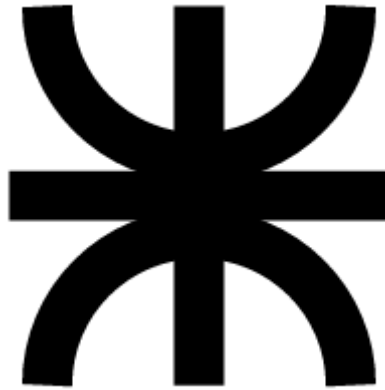


U.T.N. Facultad Regional Paraná
Ingeniería Electrónica



Electrónica de Potencia
2026

Trabajo práctico N°1

Alumnos: Cafaro Alejandro, Guiglioni Lautaro, Penon Marcos

Mails: Alejandrocafarro@alu.frp.utn.edu.ar , LautaroGuiglioni@alu.frp.utn.edu.ar ,
Marcospennon@alu.frp.utn.edu.ar

Docentes: Ing. Frund Jose, Ing. Chort Agustin

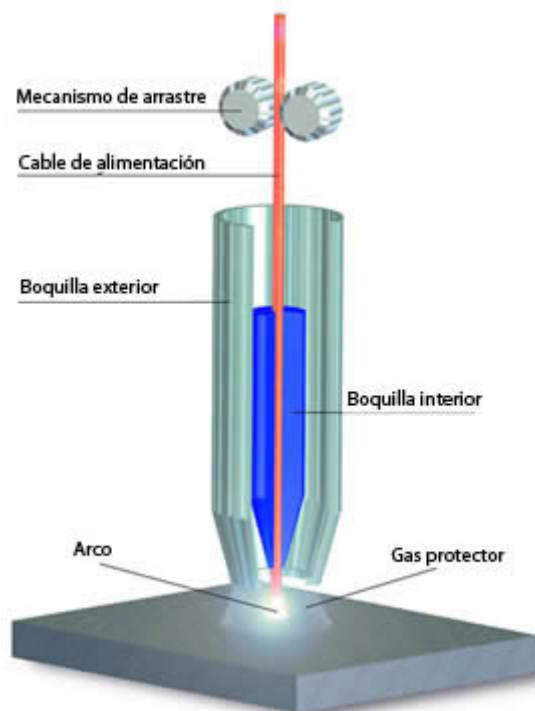
Fecha de Presentación: de 2026.

Paraná, Entre Ríos.

Búsqueda de información y análisis del problema.	3
Investigación puntual sobre la soldadora.	4
Ensayo del motor que se encuentra en el laboratorio de electrónica.	6
Diseño del circuito (control y potencia)	7
Circuito completo	11
Gráfica en vacío (50%)	14
Gráfica con motor (50%)	15
Gráfica con motor frenando con la mano	16
Presupuesto	17
Bibliografía	19

Búsqueda de información y análisis del problema.

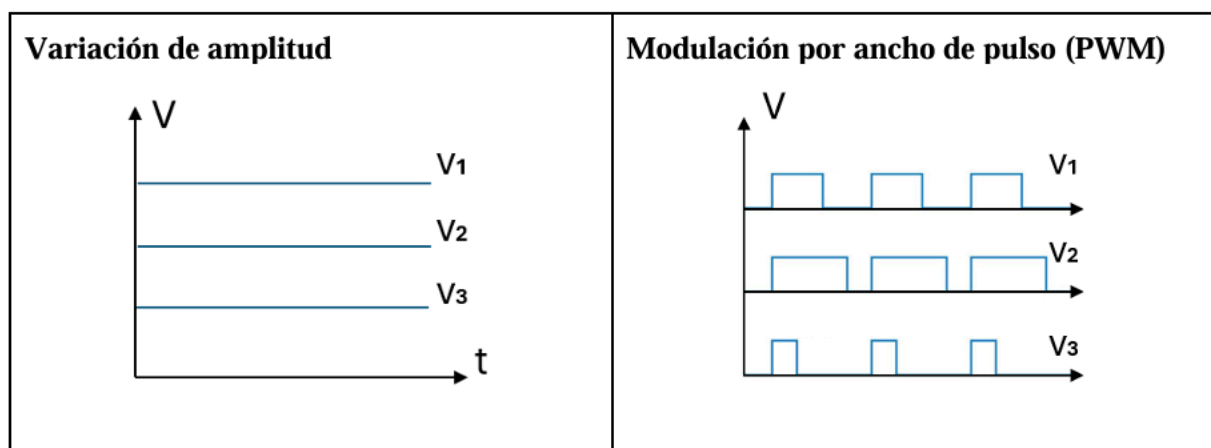
Para encarar el diseño del regulador, el primer paso es comprender el entorno de trabajo y el principio de funcionamiento de la soldadora MIG 195. El proceso MIG (Metal Inert Gas) es una técnica de soldadura semiautomática que consiste en suministrar de forma continua un alambre que actúa como electrodo consumible, mientras que un gas de protección envuelve la zona para evitar que el charco de fusión se contamine con la humedad o los gases del aire. En este tipo de operaciones, el soldador controla manualmente la posición y el avance de la torcha, pero depende enteramente de que la máquina mantenga una velocidad de alimentación de alambre estable y regulable.



Nosotros para diseñar la solución nos debemos centrar en controlar la velocidad de un motor de corriente continua. Lograr esto con precisión absoluta normalmente exigiría un sistema de lazo cerrado utilizando un encoder para censar las RPM, lo cual complejiza enormemente el diseño. Sin embargo, al analizar la mecánica de la devanadora, se observa que la carga del motor no sufre variaciones drásticas durante el trabajo. El mayor cambio mecánico ocurre entre la inercia de mover un carrete de alambre completamente lleno y uno vacío, una diferencia que no es lo suficientemente significativa como para desestabilizar el avance. Por lo tanto, es completamente válido asumir que, al controlar la tensión aplicada para

gobernar el torque del motor, la velocidad resultante será proporcional y adecuada para el proceso.

Sabiendo que el flujo y la corriente dependen de la tensión aplicada, el problema se reduce a encontrar el método más eficiente para regular esta energía. Hay dos métodos principales para variar la tensión aplicada, uno es variando la amplitud, este lo descartamos debido a su bajo rendimiento y la alta disipación de potencia en forma de calor. Como la máquina provee una alimentación base de 24Vac, la estrategia elegida es implementar un rectificador controlado. Teniendo en cuenta la restricción de utilizar únicamente SCRs para el manejo de la carga, la investigación y el diseño se centrarán en desarrollar un circuito capaz de modificar el ciclo de trabajo de la señal alterando el ángulo de disparo de los tiristores, permitiendo así controlar la tensión media que llega al motor devanador.



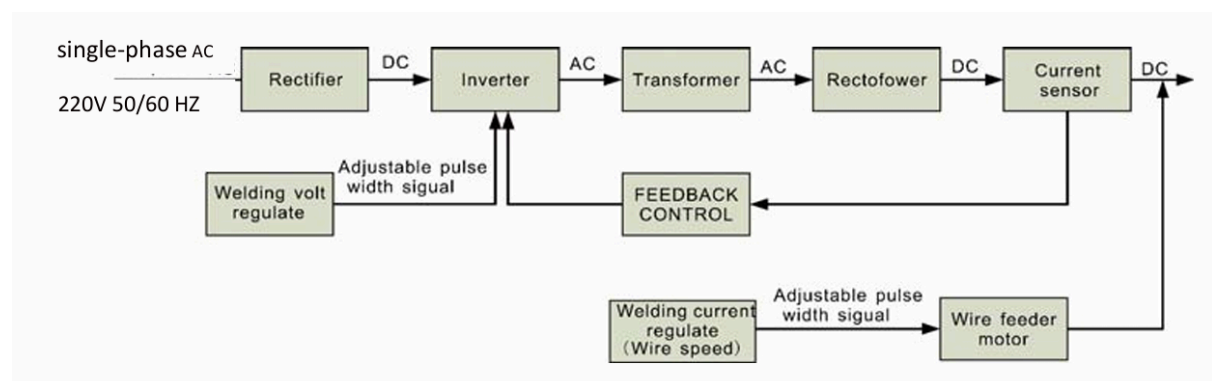
Investigación puntual sobre la soldadora.

El equipo a intervenir en este práctico es una soldadora Dowel MIG 195. Se trata de una máquina de uso semi-profesional muy común en herrería de chapa fina y la industria automotriz. Operativamente, destaca por su alta productividad, ya que mantiene un suministro continuo de alambre consumible mientras se trabaja. A nivel eléctrico, se alimenta con tensión monofásica (220V/50Hz) y maneja corrientes de soldadura de hasta 180A, admitiendo rollos de alambre de 0.6 a 1 mm de espesor.

Parámetro	Valor Técnico	Relevancia para el diseño
Modelo de Soldadora	Dowel MIG 195	Contexto general del equipo.
Alimentación Principal	220V / 50Hz	Tensión de red estándar.

Corriente de Soldadura	180A	Justifica el uso de un contactor de potencia y la existencia del sensor térmico.
Tensión del Transformador Secundario	24Vac (sin punto medio)	Define la tensión de entrada obligatoria de nuestra placa.
Tensión nominal del Motor Devanador	24Vdc	Define el objetivo al que debe llegar nuestra etapa de potencia.

Para definir cómo se va a integrar nuestra placa reguladora, primero analizamos la arquitectura interna del equipo. El sistema está claramente dividido en dos bloques: el de potencia, encargado de generar el arco eléctrico, y el de control, que maneja el devanador. El transformador principal de soldadura es de gran potencia y se acciona mediante un contactor electromecánico. Por otro lado, toda la lógica de control y el motor de la devanadora se independizan usando un transformador secundario más chico. Este último es el que nos entrega los 24Vac sin punto medio que usaremos para alimentar todo nuestro circuito.



Esta separación física de los transformadores es la clave para resolver la lógica de seguridad y los enclavamientos que nos pide la cátedra. El transformador principal tiene adosado un interruptor térmico Normal Cerrado (NC). Si la máquina se exige por tiempos prolongados y calienta demasiado, este sensor se abre. El problema es que, por cuestiones operativas del proceso MIG, si se corta la potencia de soldadura no podemos detener el avance del motor bruscamente, ya que el alambre caliente se fundiría y tapanía la boquilla de la torcha. Por este motivo, nuestra placa, que sigue energizada por el trafo secundario, tiene que ser capaz de detectar la apertura de este térmico para desactivar el relé del contactor principal, pero garantizando que el puente semicontrolado siga disparando los SCRs para que el motor de 24Vdc siga traccionando alambre.

Ensayo del motor que se encuentra en el laboratorio de electrónica.

Los siguientes valores fueron medidos en el laboratorio variando tensiones y condiciones iniciales, como también observando como se comporta en el régimen de trabajo normal.

Tensión [V]	I [A] vacío	I[A] con carga	I [A] nominal
24	7	7	1.2
18	3	1.4	1.2
12	3.6	1.4	1.2

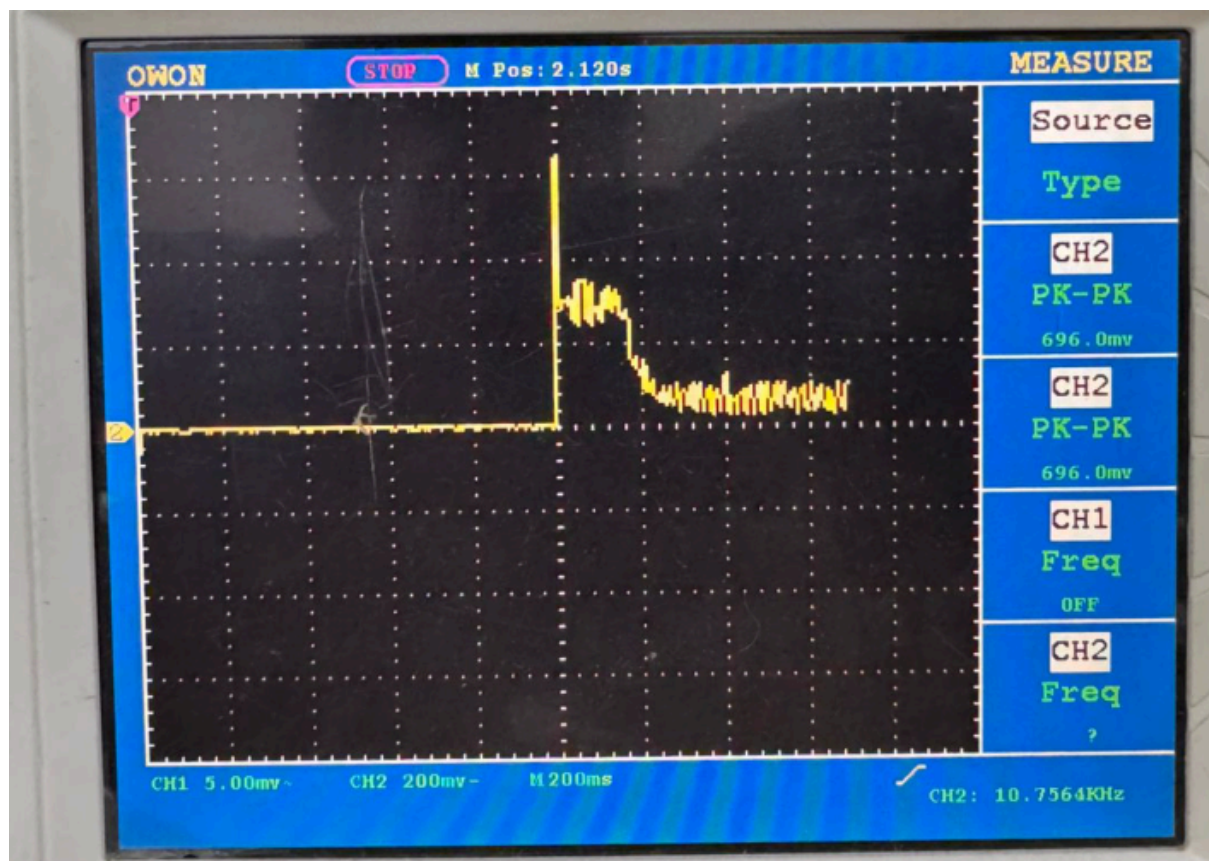


Fig x. Medición corriente de pico con el motor en vacío.

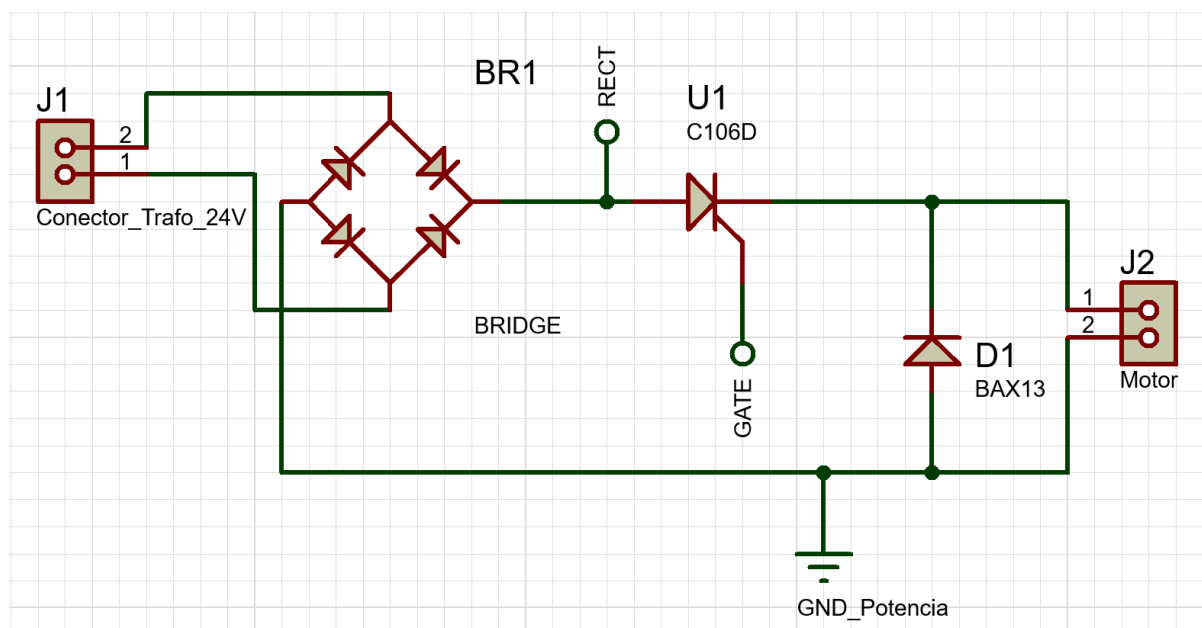
Como para la realización del ensayo usamos una resistencia de potencia (5 [W]) con un valor de 0,1 [Ω], calculamos la corriente de pico de la manera:

$$I_0 = \frac{0.697 [V]}{0,1 [\Omega]} = 6.96 [A]$$

Diseño del circuito (control y potencia)

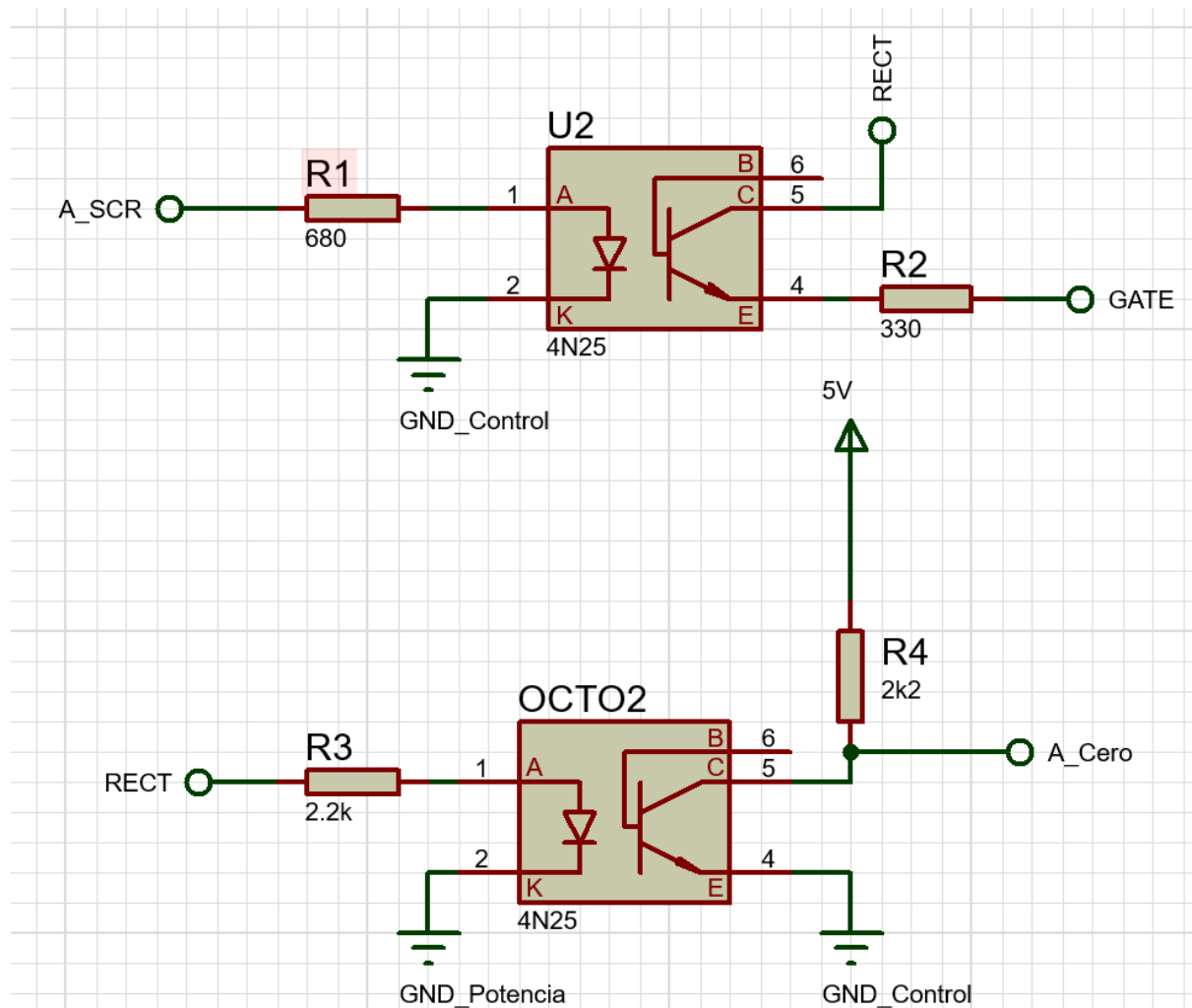
Para el diseño de la placa, decidimos separar físicamente el circuito en dos partes para proteger la lógica de control de cualquier pico de tensión: una etapa de potencia que maneja los 24Vac y una etapa digital de 5Vdc gobernada por el microcontrolador.

La alimentación entra desde el transformador secundario de la máquina por la bornera J1 y pasa directamente por un puente de diodos que nos entrega una señal pulsante de onda completa. En lugar de armar un puente semicontrolado complejo, optamos por ubicar un único tiristor BT151(U1) en serie con la salida para actuar como llave de paso de la corriente hacia el motor devanador. Como el motor tiene mucha inercia inductiva, le agregamos un diodo de marcha libre (D1) en antiparalelo. Esto es clave porque, cuando el SCR corta la corriente, el motor devuelve un pico de tensión que sin este diodo terminaría quemando el tiristor.

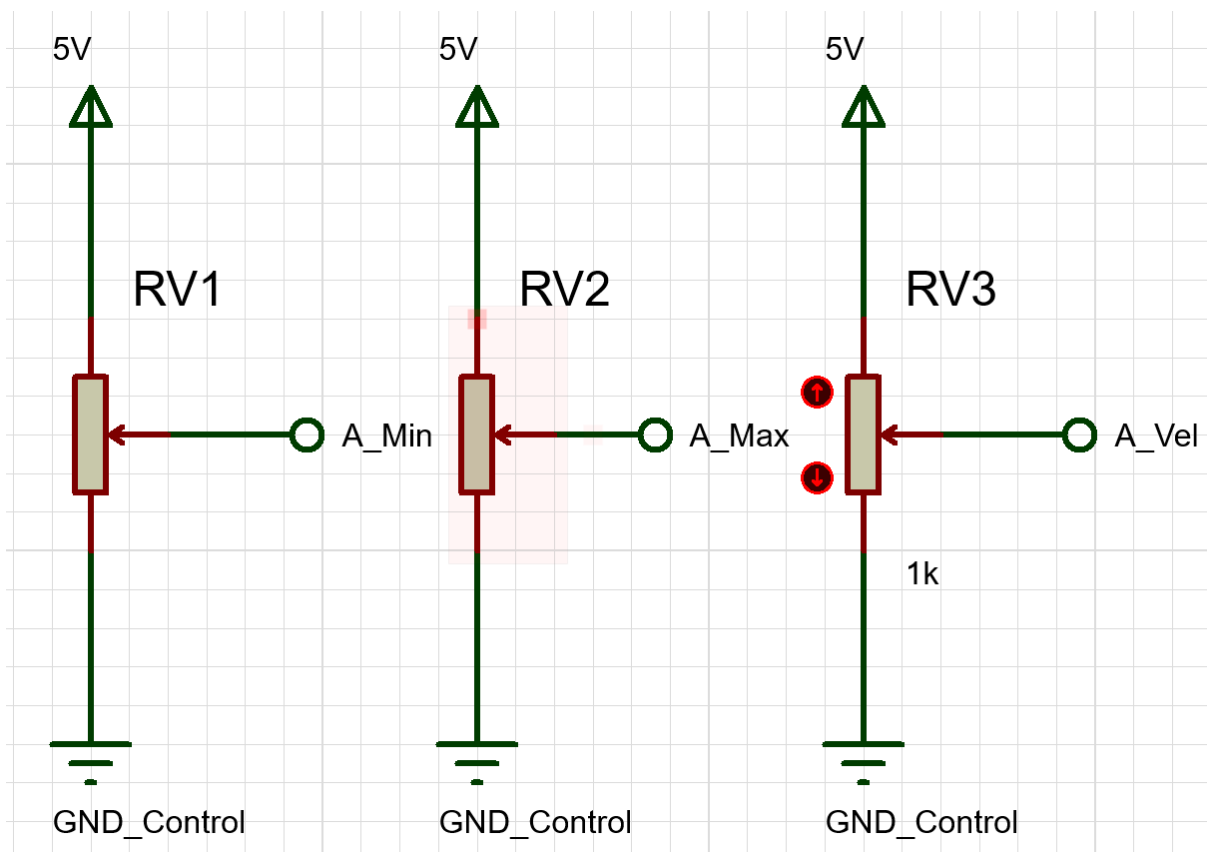


Para poder recortar la onda y regular la tensión que le llega al motor, el microcontrolador necesita saber exactamente en qué momento la señal de alterna cruza por cero. Esto lo resolvimos aislando la señal con el optoacoplador U3. Mientras la onda tiene tensión, el led interno del optoacoplador está encendido y mantiene la señal "A_Cero" a masa. Pero justo en el valle de la onda (los 0V), el led se apaga y la resistencia R4 tira la línea a 5V. Ese pequeño pulso digital es leído por el micro para arrancar a contar el tiempo de retardo del disparo.

Una vez que el software calcula el ángulo de fase que necesitamos, manda un pulso por el pin "A_SCR". Esto enciende el optoacoplador U2, el cual puentea la tensión directamente desde la etapa de potencia hacia el *gate* del tiristor a través de una resistencia de 330Ω , asegurando la corriente de disparo sin mezclar las masas del Arduino y la potencia.



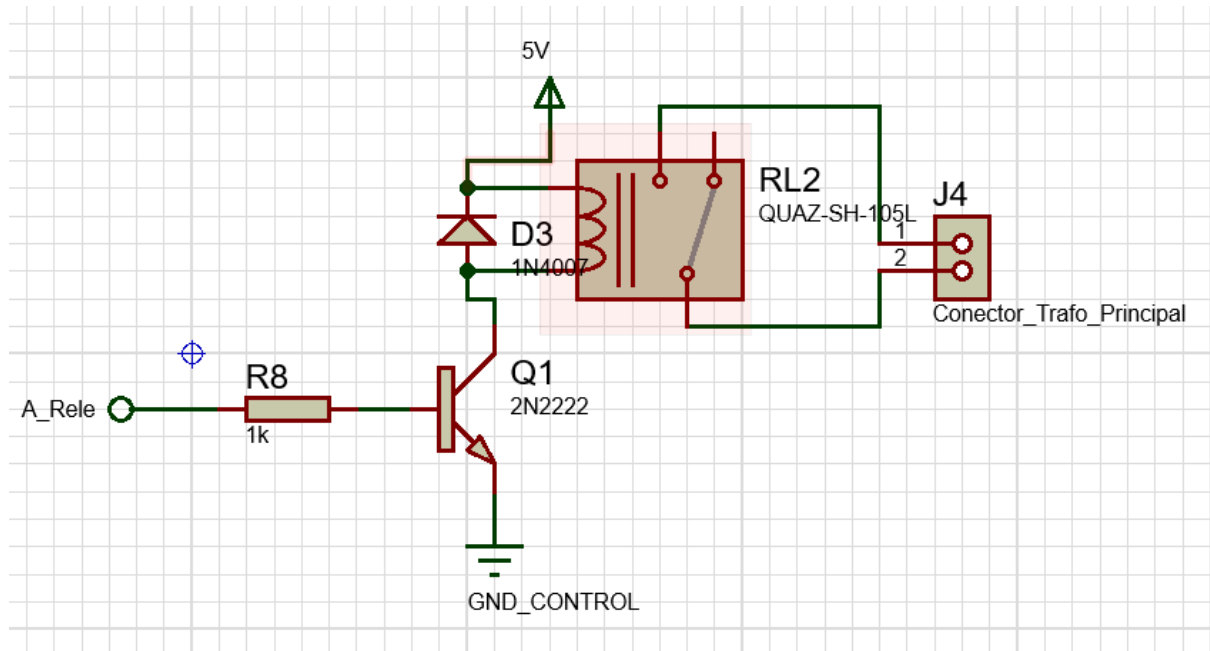
Por el lado de la interfaz de usuario, el control de velocidad lo manejamos mediante tres divisores resistivos que van a las entradas analógicas del ADC. La velocidad deseada la elige el operador con el potenciómetro principal del panel (RV3). Sin embargo, para cumplir con el requisito de tener topes de calibración, pusimos dos presets en la placa (RV1 y RV2) que fijan las tensiones de máximo y mínimo. El código simplemente lee estos tres valores y mapea el recorrido del potenciómetro principal para que nunca se pase de los límites fijados por hardware.



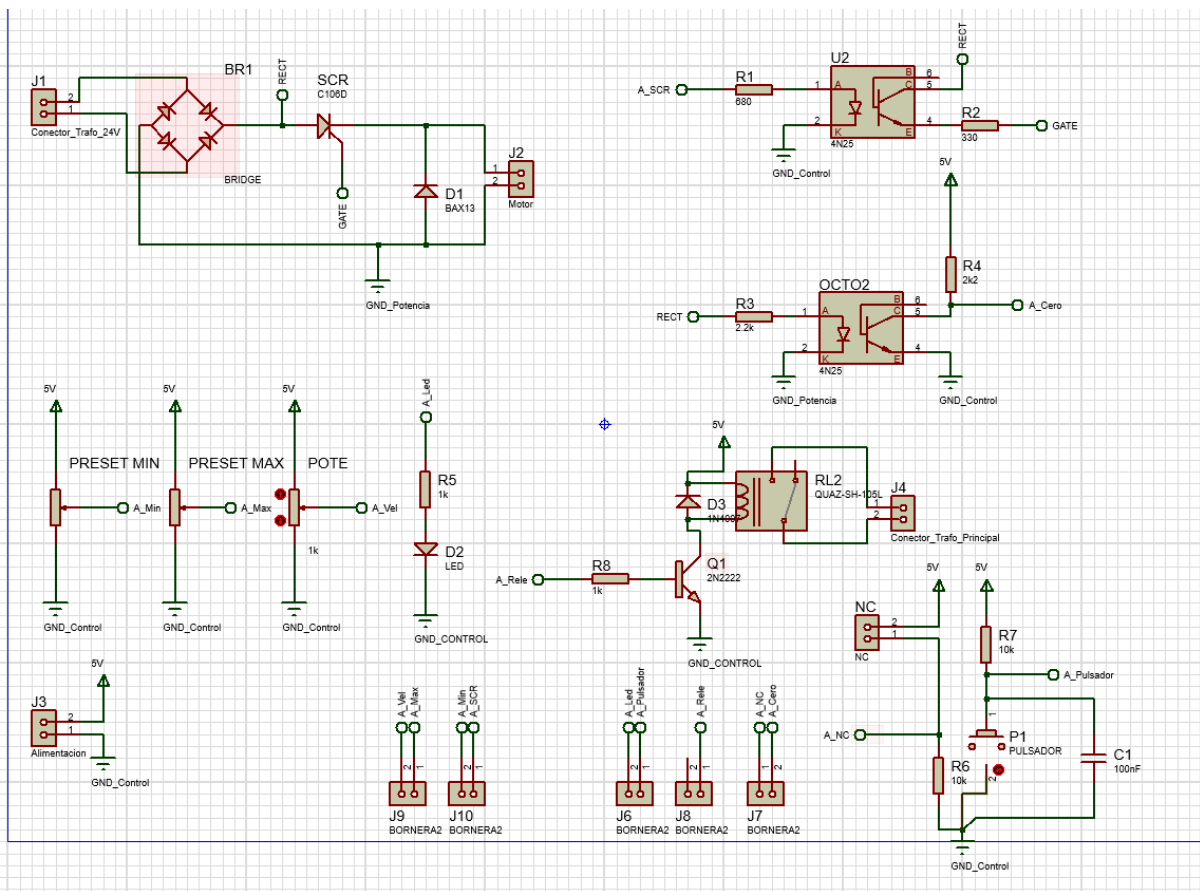
Para el diseño del sistema se debía implementar un relé en el circuito, el cual debe accionarse al energizar el equipo. Este componente electromecánico es el encargado principal de habilitar o cortar la alimentación de potencia hacia el transformador principal. Debido a que las salidas digitales del microcontrolador no pueden entregar la corriente necesaria para excitar directamente la bobina de este relé de 5V, se debió intercalar una etapa de conmutación. Para esto se emplea un transistor NPN 2N2222 operando como interruptor. Al recibir un nivel lógico alto en la entrada de control, una resistencia de 1 k Ω limita la corriente de base y lleva al transistor a la zona de saturación. Esto cierra el circuito hacia la masa de control, haciendo circular corriente desde la fuente a través de la bobina para magnetizar el núcleo y accionar los contactos mecánicos que se dirigen a la bornera.

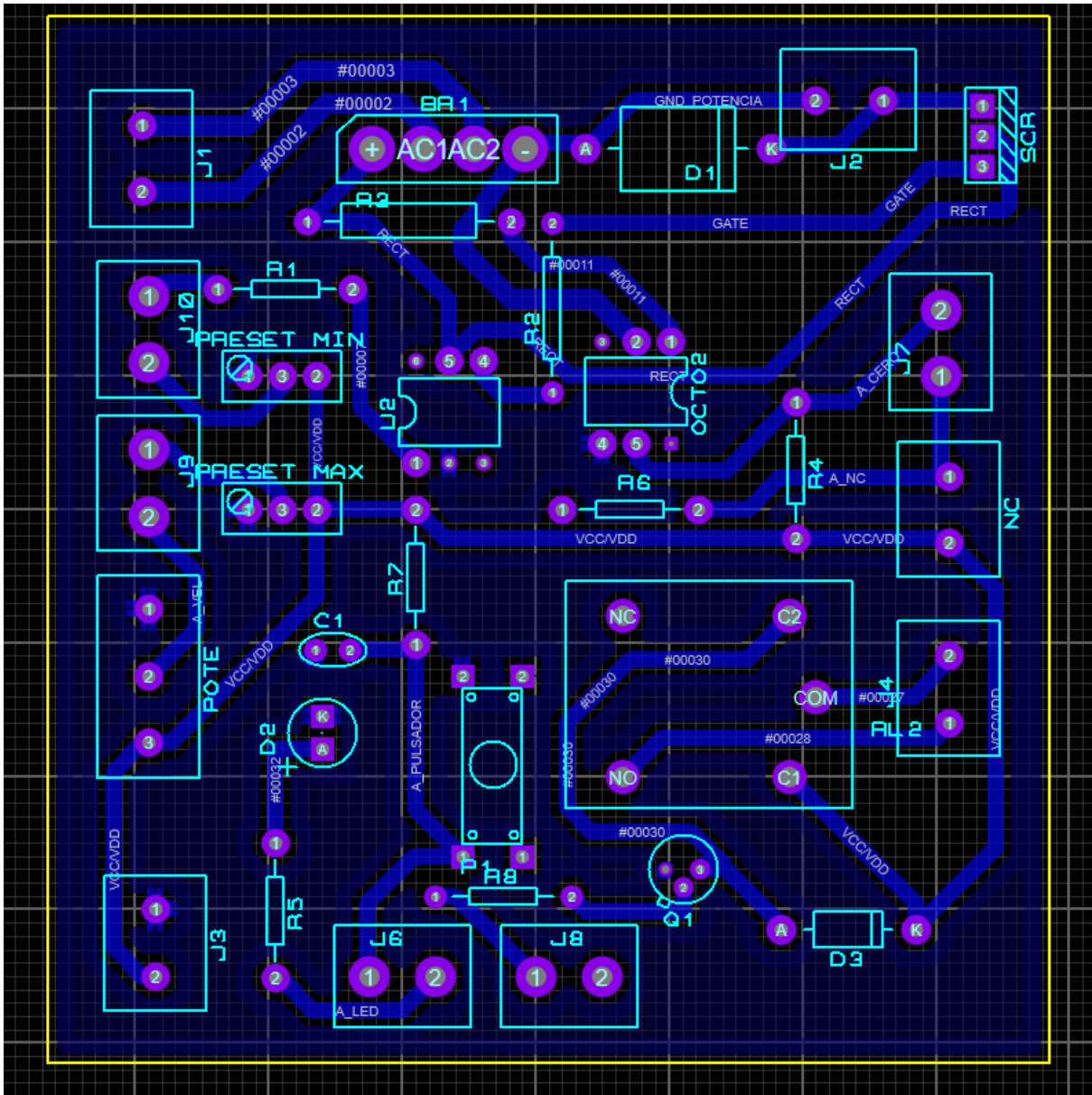
Por otro lado, el apagado de este relé requiere una protección específica debido a la naturaleza fuertemente inductiva de la bobina. Al retirar la señal de control y llevar el transistor al estado de corte, la interrupción repentina de la corriente genera un colapso rápido del campo magnético. Esto induce un pico de alta tensión inversa que resulta destructivo para el semiconductor. Para evitar la perforación del transistor, se incorpora un diodo 1N4007 en configuración antiparalelo a la bobina. Durante el encendido normal este componente permanece polarizado en inversa, pero al momento del corte,

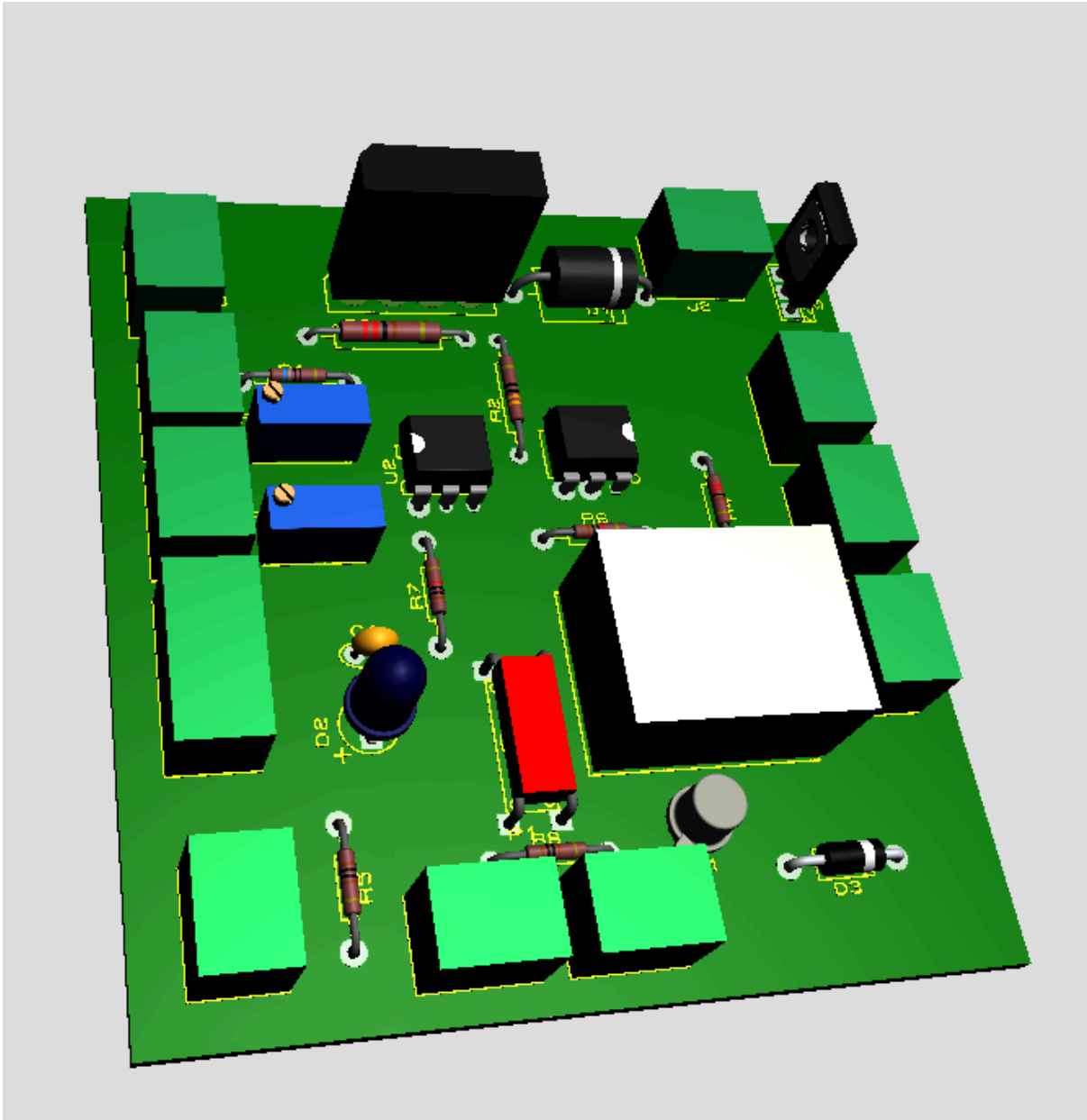
queda instantáneamente polarizado en directa. De esta manera, le ofrece a la corriente residual originada por la fuerza electromotriz un camino de baja impedancia para que recircule y se disipe en forma de calor, resguardando la integridad de toda la etapa de control.



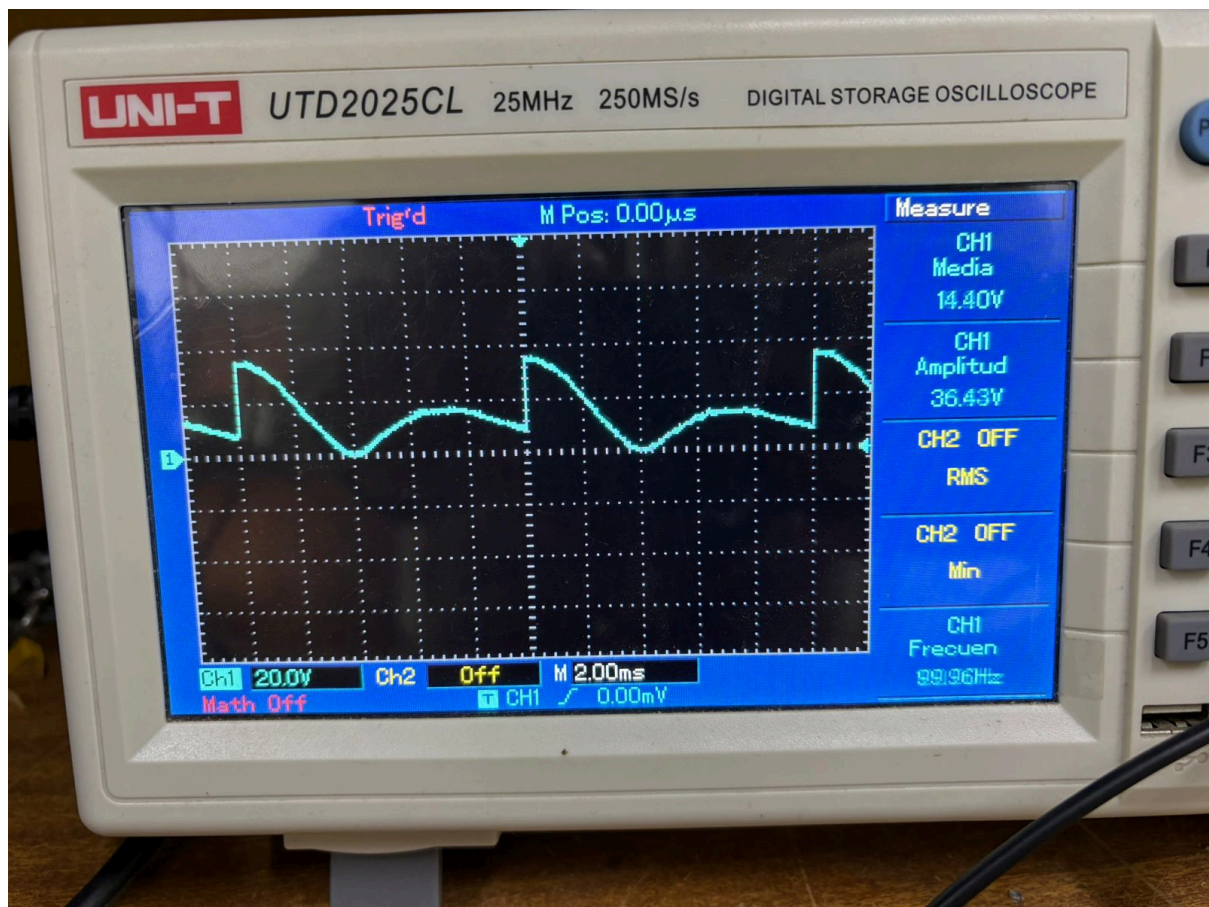
Circuito completo





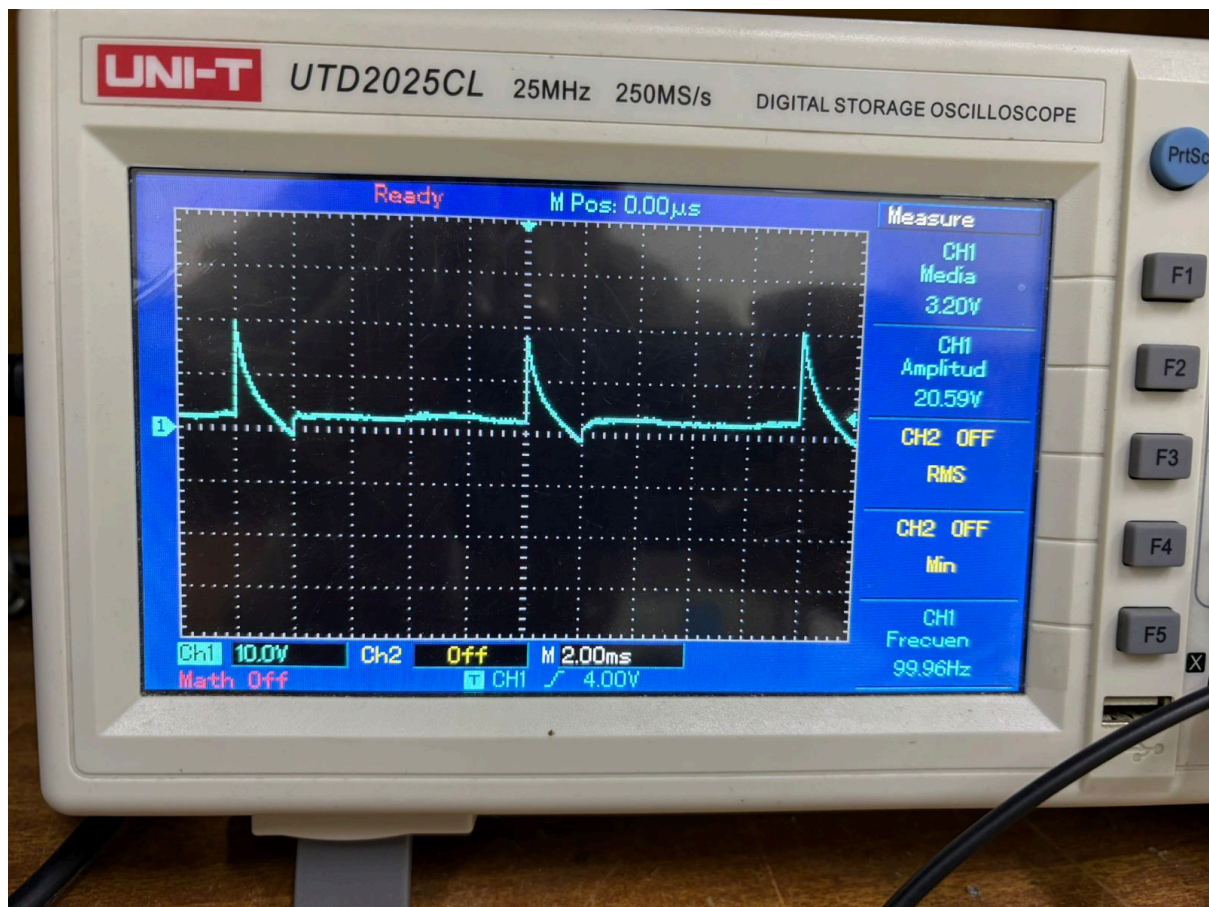


Grafica en vacio (50%)



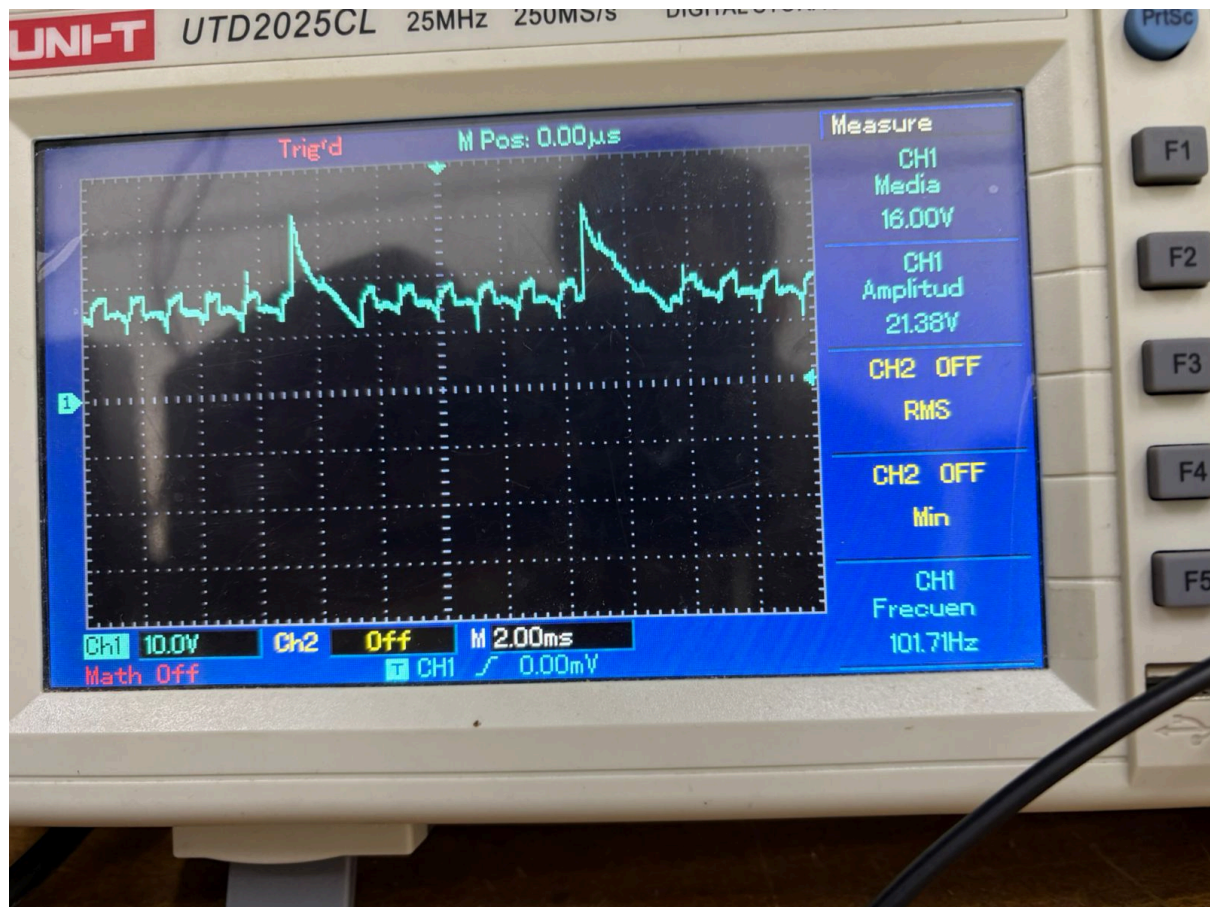
En esta primera experiencia se puede ver la señal en los terminales de salida de la etapa de potencia operando en vacío, sin la carga conectada. En esta condición se observa el comportamiento teórico ideal del control de fase mediante el tiristor. La forma de onda detalla claramente el ángulo de retardo al disparo impuesto por el microcontrolador y el apagado natural del semiconductor en cada cruce por cero de la tensión rectificada a 100 Hz. Al no existir una inductancia que almacene energía, la señal carece de transitorios y la tensión cae a cero voltios de forma abrupta en el instante de corte.

Grafica con motor (50%)



La segunda medición registra la tensión sobre los bornes del motor de corriente continua girando libremente por inercia, sin ninguna carga mecánica acoplada a su eje. Al introducir una carga inductiva y activa, la forma de onda experimenta una deformación respecto a la condición de vacío. Tras el pico de conducción del SCR y su posterior bloqueo, la tensión no desciende completamente a cero, sino que se mantiene en una meseta o nivel flotante. Este valor representa la fuerza contraelectromotriz inducida por el rotor, el cual, impulsado por su propia energía cinética, actúa temporalmente como un generador durante el semiciclo en el que el tiristor permanece apagado.

Grafica con motor frenando con la mano



La tercera imagen expone el comportamiento eléctrico del sistema cuando se frena el eje del motor, simulando un aumento en la carga mecánica y exigiendo un mayor torque. Este esfuerzo se traduce directamente en un incremento sustancial de la corriente de armadura. La grafica nos muestra una alta presencia de ruido de alta frecuencia montado sobre la señal, originado por el chisporroteo provocado durante la conmutación mecánica de las escobillas sobre el colector al interrumpir corrientes más elevadas. Simultáneamente, se observa que la amplitud de la tensión constante de base disminuye, consecuencia directa de la caída en las revoluciones por minuto del motor y la consecuente reducción de la FCEM.

Haciendo la comparación entre las tres mediciones evidencia la marcada diferencia entre el modelo de control resistivo ideal y su aplicación sobre cargas electromecánicas dinámicas. Mientras que en vacío el circuito recorta estrictamente la geometría de la onda de red rectificada, la inserción de un motor de corriente continua introduce fenómenos que alteran la tensión medida en los bornes. La velocidad de rotación es la responsable de definir la amplitud de la fuerza contraelectromotriz visible en los períodos de bloqueo

del semiconductor, mostrando su valor máximo con el rotor libre y decayendo al aplicar carga.

Por otro lado, la exigencia de torque determina el nivel de distorsión armónica de la señal. El aumento de corriente provocado por el esfuerzo mecánico agrava severamente el ruido de la conmutación de las escobillas, un transitorio completamente ausente en el ensayo sin carga. Estas alteraciones prácticas justifican la necesidad de dimensionar correctamente la etapa de potencia y verificar el accionar de los componentes de protección contra la energía reactiva devuelta por la bobina.

Presupuesto

Componente	Cantidad	Precio por unidad (\$)	Precio total (\$)
BT150	1	1250	1250
4N25	2	1500	3000
resistencias varias	6	0	0
Resistencia 2w	1	300	300
KBL610	1	3200	3200
UF540	1	1500	1500
2N2222	1	0	0
Capacito 100[nF]	1	150	150
Rele 5v	1	5000	50000
Trimmers 1k	2	0	0
Potenciometro 10k	1	0	0
1N4007	1	1250	1250
Placa de cobre 10x10	1	4500	4500

TOTAL			\$20.150
-------	--	--	----------

A este presupuesto deberíamos agregarle también las horas de mano de obra que se ocuparon para, diseñar el circuito en proteus, el armado del mismo, diseño de la pcb, hacer el código del microcontrolador y realizar la pcb. La sumatoria total es entre 22 y 24 horas. Cobrando \$8.500 la hora de trabajo nos quedaría que el coste total del trabajo sería **\$200.000**.

Este presupuesto fue realizado para el primer equipo, que se debió pensar el diseño desde cero, si se desean más de uno, el costo de la segunda unidad será menor ya que el diseño del circuito y del pcb ya estarán realizados.

Bibliografía

[SOLDADORAS INVERTER MIG-MULTIMIG-PROMIG por hoja para pdf.ai](#)

[Soldadura MIG: Una guía completa - Codinter América](#)