



**Universidad Autónoma de Ciudad Juárez**

**Instituto de Ingeniería y Tecnología**

**Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación**

**Maestría en Ingeniería Eléctrica**

**“Convertidor de tiempo a valor digital con un  
microcontrolador”**

Tesis para obtener el grado de:

Maestro en Ingeniería Eléctrica

**Ing. Geu Misael Puentes Conde**

**“Becado(a) por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología”**

**Bajo la dirección de la**

**Dr. Ernesto Sifuentes de la Hoya**

**y la codirección del (la)**

**Dr. Rafael González Landaeta**

Ciudad Juárez, Chihuahua, octubre del 2020

# **Convertidor de tiempo a valor digital con un microcontrolador**

**Ing. Geu Misael Puentes Conde**

Proyecto de tesis presentado como requisito para obtener el grado de:

**Maestro(a) en Ingeniería Eléctrica**

**Director(a):**

Dr. Ernesto Sifuentes de la Hoya

**Codirector(a):**

Dr. Rafael González Landaeta

**Línea de Investigación:**

Instrumentación y control

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Instituto de Ingeniería y Tecnología, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación

2020

## **Resumen**

Un TDC (*TDC Time to Digital Converter, por sus siglas en inglés*) es un componente electrónico utilizado en sistemas que requieren medir intervalos de tiempo con gran exactitud, precisión y resolución. La función de un TDC es convertir información del dominio temporal a una representación digital. La tendencia actual son los sistemas de medida portables, compactos, de bajo costo y bajo consumo de energía. Hoy en día, un TDC de alta resolución implementado con un procesador digital de bajas prestaciones, por ejemplo, un MCU de propósito general se encuentra limitado directamente por la falta de resolución del reloj de referencia, inferior a 40 MHz. Sin embargo, en la literatura se han propuesto técnicas cuasi-digitales para minimizar este problema, por ejemplo, la técnica de estiramiento de tiempo por interpolación analógica y/o digital. En esta tesis se presenta el desarrollo de un TDC de alta resolución, la solución propuesta es una mejora a la técnica de estiramiento por división de tiempo presentada en la literatura. El TDC se implementó con un MCU de 16 bits de propósito general u oscilación media, dos interpoladores analógicos y la combinación de componentes discretos. La resolución experimental, para un intervalo de tiempo de 10  $\mu$ s a 16 ms, fue de 4 ns a través de un reloj de referencia de 4 MHz, resolución similar a la de un contador digital a 240 MHz. Esto, quiere decir, que se logró incrementar la resolución del reloj de referencia del MCU en un factor de 60. El costo del prototipo fue aproximadamente \$30 dólares, un tamaño de 60  $\times$  60 mm. Sus principales áreas de aplicación son: instrumentación electrónica portable, medición de distancia por láser, medición ultrasónica, analizadores lógicos, fasómetros, osciloscopios, entre otras.

**Palabras clave:** Convertidor de tiempo a valor digital, divisor de tiempo, interpolador analógico, estiramiento de tiempo, microcontrolador.