



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

SEDE MEDELLÍN

Escuela de Física
Instrumentación virtual
Anteproyecto: Control inalámbrico de CNC
grabadora láser de dos ejes y control de COx.

Docente: Ing. Rodrigo Acuña Herrera.

Presentado por:
Mauricio Ríos Hernández
Marlon Jair Garzón Piraguata

2025-1

1. Objetivos

- realizar una fuente para regular la potencia de un módulo de diodo láser de potencia máxima de 5.5 W, el cual es usado para el corte de madera y otros materiales de bajos espesores, así como para el grabado de madera, cuero y acero inoxidable, entre otros. El modulo hace parte de una máquina CNC de corte y grabado láser, específicamente el modelo es SCULPFUN S9.
- Diseñar e implementar control de emisiones de COx en el láser, por medio de sensores de COx y extractor. El control se realizará usando señales inalámbricas, así cómo se desarrollará un interfaz para visualizar el comportamiento en tiempo real de las emisiones.
- Controlar la CNC de forma inalámbrica, esto es, envío y recepción de señales por medio de protocolos de comunicación como Bluetooth o WiFi para controlar los dos motores y el la potencia del láser. Este control debe permitir que la grabadora genere imágenes claras en MDF.

2. Descripción del problema a resolver

La CNC que se realizará cuenta con un módulo de diodo láser de potencia máxima de 5.5 W, el cual es usado para el corte de madera y otros materiales de bajos espesores, así como para el grabado de madera, cuero y acero inoxidable, entre otros. Adicionalmente, para el control de sus ejes, cuenta con dos motores NEMA 17 los cuales por un sistema de guías permiten desplazar el laser . Específicamente es la SCULPFUN S9. El modulo láser se enseña en la siguiente figura.



Figura 1: Módulo laser de la SCULPFUN S9.

En la figura 2 se enseña la CNC completa:

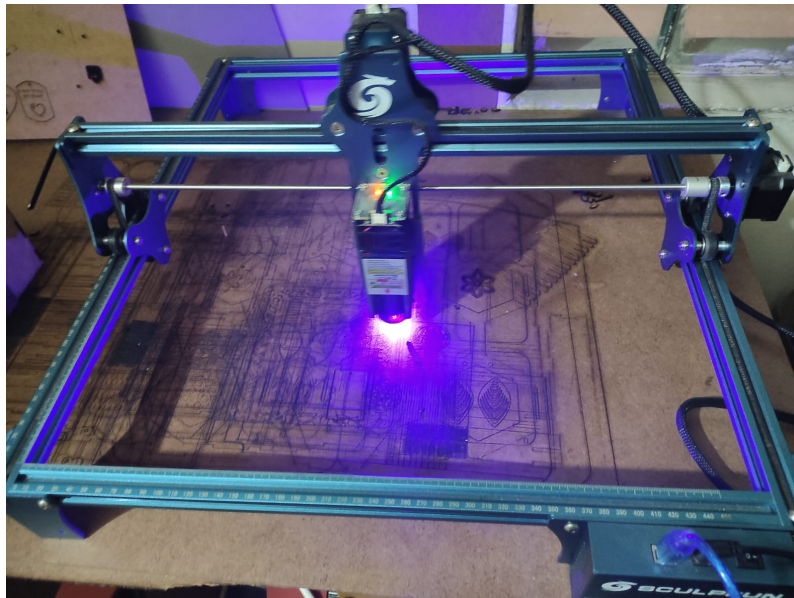


Figura 2: SCULPFUN S9 en funcionamiento.

Algunas de las especificaciones del modulo láser son:

- Longitud de onda: $450 \pm 5nm$.
- Tipo de enfoque: Foco-Fijo.
- Parámetro máximos de entrada al módulo láser: 12V 3A.
- Máxima potencia del láser: 5.5W.

Es importante resaltar que la longitud de onda del láser está cercano a el rango de la luz ultravioleta (aunque mayormente emite luz visible, como se observa en la figura 2), por lo que hay que tener cuidado con la exposición a los ojos y a la piel.

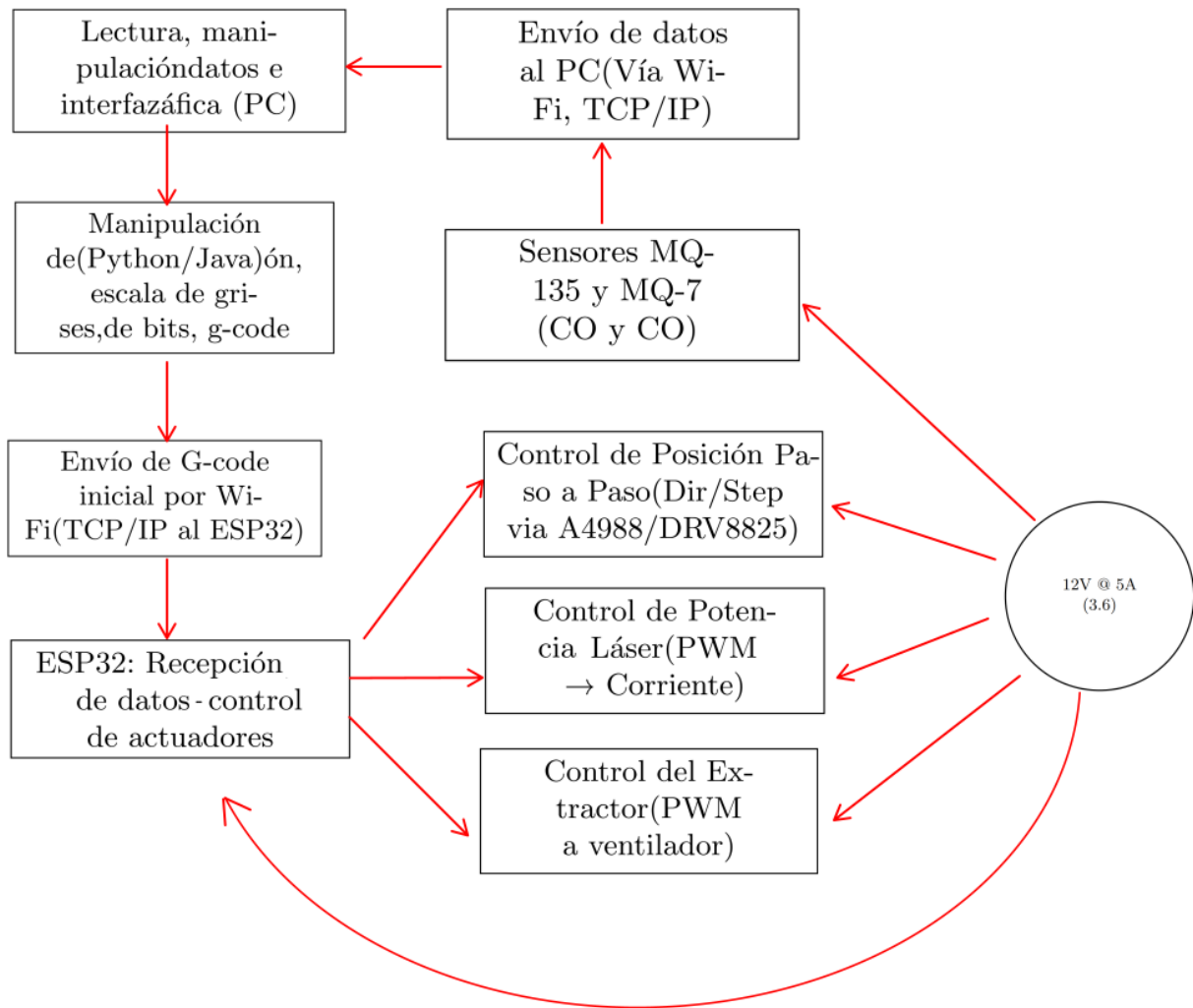
Se resalta que los motores paso a paso se deben controlar con su respectivo driver, para controlar este con step (control por pasos) y dir (control del sentido del motor) y el láser se debe controlar con una señal PWM, la fuente para alimentar el diodo láser debe ser una fuente de corriente, puesto que los diodo láser responden es a las señales de corriente.

La idea es que un microcontrolador, controle todo el sistema, pero este se comunicará remotamente con un PC. La idea es que, desde el PC se tenga una interfaz, el cuál tomará una imagen y hará el procesamiento adecuado para enviar la información que permita hacer el grabado láser (es decir control de velocidad, de potencia, de posición, etc)

Ahora, para controlar las emisiones de CO_x , se usarán 4 sensores, 2 de CO_2 y 2 de CO , unos estarán ensamblados al láser, mientras otros en una esquina del marco de la CNC, dependiendo de esta señal, un extractor se accionará, también es posible que cuando se alcance valores críticos también se regulará la potencia del láser.

3. Diagrama de bloques con explicaciones de la solución al problema

La secuencia necesaria para que la CNC lleve a cabo el grabado de una imagen con regulación de las emisiones de CO_2 , tiene el siguiente orden lógico:



3.1. Lectura, manipulación de datos e interfaz gráfica

Una vez que la información proveniente de la CNC es recibida por el PC vía Wi-Fi, el siguiente paso consiste en su lectura, manipulación y visualización a través de una interfaz gráfica. La lectura de datos puede realizarse con un lenguaje como Java o Python, que permite abrir una conexión de red con el ESP32 para recibir en tiempo real valores de sensores, como concentraciones de gases (por ejemplo, COx), estados del sistema, temperaturas, posiciones, entre otros. Esta información es interpretada, estructurada y manipulada para mostrarse de manera clara y útil, como en gráficos de tendencias, indicadores numéricos o barras de progreso. La interfaz gráfica, construida con herramientas como PyQt, Tkinter o aplicaciones web en Flask con JavaScript, no solo permite el monitoreo, sino también la interacción con la máquina: desde allí el usuario puede iniciar, pausar, cancelar o reanudar el grabado, enviar imágenes para ser procesadas por el sistema CNC, y ver el avance en porcentaje de ejecución. Todo esto forma un sistema de control completo, donde la comunicación bidireccional entre el PC y el ESP32 permite tanto supervisar como operar el sistema en tiempo real desde una plataforma centralizada.

3.2. Manipulación de la imagen

Consiste en seleccionar la imagen en el computador, transformar esta en un mapa de bits, pasar a escala de grises de determinado bits, por ejemplo de un byte para tener 256 tonalidades de grises, pero se puede iniciar con una escala de 3 bits y luego se escala, (8 tonalidades), posteriormente asignar a una matriz del tamaño de la resolución de la imagen (se puede definir por facilidad,

puede ser 1080p o 720p), donde cada entrada de esta tenga la información de la posición, gris correspondiente (realmente, nivel de potencia del láser), claramente no se puede enviar la matriz, sino enviar por ejemplo la información por filas o fracción de filas para no saturar el ESP32, ya que este no cuenta con mucha memoria, luego de esto, esta información debe ser condificada en g-code. Lo anterior se realizará con Python debido a que se debe manipular datos; en caso de requerirlo (menor latencia) se puede implementar también en Java. También se puede considerar metodos ya existentes algoritmos para la manipulación de imagenes para grabado laser como Jarvis y stucki, que consisten que distribuye el “error de cuantificación” a los píxeles cercanos. Esto da como resultado una textura de aspecto natural con buen equilibrio tonal.

3.3. Envío de G-code y configuración inicial desde el PC al microcontrolador usando WiFi e información para control del extractor

En este caso se trabajará con un ESP32 Wroom32, el cuál cuenta con módulo WiFi. Para enviar datos desde el PC al ESP32 usando Wi-Fi, se establecerá una comunicación mediante sockets TCP, donde el ESP32 actúa como servidor y la PC como cliente. En esta configuración, el ESP32 se conecta a la red Wi-Fi y queda a la espera de que un cliente (la PC) se conecte a un puerto específico, como el 8080. Una vez conectados, la PC puede enviar comandos en forma de texto (como instrucciones G-code, coordenadas, valores PWM, etc.). Este método permite una comunicación directa, rápida y continua, siempre que ambos dispositivos estén conectados a la misma red. También existen otras alternativas como HTTP o WebSockets, pero los sockets TCP ofrecen mayor flexibilidad y control para sistemas de automatización y control en tiempo real. Adicionalmente se debe enviar la información de la configuración inicial (Velocidad de de los motores, potencia maxima del laser etc)

También, según se considere necesario se puede enviar información para generar interrupciones en el programa, como paro, inicio y continuación de la ejecución de la ejecución del código G.

3.4. Manipulación de la información en el ESP32 que llega via WiFi

La manipulación de la información en el ESP32 que llega vía Wi-Fi consiste en recibir los datos enviados desde la PC, interpretarlos y ejecutar las acciones correspondientes. Cuando el ESP32 actúa como servidor TCP, por ejemplo, puede recibir comandos en forma de texto, números o estructuras como JSON. Estos datos son leídos desde la conexión Wi-Fi y procesados en el código del microcontrolador: se analizan, se separan o se convierten en variables según el formato del mensaje. A partir de esa información, el ESP32 puede controlar salidas digitales, generar señales PWM, activar motores, encender un láser, o realizar cualquier acción definida en su programación. Esta capacidad de interpretar y actuar en base a los datos recibidos convierte al ESP32 en una unidad de control autónoma.

Una vez llegados a este punto el microcontrolador controlará 3 módulos independientes que debe trabajar “paralelamente” (Realmente siempre debe ser en serie, pero a alta velocidad) donde entra a participar más los componentes electrónicos:

3.4.1. Control de la posición del láser

Para esto se debe controlar 4 señales digitales, al ser de dos ejes, se tendrá para cada motor la señal de dir y la señal de step para cada eje. Los motores paso a paso para ser controlados se usa drivers, para manejo de las señales y de la potencia de esta, en este caso se usará el driver DRV8825 o el TAR-A4988 que son de fácil acceso en el comercio local.

3.4.2. Control de potencia del láser

Este apartado es el de mayor dificultad electrónica presenta, puesto que se debe manipular altas corrientes y algunos tratamientos netamente de electrónica análoga, aunque la señal que controla la potencia del láser es una señal PWM, esta señal de voltaje que llega del microcontrolador debe ser transformada a una señal de corriente. Para aprovechar completamente la potencia del láser y obtener una imagen con altos contrastes y bien definida, se debe considerar que la potencia máxima soportada por el módulo láser debe ser de 36W, esto es 12V y 3A máximos.

La fuente de corriente (la idea básica) propuesta para el proyecto se presenta en la siguiente figura:

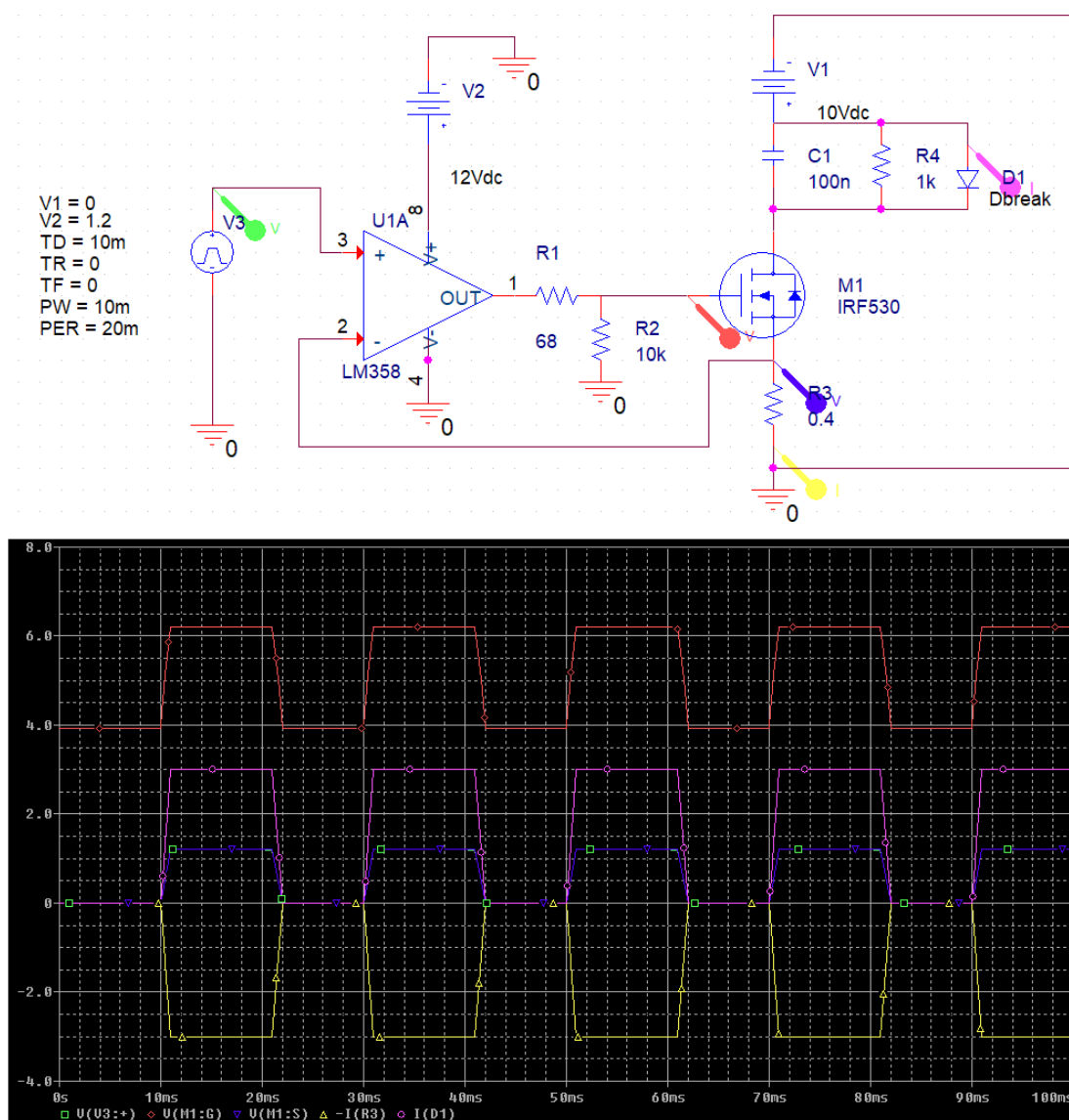


Figura 3: Fuente de corriente idea básica.

Lo anterior presenta la idea sencilla de la fuente que se quiere lograr. Una idea más detallada es la siguiente:

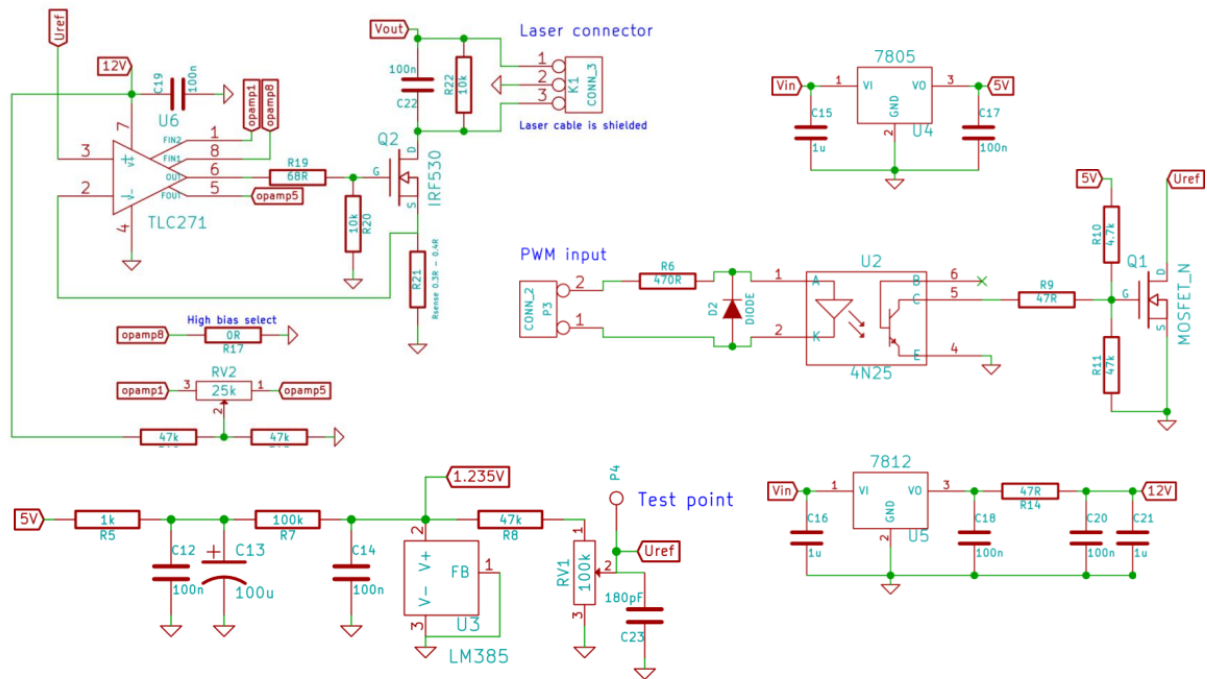


Figura 4: Fuente de corriente.

Ahora, el modulo laser trae su propia fuente de corriente, también se tendría como opción usar esta (no es necesariamente la propuesta), esta se puede observar a continuación:

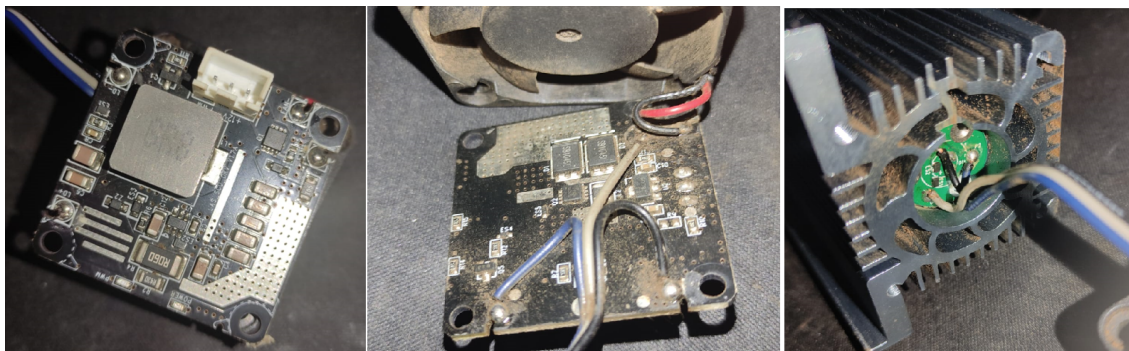


Figura 5: Fuente de corriente del láser.

3.4.3. Control de potencia del extractor

El control de este se realiza simplemente con una señal digital PWM para controlar la velocidad del motor del extractor.

3.5. Envío de datos del ESP32 al PC vía WiFi

El ESP32 también tendrá ocupada algunos pines como entradas análogas, para puesto que los sensores transforman el cambio de concentración de CO_2 y CO en una señal de voltaje generando una señal análoga, la cual será monitoriada constantemente en el PC, por lo que se debe transformar esta señal de voltaje en un string para enviarse por WiFi y luego ser leída en el PC usando Python o Java.

Los sensores a usar son los el sensor MQ-7 y el MQ-135 para el CO y el CO_2 respectivamente.

Las especificaciones técnicas del MQ-7 son:

- Voltaje de Operación: 5V DC
- Voltaje de Calentamiento: 5V (alto) y 1.4V (bajo)
- Resistencia de carga: regulable
- Resistencia de calentamiento: 33 Ohm
- Tiempo de Calentamiento: 60s (alto) 90s (bajo)
- Consumo de Resistencia: aprox. 350mW
- Detectar concentraciones en el rango de 20 a 2000pp

Las especificaciones técnicas del MQ-135 son:

- Voltaje de Operación: 5V DC
- Corriente de operación: 150mA
- Potencia de consumo: 800mW
- Tiempo de precalentamiento: 20 segundos
- Resistencia de carga: Potenciómetro (Ajustable)
- Detección de partes por millón: 10ppm-1000ppm

3.6. Alimentación del sistema

Para este caso se debe alimentar el sistema con un conversor AC/DC de 60 Watts, con un amperaje máximo de 6A y 12Voltios que son facilmente comerciales y se considera suficiente para la aplicación.

Este debe alimentar los motores paso a paso, el motor para la extracción, los sensores, el ESP32 (posiblemente se requiera regular el voltaje) y el láser