

Palpador de Perfil Rotativo

Guillermo D. Alonso ^a, David P. Vera^a, Ricardo Korpys^a, Germán A. Xander^a

^aFacultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.
FI-UNaM, Juan Manuel de Rosas 325, Oberá, Misiones, Argentina
e-mails: guilloing.gd@gmail.com, veradavid.93@gmail.com,
korpys@fio.unam.edu.ar, german.xander@fio.unam.edu.ar

Resumen

En este artículo se presenta el diseño e implementación de un sistema capaz de registrar digitalmente el perfil superficial de objetos cilíndricos en rotación. El enfoque se basa en el uso combinado de un sensor Transformador diferencial variable lineal (LVDT), encargado de medir desplazamientos radiales con alta precisión, y un encoder rotativo incremental, que proporciona información angular para cada punto de medición. Ambos dispositivos están integrados a un microcontrolador que gestiona la adquisición de datos y su almacenamiento. La información recopilada podrá exportarse a herramientas de Diseño asistido por computadora (CAD) para su posterior análisis, permitiendo comparar los perfiles medidos con modelos de referencia o detectar desviaciones dimensionales.

Palabras Clave – Sensor LVDT, AD598, Transformador lineal, Transductor, Encoder incremental, archivo DXF, Microcontrolador.

1. Introducción

En contextos industriales, la verificación dimensional de las piezas de los objetos como ser árboles de leva es una tarea clave para asegurar la calidad de producción y de mantenimiento. Frente a la limitación de recursos y el alto costo de los equipos metrológicos convencionales, se propone un sistema alternativo basado en un sensor Transformador diferencial variable lineal (LVDT) y el uso de un encoder incremental, controlado por un microcontrolador STM32F103C8T6. El objetivo es obtener el perfil superficial de objetos rotativos para su análisis posterior mediante herramientas de Diseño asistido por computadora (CAD), permitiendo comparar los perfiles medidos con modelos de referencia o detectar desviaciones dimensionales.

2. Descripción del Sistema de medición del Palpador

En la Fig. 1 se presenta el diagrama general del sistema de medición del palpador de perfil rotativo. Como se mencionó anteriormente, el sensor LVDT se ubicará en contacto directo con la superficie del árbol de levas, el cual está montado sobre el torno mecánico. El operario realizará el movimiento del plato del torno para efectuar las mediciones del objeto.

El encoder incremental se instalará directamente sobre el eje principal del torno, en la parte posterior de la máquina. Este encoder ha sido diseñado específicamente para acoplarse al eje del torno, garantizando una medición angular precisa.

Una vez que el operario haya posicionado correctamente tanto el sensor LVDT como el encoder, el sistema estará listo para iniciar el proceso de medición del perfil de la leva. La configuración descrita permite realizar mediciones simultáneas del desplazamiento lineal y la posición angular de la pieza.

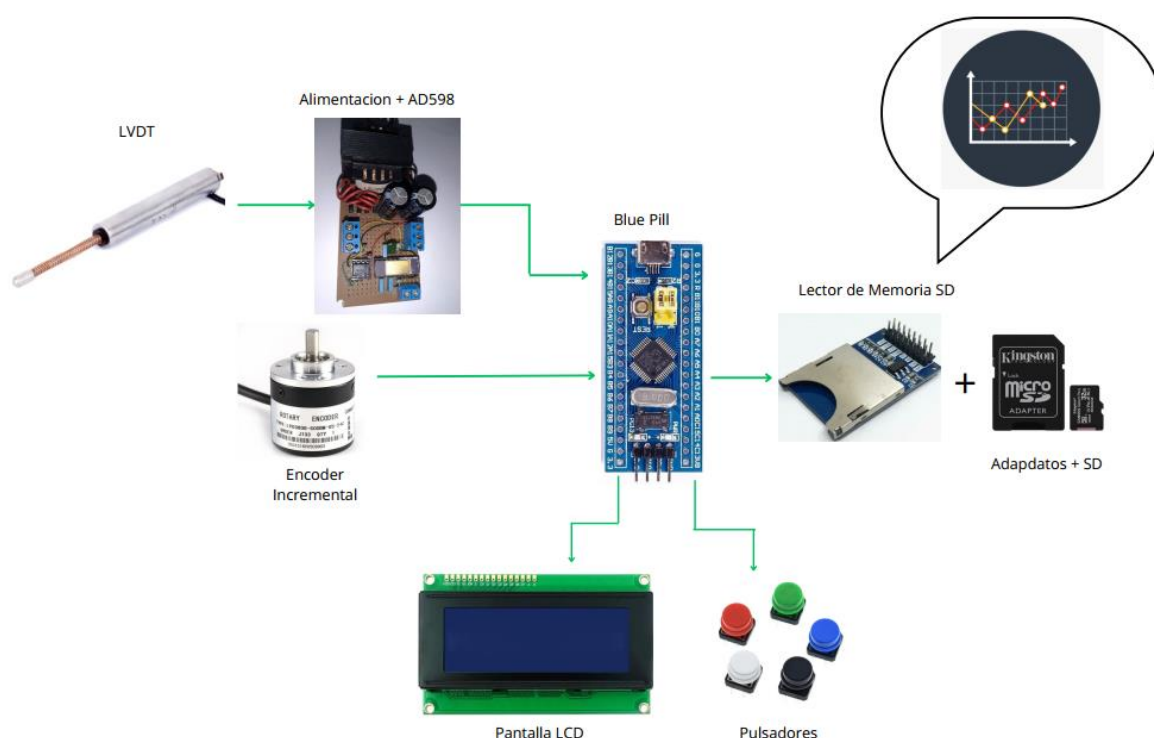


Fig. 1: Diagrama general del sistema.

Cuando el operador finalice las mediciones, el microcontrolador Blue Pill (STM32F103C8T6) procesa internamente los datos de posición lineal (del LVDT) junto con sus correspondientes posiciones angulares (del encoder) y los almacenará en una tarjeta micro SD insertada en el lector de tarjeta [7]. El sistema genera automáticamente un archivo en formato .dxf, que al ser importado en software CAD crea una polilínea representando el perfil medido de la pieza, permitiendo así su análisis e interpretación dimensional.

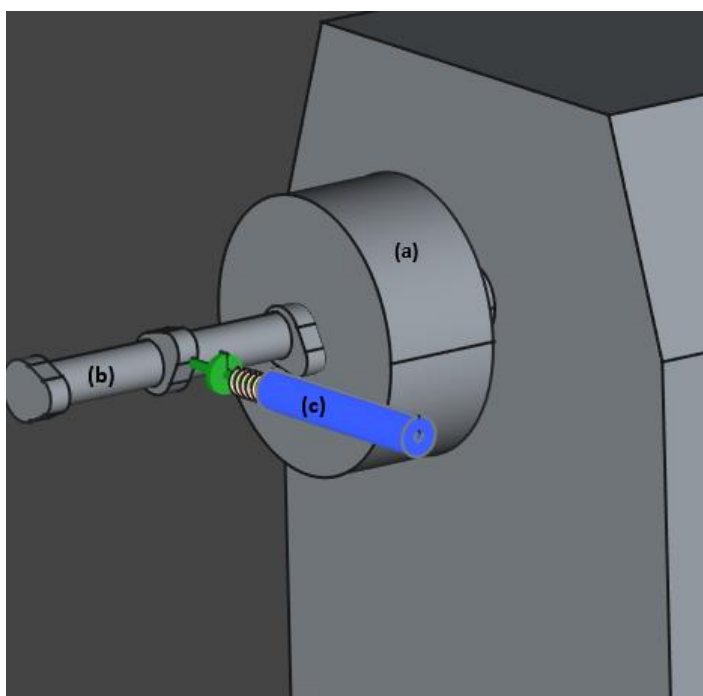


Fig. 2. Forma de registrar el perfil de una pieza. (a)Torno. (b) Árbol de levas. (c) Sensor LVDT(palpador).

Se muestra en la Fig. 2 la forma en que se pretende que el sensor LVDT registre el perfil de la pieza. A medida que el plato del torno completa una vuelta, el sensor toma las variaciones del radio del árbol de levas ejemplificado.

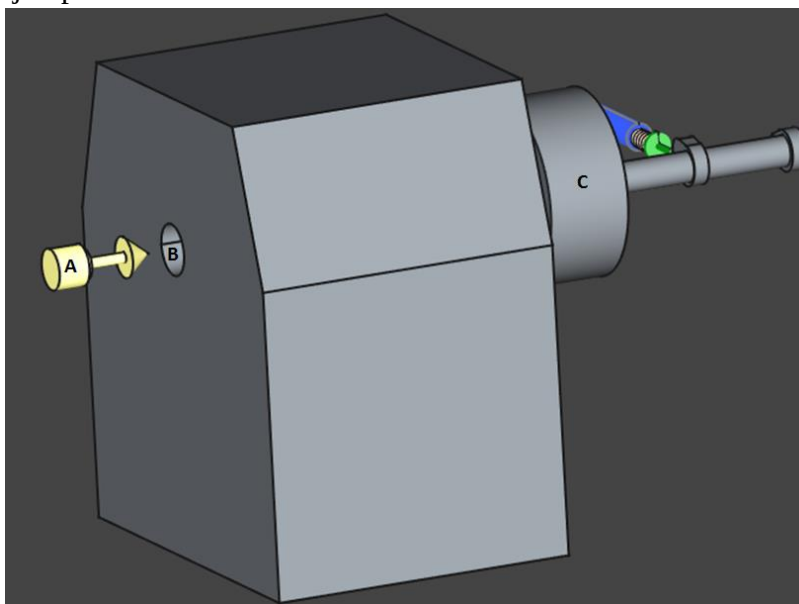


Fig. 3: Registro de la posición angular de la pieza. (a)Encoder. (b) Eje del Torno. (c)Leva.

Como se visualiza en la Fig. 3, el encoder se montará sobre el eje del plato del torno, permitiendo registrar las posiciones angulares de la pieza durante una vuelta completa. De esta manera, se obtienen los puntos necesarios para representar el giro total del árbol de leva.

3. Tecnología a implementarse

El objetivo del palpador de perfil rotativo es integrar un sensor LVDT en un torno mecánico para medir con precisión el perfil de un árbol de levas montado en el plato del torno. El sensor LVDT captura las variaciones radiales de la pieza, mientras que un encoder incremental, acoplado al eje giratorio del plato, registra su posición angular. La combinación de estos datos (desplazamiento radial y ángulo de rotación) permite reconstruir digitalmente la geometría de la pieza. Estos valores se procesan mediante un sistema de adquisición de datos, que los convierte en un archivo DXF para su posterior análisis en software CAD.

En esta sección se describe la implementación del sensor Transformador diferencial variable lineal (LVDT), junto con su acondicionador de señal correspondiente. Además, se definirá el tipo de encoder a utilizar, así como el microcontrolador y el método para exportar los datos en formato de archivo .dxf.

3.1 Descripción del Sensor LVDT

Un LVDT consta principalmente de tres bobinas alineadas coaxialmente: una bobina primaria ubicada en el centro y dos bobinas secundarias situadas a cada lado, enrolladas simétricamente. En el interior del conjunto se encuentra un núcleo ferromagnético móvil, el cual se desplaza linealmente en respuesta al movimiento que se desea medir. Cuando se aplica una señal de corriente alterna a la bobina primaria, se genera un campo magnético que induce tensiones en las bobinas secundarias [1]. La diferencia entre estas tensiones inducidas en las dos bobinas ubicadas en el secundario, depende directamente de la posición del núcleo. Además, la magnitud del voltaje de salida es proporcional a la distancia que se ha movido el núcleo desde su posición central. Esto permite medir con precisión cuánto se ha desplazado el núcleo. En la Fig. 4 se describen las partes del sensor LVDT [2].

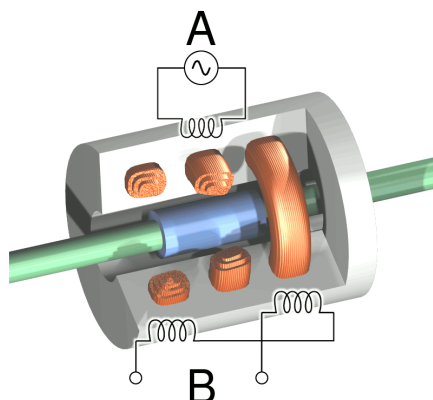


Fig. 4: Partes del sensor LVDT.

3.2 Acondicionador de señal AD598

Este integrado se utiliza conjuntamente con los LVDT para convertir la posición mecánica del transductor en una tensión de corriente continua (CC), ya sea unipolar o bipolar, ofreciendo buena precisión y repetibilidad.

Además, el AD598 incorpora un oscilador senoidal de baja distorsión que alimenta el bobinado primario del LVDT [3]. Esto permite energizar el sensor sin la necesidad de un generador externo, simplificando así el funcionamiento del sistema. Las salidas de las bobinas secundarias del instrumento se conectan directamente al AD598, como se muestra en la Fig. 5.

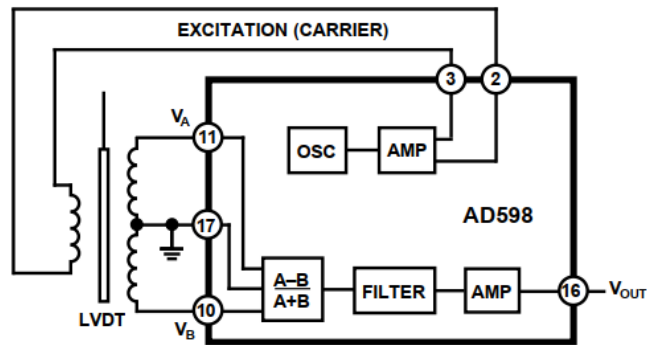


Fig. 5. Diagrama de bloques del ad598 [4].

El AD598 genera una señal de salida que excita el bobinado primario, y permite obtener una tensión de salida continua cuya magnitud varía según la posición del núcleo. Además, para que el sensor funcione correctamente, se debe incorporar una resistencia y un capacitor externos, cuyos valores están establecidos en la hoja de datos proporcionada por el fabricante, estableciendo una amplitud y frecuencia de excitación.

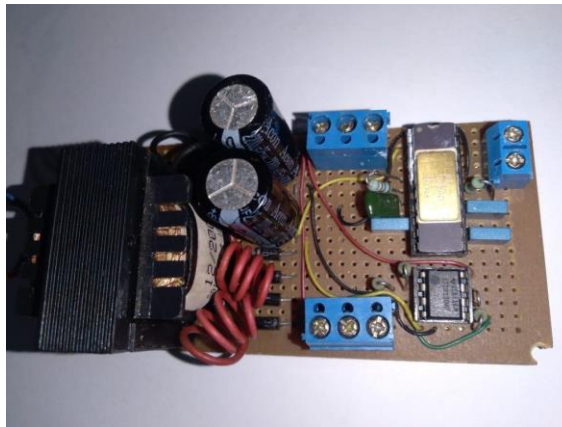


Fig. 6. Fuente de alimentación dual y Acondicionador AD598.

En la Fig. 6 se visualiza el integrado AD598, identificado por su característico color dorado. Por otro lado, el módulo incorpora una fuente de alimentación dual, que convierte los 220 V de corriente alterna en una tensión DC de ± 15 V.

También debe mencionarse que las borneras superiores están destinadas a la excitación del bobinado primario del sensor LVDT, mientras que en las borneras inferiores se conectan las bobinas secundarias del transductor. Como resultado, en la bornera ubicada en el lado derecho de la Fig. 5, se

obtiene una señal de salida de tipo continua (DC), cuya tensión varía linealmente con la posición del núcleo del transductor.

3.3 Encoder incremental

El encoder rotativo incremental mostrado en la Fig. 7 corresponde al modelo LPD3806-600BM-G5-24C, y permite convertir el movimiento angular de un eje en señales digitales que representan la velocidad, la dirección y la cantidad de rotación. Con una resolución de 600 pulsos por vuelta, este dispositivo emite dos señales en cuadratura (canales A y B), lo que permite identificar también el sentido de giro. Funciona con una alimentación de 5 a 24 VDC y presenta una construcción robusta, ideal para su implementación en nuestro proyecto de control de movimiento y posicionamiento [5].



Fig. 7. Encoder incremental LPD3806-600BM-G5-24C.

3.4 Sistema de procesamiento de datos y almacenamiento

Para la medición del perfil del árbol de levas, se utilizará una placa Blue Pill, como sistema principal de adquisición de datos. Esta placa registrará tanto las señales provenientes del encoder incremental, que indican la posición angular del plato del torno, como la salida analógica del circuito AD598, encargado de acondicionar la señal del sensor LVDT. Cabe destacar que el giro del plato del torno será realizado manualmente por el operario, permitiendo así captar el perfil completo de la pieza.

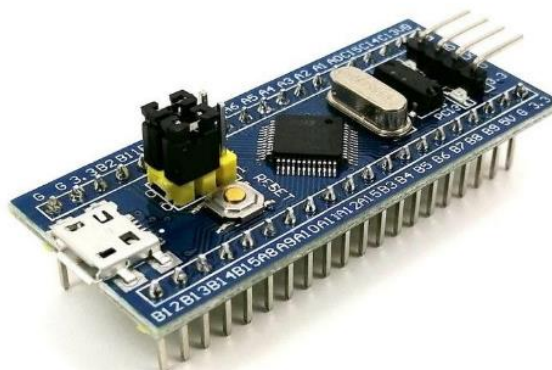


Fig. 8. Placa de desarrollo STM32F103C8T6.

Además de contar con un convertidor analógico-digital (ADC) incorporado, la placa Blue Pill ofrece la ventaja de disponer de un modo encoder por hardware, lo que permite una lectura precisa y confiable de los pulsos generados por el encoder incremental [6]. Esta funcionalidad interna evita pérdidas de datos incluso a velocidades elevadas, optimizando la adquisición de señales tanto angulares como analógicas en sistemas de medición integrados. También, tiene múltiples periféricos de entrada y salida, en donde se puede analizar señales de tipo analógica o digital en diferentes proyectos.

4. Conclusiones

Inicialmente, se logró adaptar el sensor LVDT para que funcionara correctamente con el módulo acondicionador de señal AD598. Posteriormente, se realizaron pruebas de funcionamiento del microcontrolador Blue Pill en conjunto con el encoder incremental, utilizando el entorno de desarrollo STM32CubeIDE y la herramienta STM32CubeProgrammer. Para la programación de la Blue Pill se empleó un conversor USB a UART CP2102, lo que permitió verificar la correcta interacción entre el microcontrolador y el encoder durante las pruebas.

En los próximos ensayos se finalizará con la programación para poder exportar los datos en la tarjeta micro SD y lograr transferir los datos con éxito. Además, se implementará una placa PCB para concluir con nuestro trabajo correspondiente con la materia proyecto y diseño electrónico.

Referencias

- [1] S. Thorat, «learnmech.com,» 2025. [En línea]. Available: <https://learnmech.com/what-is-lvdt-diagram-advantages-and-disadvantages/>.
- [2] G. M. Smith, «dewesoft,» 3 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://dewesoft.com/es/blog/medir-posicion-desplazamiento-con-sensores-lvdt>.
- [3] H. Zumbahlen, «analog,» 2008. [En línea]. Available: <https://www.analog.com/en/resources/analog-dialogue/articles/linear-variable-differential-transformers.html>. [Último acceso: Junio 2025].
- [4] A. Devices, «AD598: Monolithic LVDT Signal Conditioner – Data sheet,» 2009. [En línea]. Available: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD598.pdf>.
- [5] «Wikipedia,» 2025. [En línea]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Incremental_encoder.
- [6] K. Magdy, «deepbluembedded,» 2025. [En línea]. Available: <https://deepbluembedded.com/stm32-arm-programming-tutorials/>.
- [7] «Microcontrollerslab.com,» 2025. [En línea]. Available: <https://microcontrollerslab.com/microsd-card-module-stm32-blue-pill-stm32cubeide/>.