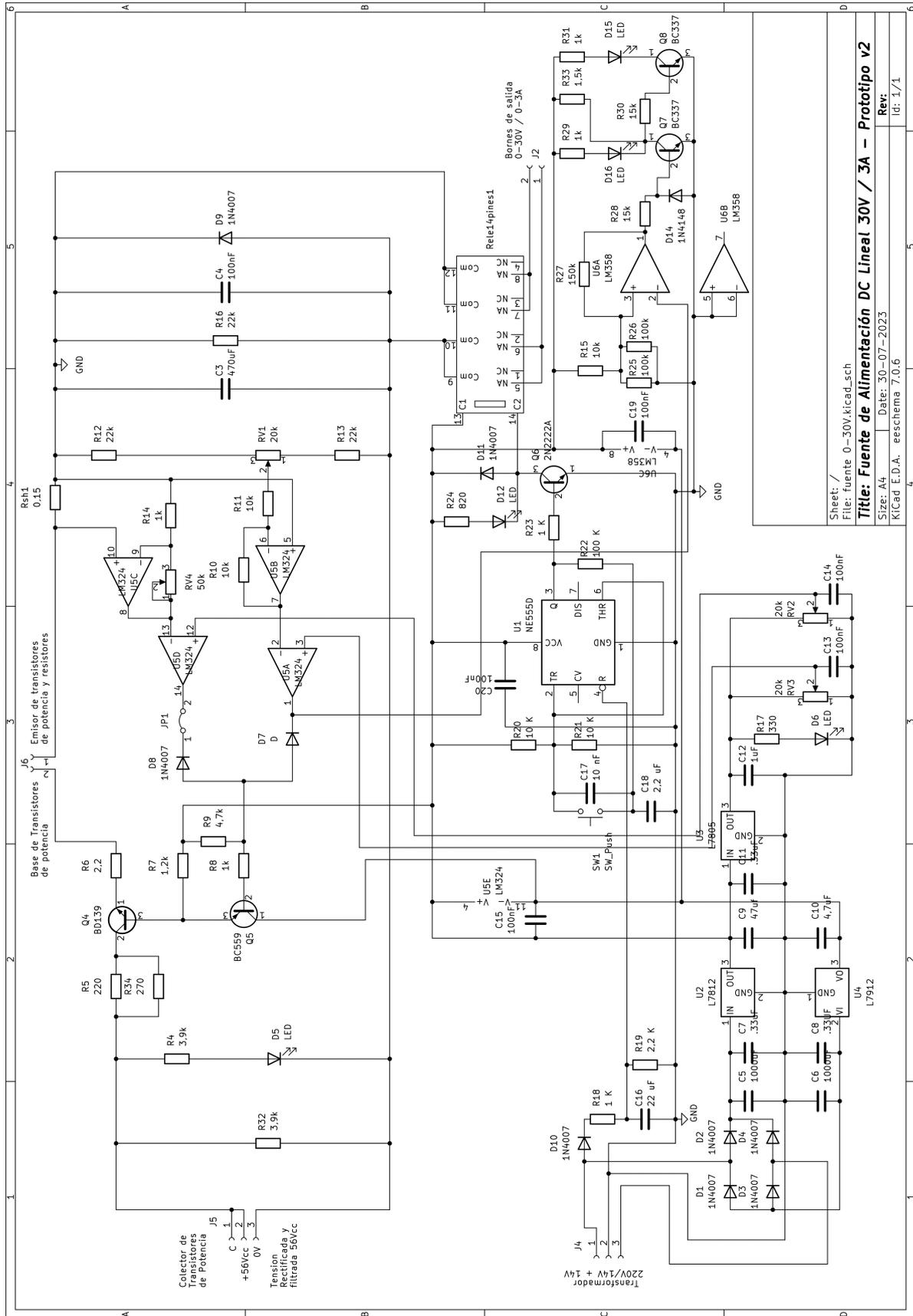


Fig 14. Esquemático de la Fuente de Alimentación DC Lineal de 30 V/3 A.