

MÓDULO DIDÁCTICO DE HARDWARE LIBRE PARA ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE SISTEMAS ANÁLOGOS DIGITALES (Enero 2016)

Vicente J. Ruiz

Abstract—This article presents a brief introduction basically to implemented a training module for free hardware analysis and verification of digital modeling systems in order to provide a practical learning tool for students who are studying engineering in electronics and communication networks. The teaching team has developed three major systems: data acquisition, system analog to digital conversion and graphical user interface. The module contains all devices made required for the experiments concerning the steps involved in converting analog to digital, so that the student can go step by step approaching them, to reach the necessary skills to intervene the module in entirety.

Index Terms— ADC; DAC; PCDUINO; CUBIETRUCK; PYQT; MUESTREO; CUANTIFICACIÓN; CODIFICACIÓN; MÓDULO DIDÁCTICO.

I. INTRODUCCION

La formación en Electrónica y Redes de Comunicación debe abarcar una fuerte componente práctica en el estudio de la asignatura Sistemas Analógicos Digitales, para así permitir al estudiante desarrollar una visión global de la tecnología de electrónica análoga/digital básica en todo proceso que actualmente se está utilizando.

El equipo didáctico desarrollado consta de tres sistemas primordiales: Sistema de adquisición de datos, compuesto por cuatro sensores que determinan las magnitudes físicas de temperatura, distancia, posición y velocidad angular; y dos placas de hardware libre como elementos principales de este sistema, los cuales en conjunto establecen la lectura de dichas magnitudes para procesarlas posteriormente. Sistema de conversión Análogo a digital, el cual se encarga de transformar todas las señales analógicas en digitales evidenciando todas y cada una de las etapas que este proceso demanda, para lo cual utiliza Python como plataforma para lograr estas acciones. La interfaz de usuario: está compuesto por una serie de pantallas interactivas que permiten acceder de manera gráfica a cada una de las etapas que intervienen del proceso de conversión de señales digitales en analógicas, tales

como muestreo cuantificación, codificación y presentación visual de cada una de las magnitudes antes descritas.

El módulo realizado contiene todos los dispositivos que se requieren para la realización de prácticas referentes a las etapas comprendidas en conversión análogo a digital, de tal manera que el estudiante pueda ir abordándolas etapa por etapa, hasta alcanzar las habilidades necesarias para intervenir el módulo en su totalidad.

II. DIMENSIONAMIENTO ELECTRÓNICO

A. Módulo de conversión de las señales analógicas en digitales

De acuerdo con los requerimientos del sistema general en cuanto a disponibilidad de entradas analógicas de alta y baja resolución para la lectura de los sensores, capacidad de procesamiento versatilidad de memoria, adaptabilidad de señales y existencia de programas que permitan la representación gráfica de las mencionas señales, se establece que la adquisición de una placa de hardware libre denominada PC-Duino y representada en la figura (1) es la mejor opción para continuar con la elaboración de los procesos de conversión análogo a digital.



Figura 1 Pc-duino versión 3 distribuido por SparkFun

Fuente: El Autor

Las especificaciones del equipo para la conversión de señales analógicas en digitales, el mismo que se puede disponer, se encuentran detalladas en la tabla (1).

ITEMS	PC-DUINO 3
SISTEMA	
CPU	ARMv7 Cortex A8 (Allwinner A10) @ 1Ghz
RAM	DRAM 1GB
ALMACENAMIENTO	microSD standard (->32GB)
GPU	OpenGL ES 2.0,
ESPECIFICACIONES DE SOFTWARE	
OS	Lubuntu 12.04; Android 4.2
Lenguaje de programación	C, C++, Java, Android SDK, Python
MULTIMEDIA	
Audio	HDMI, out : jack 3,5mm, in : --
Video	HDMI, RCA
INTERFAZ	
Red	Ethernet 10/100 Mbps; Wifi Built-in
USB	1 puertos USB + 1 puerto micro-USB OTG
ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	
Power	microUSB de 5V@700mA (5V@2A)
BLOQUES DE TERMINALES DE E/S	
GPIO	18 E/S en 3.3V compatible con Arduino-like
Entradas Analógicas	2 x 6 bits en 0-2V et 4 x 12 bits en 0-3.3V
Salidas Analógicas	6 x PWM hardware (2-pines " fast " en 520Hz - 8 bits y 4-pin "slow" en 5 Hz - 20 niveles)
Comunicaciones Seriales	I2C, SPI, UART
PRUEBA DE USO	
Captura de video	Fps 320x240 en VNC : 29 fps
Freq. max. ON/OFF pines E/S	5555 Hz

Tabla 1 Especificaciones Pc-Duino 3.
Fuente: El Autor.

B. MÓDULO PARA CONVERSIÓN DE SEÑALES DIGITALES EN ANALÓGICAS

El aspecto más representativo de este equipo se encuentra en la peculiaridad que este debe cumplir en cuanto al número de salidas digitales que son necesarias para representar una señal o un conjunto de señales capaz de demostrar las fases que demanda un proceso de conversión de digital a analógico.

La mejor opción para cumplir los requerimientos que son necesarios en este proceso se trata de una placa de hardware

libre denominada CubieTruck, la cual se encarga de procesar las señales digitales y presentarlas en sus puertos de salida para su traspaso a señales analógicas a través de dispositivos externos.



Figura 2 Placa de hardware libre Cubie-truck distribuido por Cubie-tech
Fuente: El Autor

Las especificaciones del equipo para la conversión de señales digitales en analógicas, el mismo que se puede disponer, se encuentran detalladas en la tabla (2).

PROCESADOR:	AllWinnerTech SOC A20, ARM® Cortex™-A7 Dual-Core, ARM® Mali400 MP2 Complies with OpenGL ES 2.0/1.1
MEMORIA RAM:	2GB DDR3@480MHZ
SALIDA DE VIDEO:	HDMI&VGA 1080P display output on-board
TARJETA DE RED:	10M/100M/1G Ethernet
WIRELESS:	Wifi+BT wireless connection with antenna on-board
INTERFACES HDD:	SATA 2.0 soporte interfaz para 2.5' HDD , (para3.5' HDD, necesita otra entrada de 12V)
ALMACENAMIENTO:	8GB NAND flash, combinación posible con uSD (sin tarjeta incluida) y/o HDD SATA
PUERTOS E/S:	2 x USB HOST, 1 x OTG, 1 x SPDIF (fibra óptica), 1 x IR, 4 x LEDs, 1 Auriculares
ALIMENTACIÓN:	DC5V @ 2.5ª with HDD, soporte para entrada de batería de litio & RTC
EXTENDED PINS:	54 extended pins including I2S, I2C, SPI, CVBS, LRADC x2,UART, PS2, PWMx2, TS/CSI, IRDA, LINEIN&FMIN&MICIN, TVINx4 with 2.0 pitch connectors
TAMAÑO:	11cm x8cmx1.4mm

Tabla II Características de dispositivo Cubie-Truck
Fuente: <http://cubieboard.org/2013/10/30/cubieboard3-cubietruck-is-all-ready/>

C. SENSOR DE DISTANCIA

Una de las magnitudes físicas que el modulo es capaz de controlar y representar gráficamente es la distancia, la cual es medida a través de un sensor infrarrojo que entrega una señal analógica en voltaje de acuerdo con la separación que existe entre el sensor y la barrera de medición.



Figura 3 Sensor infrarrojo de distancia Sharp GP2Y02YK0F
Fuente: El Autor

Existen varios modelos y marcas de sensores que cumplen con este propósito, pero debido a dimensiones del proyecto y requerimientos didácticos del sistema se establece que un dispositivo de dimensiones reducidas con carcasa de montaje mediante tornillos de la marca y modelo Sharp GP2Y02YK0F es suficiente para censar la variable distancia y consta de las características y modelo detallados en la tabla (3).

Tensión de funcionamiento	4,5 V a 5,5 V
Consumo de corriente medio	33 mA
Rango de medición Distancia	20 cm a 150 cm (8 "a 60")
Tipo de salida	voltaje analógico
Diferencial de salida	Tensión por encima del rango distancia: 2,05 V (típico)
Período de actualización	38 ± 10 ms
Tamaño	44,5 mm x 18,9 mm x 21,6 mm (1,75 "x 0,75" x 0,85 ")
Peso	5 g (0,18 oz)

Tabla 3 Características del sensor infrarrojo de distancia Sharp GP2Y02YK0F
Fuente: Datasheet Sharp

D. SENSOR DE TEMPERATURA

Para el requerimiento de medición de la magnitud física temperatura es primordial seleccionar un sensor que se comporte de manera que entregue una señal en voltaje, proporcional a la transición por cada grado centígrado que varíe esta magnitud, esto se logra valiéndose de un elemento dotado de semiconductores que al incidir sobre el un cambio de temperatura cambie su voltaje de salida linealmente. Por todo lo expuesto y debido a exigencias del sistema se establece que el sensor LM-35, dotado de encapsulado de montaje es la mejor alternativa para desempeñar la función de medición de este tipo de magnitud, el cual presenta las características que se expresan en la tabla (4)

Calibrado directamente en la escala Celsius
Lineal con un factor de escala de 10.0 mV/°C
Precisión garantizada de 0.5°C a una temperatura de 25°
Rango de trabajo de -55° a +150°C
Apropiado para aplicaciones remotas
Bajo costo debido al nivel clásico
Opera con voltajes de alimentación en el rango de 4 a 30 voltios
Baja corriente de alimentación (60uA)
Bajo auto calentamiento, 0.08°C en aire estacionario
Baja impedancia de salida, 0.1W por 1mA
Posee tres terminales, dos de alimentación y uno para el voltaje de salida

Tabla 4 Características del sensor lm-35
Fuente: El Autor

E. SENSOR DE POSICIÓN ANGULAR

El proceso de especificación de posición es posible gracias a la utilización de un transductor de posición angular, de tipo absoluto, variación lineal y con salida de tipo analógico, para provocar la demostración de conversión A/D de este tipo de señales que denotaran posiciones angulares por variación de resistencia eléctrica.

La medición de posición angular con el uso de elementos variantes linealmente es una de las situaciones más desarrolladas y utilizadas actualmente para conocer el estado de giro de elementos que requieren realizar este tipo de trabajo. Para este efecto se recurre a la utilización del elemento más común de medición como es el denominado potenciómetro que varía su resistencia de acuerdo con el movimiento que se ejerza en su tornillo cuando se trata de un dispositivo con carcasa y montaje por sujeción a tornillo.



Figura 4 Potenciómetro de precisión
Fuente: El Autor

Una vez que está conectado a una red eléctrica básica, este es capaz de entregar en uno de sus pines un voltaje proporcional a la resistencia que se genera al girar la manija del mismo, dicha señal basta con establecer mediante software una igualdad sencilla para conocer la posición angular de acuerdo con la variación de resistencia.

ELEMENTO DE MEDICIÓN	
Resistencia	502 – 5000 ohm
Tamaño de pista	36,5 mm
Eje de salida	6 mm
Linealidad independiente	Mas menos 0,1 %
Señal de salida	Divisor de voltaje
Repetitividad	0,007 %
Coefficiente de temperatura	9ppm/°C
Temperatura de operación	-40 °C + 100 °C
Velocidad de operación	10000 rpm
Vida útil (movimientos)	100x106

Tabla 5 Características del dispositivo para medición de posición angular.
Fuente: El Autor.

F. SENSOR DE VELOCIDAD ANGULAR

Los procesos secuenciales de conversión de señales para obtener la velocidad angular de un objeto es posible mediante la utilización del principio de medición analógica de la corriente producida por una bobina y que es proporcional a la velocidad del movimiento. Para cumplir con lo antes descrito se procede a dimensionar y seleccionar el dispositivo que cumple con estos requerimientos y se acopla al sistema que se detalla y que tiene las características específicas de la siguiente tabla.

III. CONVERSIÓN ANALÓGICA DIGITAL

Un convertidor de señales analógicas en digitales se refiere a un dispositivo capaz de exhibir en su salida una señal digital desde una señal analógica de entrada. El proceso de conversión necesariamente debe abordar tres partes importantes: el muestreo de la señal analógica, cuantificación de dichas muestras y la codificación de las mismas.

A. Muestreo

El muestreo se trata del procedimiento de medir el valor instantáneo de la señal analógica a ser digitalizada, estableciendo la frecuencia de medición, la cual se instaura conforme al teorema de Nyquist. Este establece que la frecuencia mínima para muestrear una señal (f_s) debe ser al menos dos veces el valor de la frecuencia máxima de la señal analógica de entrada (f_a). Si f_a es mayor que $2f_s$ existirá distorsión en la señal regenerada. Entonces tenemos que:

$$f_s \geq 2f_a$$

Donde: f_s = frecuencia mínima de muestreo de Nyquist (Hertz).

f_a = máxima frecuencia que se debe muestrear (Hertz).

Generalmente como parte del proceso de muestreo se encuentra la etapa de retención. Esta etapa es usada para conservar el valor de la muestra el tiempo requerido para que sea cuantizada. En la figura (5) se identifica una señal sinusoidal a la cual se le designa un procedimiento de muestreo y retención.

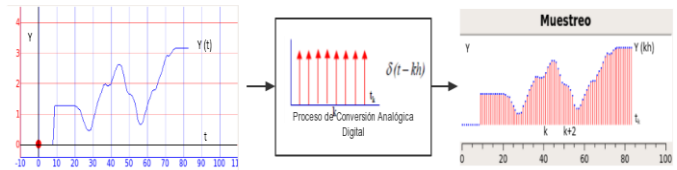


Figura 5 Formación de la señal muestreada a partir de la señal de los sensores.

Fuente: El Autor.

A partir del punto de vista matemático, muestrear una señal analógica se obtiene multiplicando la señal analógica por la función delta de Dirac. La función delta de Dirac está dada por:

$$\delta(t - kh) \quad \dots (1)$$

Ecuación 1 función delta de Dirac.

Donde:

Sólo tiene valores en los instantes en que t es igual a kh , donde k es un entero 0, 1, 2, etc., que representa el instante de muestreo. Dato que para los demás valores la función vale cero, la señal resultante sólo presentará valores en los instantes de muestreo.

En un instante de muestreo cualquiera, k , el tiempo transcurrido, t_k , será:

$$t_k = k * h \quad \dots (2)$$

Ecuación 2 Primer instante de muestreo.

El valor de variable será: y_k

En el siguiente instante los valores serán:

$$t_{k+1} = (k+1) * h \quad y \quad y_{k+1} \quad \dots (3)$$

Ecuación 3 Instantes de muestreo $k+1$.

Fuera de los momentos de muestreo, el valor de la señal de salida del muestreador es 0 y en el instante k el valor será:

$$y(kh) = y(t_k) * \delta(t - kh) \quad \dots (4)$$

Ecuación 4 Función de salida del muestreador.

Donde:

$y(kh)$ → Señal muestreada. Valores únicamente para $k = 0, 1, 2, \dots$.

$y(t_k)$ → Valor de la señal continua en el instante de muestreo k , es decir, cuando ha transcurrido un tiempo igual a ecuación (2) ($t_k = k * h$).

La secuencia de salida del muestreador puede expresarse por la siguiente ecuación en el dominio del tiempo.

$$y(t_0) * \delta(t) + y(t_1) * \delta(t - h) + y(t_2) * \delta(t - 2h) + y(t_k) * \delta(t - kh) + \dots$$

$$= \sum_{k=0}^{\infty} y(t_k) * \delta(t - kh) \quad \dots (5)$$

Ecuación 5 Sumatoria de secuencia de salida del muestreador.

B. Cuantificación

La Cuantificación es un proceso que se determina por la limitación o conversión del rango continuo de valores que las muestras logran tener a un número establecido y limitado de valores discretos. El número de valores tolerados depende concisamente del número de salidas o de bits con los que se van a simbolizar las muestras.

Entonces se establece que el número de valores tolerados está dado por:

$$N = 2^n$$

Donde:

N= número de valores discretos permitidos

n = número de salidas o de bits para representar las muestras

La señal cuantizada solamente obtiene valores en los niveles permitidos, esto ocasiona un error conocido como ruido de cuantización y es posible reducirlo incrementando el número de niveles admitidos para la señal digital.

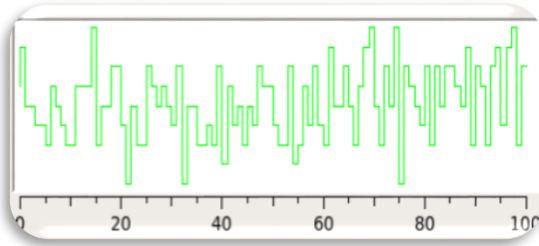


Figura 6 Cuantificación de una señal muestreada

Fuente: El Autor.

Se puede realizar matemáticamente o mediante dispositivos de retención o mantenedores. El mantenedor más simple es un mantenedor de orden cero, que consiste en mantener el valor de la variable hasta que llegue el siguiente valor.

Señal antes del mantenedor de orden cero:

$$y(0h) * \delta(t) + y(1h) * \delta(t - h) + y(2h) * \delta(t - 2h) + \dots + y(kh) * \delta(t - kh) + \dots \dots (6)$$

Ecuación 6 Señal antes del mantenedor de orden cero.

Señal después del mantenedor:

$$\text{Para } 0 \leq t < h \rightarrow y(t) = y(0 * h)$$

$$\text{Para } h \leq t < 2h \rightarrow y(t) = y(1 * h)$$

$$\text{Para } 2h \leq t < 3h \rightarrow y(t) = y(2 * h)$$

$$\text{Para } kh \leq t < (k + 1)h \rightarrow y(t) = y(k * h)$$

Ecuación 7 Señales después del mantenedor de orden cero

C. Codificación

La Codificación representa la asignación de un código o número binario a todas y cada una de las muestras cuantificadas. En la figura (3) se muestra la asignación del código a cada uno de los niveles de cuantificación utilizando 12 bits.

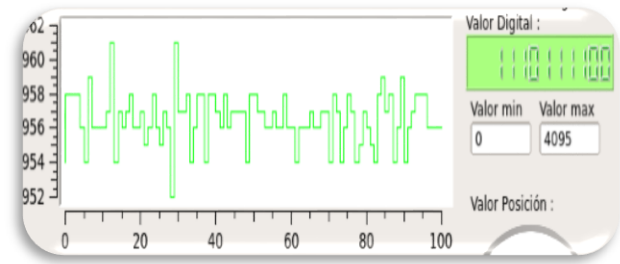


Figura 7 Codificación de una señal cuantificada.

Fuente: El Autor

IV. CONVERSIÓN DIGITAL ANÁLOGA

La conversión digital a analógica es la contrapuesta de la conversión analógica digital. En la conversión analógica digital, iniciábamos con una tensión continua en la entrada del convertidor. El convertidor analógico digital asignaba un valor al paso de tensión más cercano al real y enviaba un número binario indicando el paso medido.

La conversión digital a analógica inicia en la entrada con un número en forma binaria y se obtiene una salida con variación de tensión. La señal de salida no es un valor analógico efectivo que varía consecutivamente en el tiempo, sin embargo es una tensión discreta que varía a pasos. El número de niveles de tensión que un convertidor digital analógico consigue originar, está explícita por el número de bits binarios que logra manipular, esto indica la resolución.

Montamos un convertidor digital analógico empleando resistencias eléctricas, a este circuito se lo denomina R2R (red resistiva en escalera), la misma que permite agregar o quitar resistencias para alterar la resolución. Con una R2R en escalera, si inicia con un convertidor de 4-bits y se requiere incrementar la resolución en 1-bit, simplemente debe adicionar dos resistencias a la misma. La entrada del número binario la realiza en paralelo como 4-bits por las GPIO PG1, PG3, PG5, PG7 del Cubietruck. Mientras que se le asigne un valor a los cuatro pines GPIO antes mencionados, la salida del convertidor digital analógico (output DAC) poseerá un valor discreto de tensión.

PWM de onda (Pulse Width Modulation en Inglés o modulación de ancho de pulso en español) se concibe cambiando el ancho del nivel ALTO con respecto a la duración del período: el ancho del nivel ALTO es llamado "ciclo de trabajo". La modulación de anchura de pulso es una técnica de la modulación para generar pulsos variables de la anchura para representar la amplitud de una señal analógica o de una onda de entrada. Un pulso PWM es un impulso (u onda) cuadrado, es decir, el nivel de onda es alta o baja. Este pulso se repite en el tiempo de forma continua.

SPI abreviatura de "Interfaz Periférico Serial", es un bus de cuatro líneas, sobre el cual se transmiten paquetes de información de 8 bits. Cada una de estas cuatro líneas porta la información entre los diferentes dispositivos conectados al bus, ya sea esto en una comunicación simple de un maestro y

un esclavo, como en la de un maestro y varios esclavos. Cada dispositivo conectado al bus puede actuar como transmisor y receptor al mismo tiempo, por lo que este tipo de comunicación serial es llamado también full dúplex. Entre las aplicaciones en las cuales se puede encontrar, más adecuado para "flujos de datos", es decir convertidores ADC, capacidad duplex, es decir, la comunicación entre un codec y procesador de señal digital.

V. PROGRAMAS MÁS SIGNIFICATIVOS A UTILIZAR

A. PYTHON

Python es un lenguaje de programación que utilizamos: es un lenguaje de alto nivel, de gran alcance, interpretado, multiplataforma. Este lenguaje puede ser utilizado de forma independiente, sin una interfaz gráfica de usuario si lo desea. Pero ese no es nuestro objetivo en este proyecto.

B. QT

Qt es una biblioteca escrita en C++. Es multiplataforma. Hay otras librerías gráficas posibles pero Qt es el que parece tener la mejor portabilidad, ya que el entorno de escritorio KDE se basa en Qt.

C. QT DESIGNER

Qt Designer es el software de diseño de interfaz gráfica de usuario suministrada con el lenguaje Qt: Este software permite crear de forma sencilla y rápida interfaces gráficas de usuario. Este software genera un archivo que describe el tipo de interfaz en formato XML * .ui Este archivo se puede utilizar tanto con el programa Qt C++ o un programa con PyQt.

D. PYQT

PyQt Python es un binding de la biblioteca Qt: se encontrará, algunas sintaxis acerca de adaptaciones de todas las clases de bibliotecas Qt en Python. Así que para defender la máxima simplicidad, se optó por PyQt.

VI. IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO

Para realizar la interfaz gráfica de usuario destinada al análisis de cada una de las magnitudes, procedemos a abrir Qt-designer y creamos una forma es decir un Widget; en general los campos principales que van tener dichas interfaces gráficas serán: Los datos informativos del proyecto; un PlotWidget para graficar de los valores obtenidos de las entradas analógicas A[2, 3, 4, 5]; un qwtplot para representar los tres pasos para la conversión análoga digital; varios QlcdNumber para visualizar los valores de los diferentes procesos de la señal; un qwtWidget para representar gráficamente los valores de las magnitudes..

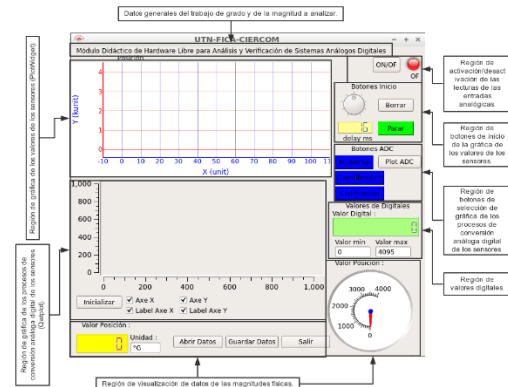


Figura 8 Interfaz gráfica de usuario de las magnitudes físicas (Posición).

Fuente: El Autor.

El módulo didáctico contiene una infraestructura metálica de tubo cuadrado, con dimensiones:

Altura: parte frontal 12 cm, parte posterior 27cm

Ancho 62 cm

Largo 32 cm

Tabla 6 Tabla de dimensiones del módulo didáctico

Fuente: El Autor

Contiene también una placa frontal de ALUCOBOND, en donde se alojan las diferentes etapas.

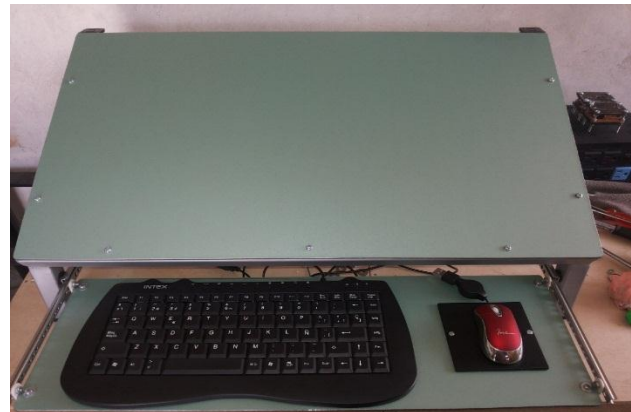


Figura 9 Estructura del módulo didáctico

Fuente: El Autor

Posicionamiento de los módulos de hardware libre, estos dispositivos son integrados al módulo mediante la utilización de pernos de anclaje introducidos y sujetos, utilizando los orificios que estos contienen para este propósito. Para facilitar la manipulación de las entradas y salidas digitales y analógicas se dispone de un conjunto de borneras que se destinan una por cada señal que se requiera procesar.

Posicionamiento de los sensores en el módulo, cada uno de los sensores implementados posee cuatro orificios en los cuales ingresan los pernos que sujetan cada bloque a la placa

frontal del módulo. Las señales de alimentación y magnitud que cada sensor necesita se toman del bloque del conjunto de borneras destinado para cada módulo de hardware libre.

Dispositivos y materiales necesarios, para garantizar la funcionalidad total del módulo que se presenta es necesaria la utilización de una serie de dispositivos, elementos y materiales agrupados de tal manera que faciliten el desarrollo de todas las prácticas con sus respectivas prestaciones y funcionalidades y a modo de resumen de todo lo anteriormente descrito en lo referente a equipos utilizados se detalla la tabla siguiente.

Pantalla	Samsung SyncMaster 632NW
Fuente de alimentación	RexPower ATX PM-350
Teclado	Intex
Mouse	Genius
KVM Switch	KVM41UA – 4 Port
Módulo de hardware libre 1	Pduino 3
Módulo de hardware libre 2	Cubietruck
Alimentación DC Pduino	EasyAcc 11UNMIC5P-2S5FTUS-(5V-2000mA)
Alimentación DC Cubietruck	SunFounder HZPW-5V2.5A
Cables de KVM	
Convertidor HDMI-VGA	
Protoboard	Wishboard 1-Regleta
Juegos de Borneras	
Módulo Sensor de Velocidad	
Módulo Sensor de Posición	
Módulo Sensor de Temperatura	
Módulo Sensor de Distancia	
Juegos de cables	

Tabla 6 Dispositivos y materiales del módulo didáctico

Fuente: El Autor.

En el costo total del módulo didáctico se realiza una adición de todos los costos realizados para obtener un valor simbólico referencial del módulo didáctico.

	Subtotal (\$)
Dispositivos y materiales del módulo didáctico	674,7
Software	0
Desarrollo	1090
Costo total del módulo didáctico	1764,7

Tabla 7 Costo total del módulo didáctico.

Fuente: El Autor.

Con la implementación del módulo didáctico, se tiene beneficios en varios aspectos, a continuación se señalan:

- ✓ Disponibilidad de un instrumento de aprendizaje práctico a los estudiantes de la CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN (CIERCOM).
- ✓ Los estudiantes conseguirán una mejor formación profesional lo que conlleva a la concepción de un contingente humano con capacidad de desenvolverse, proyectarse y marchar acorde a los nuevos retos tecnológicos.
- ✓ Se complementa el laboratorio de ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN de la FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS, facilitando la implementación de prácticas que ayuden a los estudiantes a comprender y visualizar los procesos involucrados en procesos de conversión analógica digital.
- ✓ Se contribuye en “Asegurar en los programas educativos la inclusión de contenidos y actividades didácticas e informativas que motiven el interés por las ciencias, las tecnologías y la investigación, para la construcción de una sociedad socialista del conocimiento.” (Plan nacional del buen vivir objetivo 4. Fortalecer las capacidades y potencialidades de la ciudadanía parte 4.4 literal i, j.).

VII. GUÍA DE PRÁCTICAS

Se presenta un manual de prácticas, pensado como una guía para que el alumno pueda realizar experimentos prácticos de adquisición de datos de los sensores de magnitudes físicas tales como la temperatura, distancia, posición, velocidad angular y verificación de los valores obtenidos, abordando cada una de las etapas que el módulo didáctico que se presenta posee, hasta llegar a realizar prácticas que demanden la utilización del sistema en su totalidad.

A. Funcionalidades de las interfaces gráficas de usuario de cada una de las magnitudes físicas.

Resumen de las funcionalidades de las interfaces gráficas de usuario de cada una de las magnitudes físicas. Para más información dirigirse al capítulo 3 del trabajo de grado.

Al accionar el pulsador de INICIO en la interfaz gráfica de la magnitud física se activara la graficación de los datos adquiridos por sensor de la misma.



Figura 10 Botón OFF/ON Módulo
Fuente: EL Autor.

Se puede hacer que la graficación se realice con más rapidez realizando un ajuste en la sección de botones de inicio en el DialDelay.



Figura 11 Sección botones de inicio.
Fuente: EL Autor.

En la sección botones de inicio también se tiene el botón Parar que congela los datos graficados para realizar una verificación del valor. El botón se torna rojo hasta que se lo presione otra vez para que continúe con la graficación de los datos.

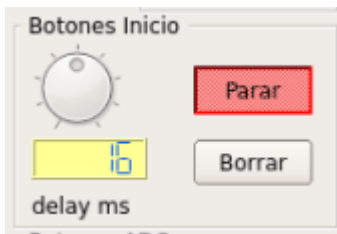


Figura 12 Botón parar graficación.
Fuente: EL Autor.

En la sección botones de inicio también se tiene un botón Borrar el mismo que realiza una limpieza de los datos e inicializa la graficación de los datos obtenidos.



Figura 13 Botón borrar graficación.
Fuente: EL Autor.

En la sección de botones ADC se encuentran los botones de los procesos que intervienen en la conversión analógica digital. También se encuentran tres botones que imprimen la imagen del proceso de conversión analógica digital que este activo, para posteriormente anexarle al reporte de la práctica. El botón muestreo realiza el primer proceso del ADC, el botón

cuantificación realiza el segundo proceso del ADC. El botón codificación realiza el tercer proceso del ADC, en la gráfica se puede observar dicho procedimiento.

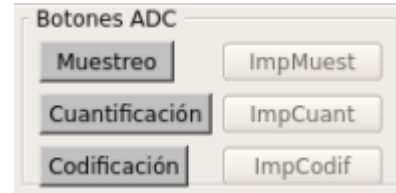


Figura 14 Sección de botones ADC
Fuente: EL Autor.

También se puede apreciar los valores proceso de codificación en la sección de Valores Digitales.

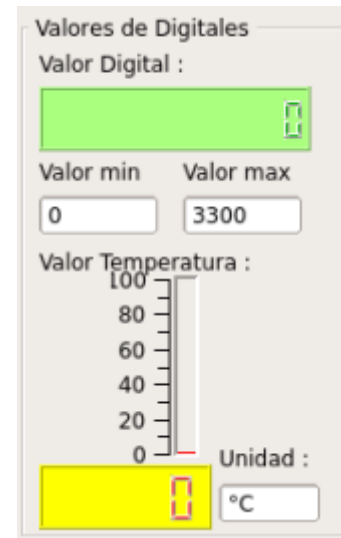


Figura 15 Sección valores digitales.
Fuente: EL Autor.

En la sección de señales son representados gráficamente los valores obtenidos y los procesos de la conversión analógica digital.

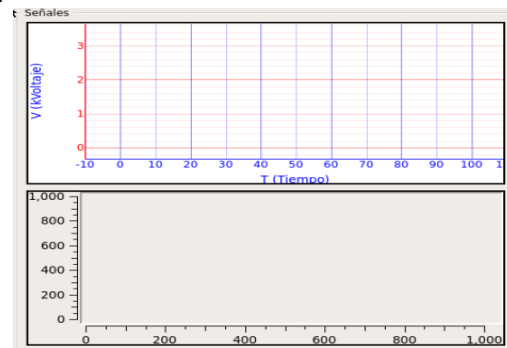


Figura 16 Sección de señales.
Fuente: EL Autor.

En la sección de Zoon Señales se encarga de retornar a la representación de la señal a la escala asignada, también se puede ocultar los nombres de los ejes de la misma.



Figura 17 Sección zoon señales
Fuente: EL Autor.

En la sección opciones se tiene varios botones cada uno de los cuales contiene una función asignada de la siguiente manera:

- ✓ Abrir practica: al presionar este botón se redirige a la interfaz gráfica de la práctica correspondiente a cada magnitud física.
- ✓ Prerrequisitos: al presionar este botón se redirige al archivo PDF de prerrequisitos de cada una de las practicas.
- ✓ Guardar datos: guarda los datos de la magnitud física que se está censando, en un archivo de texto.
- ✓ Abrir datos: con esta opción se puede visualizar los datos guardados de las diferentes magnitudes físicas.

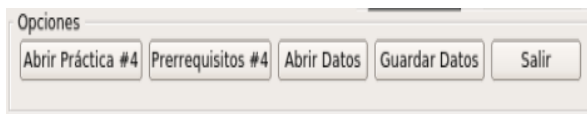


Figura 18 Sección opciones.
Fuente: EL Autor.

B. Esquematización de prácticas

Para la realización del esquema de las prácticas se toma en cuenta la misma denominación de los componentes que el módulo tiene, debido a que el módulo ya se encuentra cableado y todos sus componentes están debidamente conectados hacia el Pduino y Cubietruck respectivamente, para establecer los requerimientos de cada una de las prácticas se debe referirse al manual de usuario, el cual describe cada una de las entradas analógicas y salidas GPIO, su función en cuanto se refiere a que elemento es comandado con cada una de estas. Por ejemplo si la práctica demanda la utilización del sensor de temperatura, bastara con utilizar la salida GPIO 0 del Pduino para activar o desactivar el módulo del sensor de temperatura, y así para todos los elementos que intervienen en el módulo.



Figura 19 Distribución general de los elementos del módulo didáctico.
Fuente: EL Autor.

El alumno aprenderá a utilizar el módulo de temperatura como aplicación específica de adquisición de magnitud física temperatura, a través de un accionamiento directo por medio de la una GPIO 0 cuyo valor lógico activa o desactiva dicho módulo. Además el estudiante al culminar esta práctica será capaz de describir el proceso de muestreo que demanda la conversión analógica digital.

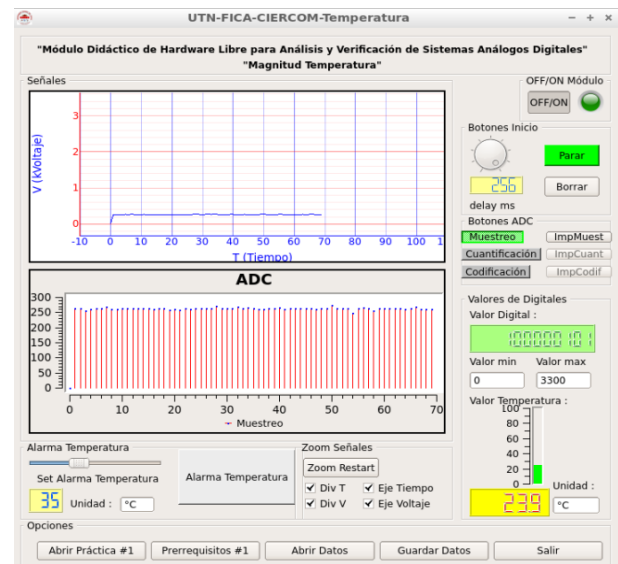


Figura 20 Interfaz gráfica de usuario del módulo de temperatura, en ejecución.
Fuente: EL Autor.

El alumno aprenderá a utilizar el módulo de distancia como aplicación específica de adquisición de magnitud física distancia, a través de un accionamiento directo por medio de la una GPIO 3 cuyo valor lógico activa o desactiva dicho módulo. Además el estudiante al culminar esta práctica será capaz de describir el proceso de cuantificación que demanda la conversión analógica digital.

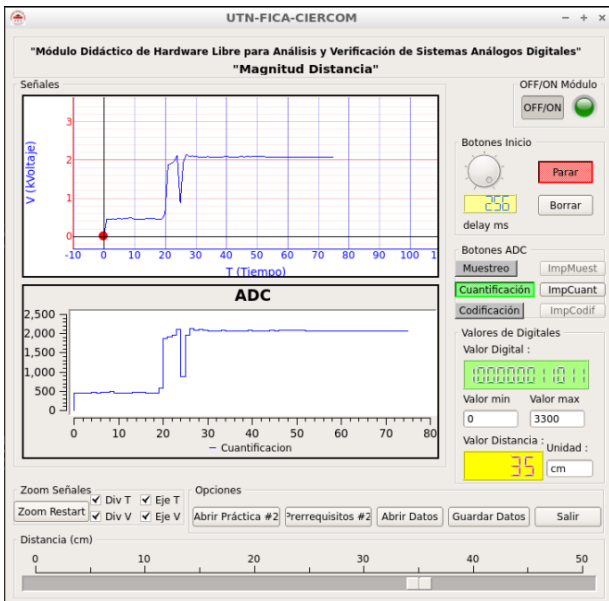


Figura 21 Interfaz gráfica de usuario de distancia, en ejecución.
Fuente: El Autor.

El alumno aprenderá a utilizar el módulo de posición como aplicación específica de adquisición de magnitud física posición, a través de un accionamiento directo por medio de la una GPIO 2 cuyo valor lógico activa o desactiva dicho módulo. Además el estudiante al culminar esta práctica será capaz de describir el proceso de codificación que demanda la conversión analógica digital.

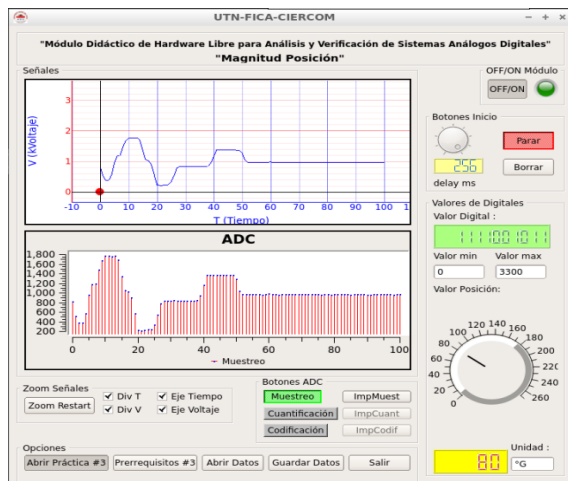


Figura 22 Interfaz gráfica de posición en ejecución.
Fuente: El Autor.

El alumno aprenderá a utilizar el módulo de velocidad como aplicación específica de adquisición de magnitud física velocidad, a través de un accionamiento directo por medio de la una GPIO-4 cuyo valor lógico activa o desactiva dicho módulo. Además el estudiante al culminar esta práctica será capaz de describir el proceso de muestreo, cuantificación y codificación que demanda la conversión analógica digital.

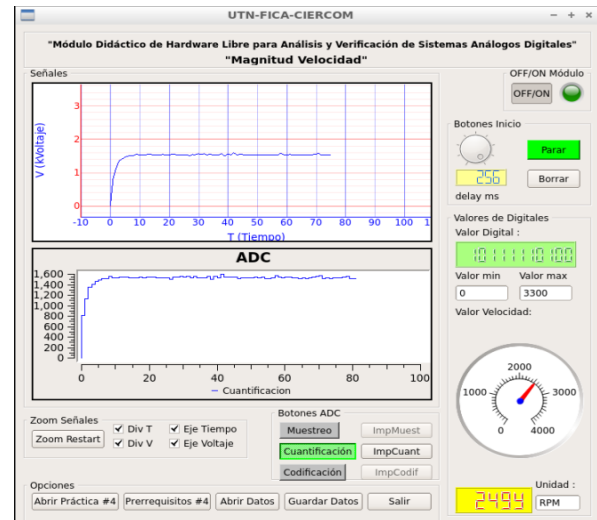


Figura 23 Interfaz gráfica de velocidad en ejecución.
Fuente: El Autor.

El alumno aprenderá a utilizar los módulos R2R, PWM y Matriz de Leds como aplicaciones específicas de conversión digital a analógica, a través de un accionamiento directo de las GPIO-(PG1-7) del cubietruck cuyo valor lógico activa o desactiva los bits de R2R. Además el estudiante al culminar esta práctica será capaz de describir el proceso de conversión digital analógica, e interactuara con aplicaciones de DAC como lo son PWM y Matriz de Leds.

Se presenta una fotografía de la parte derecha del módulo didáctico, se puede resaltar que se encuentra la salida VGA destinada para la conexión del proyector.



Figura 24 Parte derecha del módulo didáctico.
Fuente: EL Autor.

Se presenta una fotografía de la parte izquierda del módulo didáctico, se puede observar la placa que la cubre.

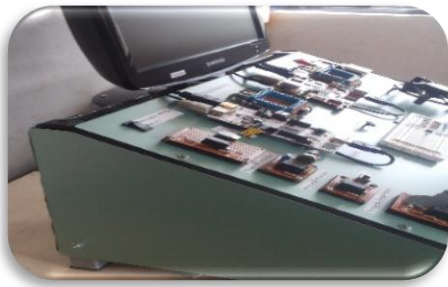


Figura 25 Parte izquierda del módulo didáctico.
Fuente: EL Autor.

VIII. Conclusiones

En la implementación del módulo didáctico de hardware libre para análisis y verificación de sistemas análogos digitales, se puntualiza el funcionamiento de un proceso de conversión analógica digital a escala, en este asunto es el de muestreo, cuantificación, codificar y verificar los mencionados procesos mediante el uso de interfaces gráficas de usuario fáciles de entender, para una óptima comprensión de los estudiantes.

Una vez fundados los principios y fundamentos teóricos se establecen las guías necesarias para avalar un recomendable dimensionamiento de los elementos constitutivos del módulo didáctico de hardware libre para análisis y verificación de sistemas análogos digitales, así, empleando todos estos principios se concluye que el funcionamiento de este instrumento didáctico desempeña con satisfacción los requerimientos necesarios para los procesos de conversión analógica digital.

A modo consecuencia de la construcción de la infraestructura que contiene incorporados todos los elementos se concluye que la distribución y funcionamiento de los elementos están muy relacionadas ya que no se debe interferir directamente para no causar variaciones en las medidas de las señales o causar un inadecuado funcionamiento de los módulos de hardware libre (pcduino3 y cubietruck).

REFERENCIAS

- [1] Lago, A. (2012). Dispositivos y circuitos electrónicos analógicos. Aplicación práctica en el laboratorio. Madrid: Andavira Editora.
- [2] Couch, W. L. (2008). Sistemas de comunicación digitales y analógicos. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- [3] Garza, J. Á. (2006). Sistemas Digitales y Electrónica Digital, prácticas de laboratorio. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- [4] Neamen, D. A. (2010). Microelectronics: Circuit Analysis and Design . New York: McGraw-Hill.
- [5] Maloney, T. J. (2006). Electrónica industrial moderna. 5a. edición. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- [6] Robert Boylestad, L. N. (2009). Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos. México: Pearson Educación
- [7] Tocci, R. J., & Welmer, N. S. (2003). Sistemas Digitales: Principios y Aplicaciones. México: Pearson Educación .
- [8] Guzdial, M., & Barbara, E. (2013). Introducción a la computación y Programación con Python. México: PEARSON EDUCACIÓN.

- [9] Pérez, E. M., Acevedo, J. M., & Silva, C. F. (2009). Autómatas programables y sistemas de automatización. Marcombo.
- [10] Hayt, W., Kemmerly, J., & Durbin, S. (2012). Análisis de Circuitos en Ingeniería . México: McGraw Hill.



Ruiz N. Vicente

Nacido en el cantón Cotacachi–Imbabura–Ecuador el 14 de septiembre de 1990, obtuvo su título de bachiller en “Electrónica” en el Instituto Tecnológico “Otavalo”. Ingreso a la Universidad Técnica del Norte a la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación actualmente egresado de carrera.

TRAINING MODULE OF FREE HARDWARE FOR ANALYSIS AND VERIFICATION OF ANALOG DIGITAL SYSTEMS (January 2016)

Vicente J. Ruiz

Abstract—This article presents a brief introduction basically to implemented a training module for free hardware analysis and verification of digital modeling systems in order to provide a practical learning tool for students who are studying engineering in electronics and communication networks. The teaching team has developed three major systems: data acquisition, system analog to digital conversion and graphical user interface. The module contains all devices made required for the experiments concerning the steps involved in converting analog to digital, so that the student can go step by step approaching them, to reach the necessary skills to intervene the module in entirety.

Index Terms— ADC; DAC; PCDUINO; CUBIETRUCK; PYQT; SAMPLING; QUANTIFICATION; CODING; TRAINING MODULE.

IX. INTRODUCTION

Training in Electronics and Communication Networks should include a strong practical component in the study of the subject Analog Digital Systems, in order to allow students to develop an overview of the technology basic analog/digital electronics in any process that is currently being used.

It developed the training module consists of three main systems: data acquisition, comprising fourth sensors that determine the physical quantities of temperature, distance, position and angular velocity; and two sheets of free hardware main elements of this system, which together establish the reading of these magnitudes for processing later. System Analog to digital conversion, which is responsible for transforming all analog signals to digital showing every stage that requires this process, which uses Python as a platform to achieve these actions. UI: it consists of a series of interactive displays which allow access graphically at each of the stages involved in the process of converting digital signals to analog, such as sampling quantization, coding and display of each of the magnitudes described above.

The module contains all devices made required for the experiments concerning the steps involved in converting analog to digital, so that the student can go step by step approaching them, to reach the necessary skills to intervene in its module whole.

X. ELECTRONIC SIZING

A. Module conversion of analog signals to digital.

According to the general system requirements in terms of availability of analog inputs High and low resolution for reading the sensors, processing power memory versatility, adaptability signal and existence of programs for the graphical representation of the signals mention, it states that the acquisition of a plate of hardware called PC-free Duino and shown in Figure (1) is the best choice to continue developing processes analog to digital conversion.



Figure 1 Pc-duino Version 3 distributed by SparkFun
Source: The Author

Equipment specifications for converting analog signals to digital, the same can be provided are detailed in the table (1).

ITEMS	PC-DUINO 3
	SYSTEM
CPU	ARMv7 Cortex A8 (Allwinner A10) @ 1Ghz

RAM	DRAM 1GB
STORAGE	microSD standard (>32GB)
GPU	OpenGL ES 2.0,
SOFTWARE SPECIFICATIONS	
OS	Lubuntu 12.04; Android 4.2
Programming language	C, C++, Java, Android SDK, Python
MULTIMEDIA	
Audio	HDMI, out : jack 3,5mm, in : --
Video	HDMI, RCA
INTERFACE	
Net	Ethernet 10/100 Mbps; Wifi Built-in
USB	1 puertos USB + 1 puerto micro-USB OTG
POWER SUPPLY	
Power	microUSB de 5V@700mA (5V@2A)
TERMINAL BLOCKS E/S	
GPIO	18 E/S en 3.3V, Arduino-like
Analog Input	2 x 6 bits en 0-2V et 4 x 12 bits en 0-3.3V
Analog Output	6 x PWM hardware (2-pines " fast " en 520Hz - 8 bits y 4-pin "slow" en 5 Hz - 20 niveles)
Serial communications	I2C, SPI, UART
TEST DRIVE	
Video capture	Fps 320x240 en VNC : 29 fps
Freq. max. ON/OFF pines E/S	5555 Hz

Table 1 Specifications Pduino3.

Source: The Author.

B. MODULE FOR CONVERTING DIGITAL SIGNALS TO ANALOG.

The most representative aspect of this equipment lies in the peculiarity that it must meet in the number of digital outputs that are necessary to represent a signal or set of signals able to demonstrate the phases requires a process of digital to analog conversion.

The best option to meet the requirements that are necessary in this process is a plate called CubieTruck free hardware, which is responsible for processing the digital signals and present their output ports for transfer to analog signals through devices external.

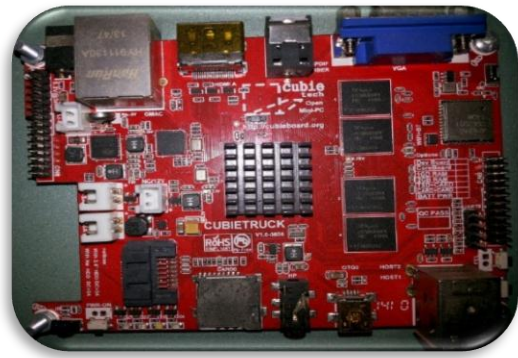


Figure 2 Plate Free Cubie-truck hardware distributed by Cubie-tech

Source: The Author.

Equipment specifications for converting digital signals to analog, the same can be provided are detailed in the table (2).

PROCESSOR:	AllWinnerTech SOC A20, ARM® Cortex™-A7 Dual-Core, ARM® Mali400 MP2 Complies with OpenGL ES 2.0/1.1
RAM:	2GB DDR3@480MHz
VIDEO OUTPUT:	HDMI&VGA 1080P display output on-board
NETWORK CARD:	10M/100M/1G Ethernet
WIRELESS:	Wifi+BT wireless connection with antenna on-board
INTERFACES HDD:	SATA 2.0 soporte interfaz para 2.5" HDD, (para3.5" HDD, necesita otra entrada de 12V)
STORAGE:	8GB NAND flash, combinación posible con uSD (sin tarjeta incluida) y/o HDD SATA
PORTS E/S:	2 x USB HOST, 1 x OTG, 1 x SPDIF (fibra óptica), 1 x IR, 4 x LEDs, 1 Auriculares
FEEDING:	DC5V @ 2.5ª with HDD, soporte para entrada de batería de litio & RTC
EXTENDED PINS:	54 extended pins including I2S, I2C, SPI, CVBS, LRADC x2,UART, PS2, PWMx2, TS/CSI, IRDA, LINEIN&FMIN&MICIN, TVINx4 with 2.0 pitch connectors
SIZE:	11cm x8cmx1.4mm

Table 2 Characteristics of Cubietruck device.

Source: <http://cubieboard.org/2013/10/30/cubieboard3-cubietruck-is-all-ready/>

C. DISTANCE SENSOR

One of the physical quantities that the module is capable of controlling and graph is the distance, which is measured via an infrared sensor that provides an analog voltage signal in accordance with the separation between the sensor and the barrier measurement.



Figure 3 Infrared distance sensor Sharp GP2Y02YK0F
Source: The Author

There are several makes and models of sensors that serve this purpose, but because of size of the project and teaching system requirements stipulate that a small-sized device with screw mounting housing of the brand and model Sharp GP2Y02YK0F is enough to sense variable distance and has the characteristics detailed in the table model (3).

Operating voltage	4,5 V a 5,5 V
Average power consumption	33 mA
Distance measuring range	20 cm a 150 cm (8 "a 60")
Output Type	voltaje analógico
Differential output	Tension over the distance range: 2,05 V (typical)
Update Period	38 ± 10 ms
Size	44,5 mm x 18,9 mm x 21,6 mm (1,75 "x 0,75" x 0,85 ")
Weight	5 g (0,18 oz)

Table 3 Characteristics of infrared distance sensor Sharp GP2Y02YK0F
Source: Datasheet Sharp

D. TEMPERATURE SENSOR

For the requirement of physical quantity measurement is essential to select a temperature sensor to behave in a manner that delivers a signal voltage proportional to the transition for each degree centigrade to vary this magnitude, this is achieved by making use of a semiconductor element provided that to influence the temperature change its output voltage changes linearly.

For these reasons and because of system requirements it states that the LM-35 sensor, equipped with encapsulated assembly is the right choice for the role of measurement of such magnitude, which has the characteristics expressed in the table (4).

Calibrated directly on the Celsius scale
Linear with a scale factor of 10.0 mV/°C
Guaranteed accuracy of 0.5° C at a temperature of 25°
Working range -55° a +150°C
Suitable for remote applications

Low cost due to the classical
It operates with supply voltages in the range of 4-30 volts
Low supply current (60uA)
Low self-heating, 0.08°C in stationary air
Low output impedance, 0.1W for 1mA
It has three terminals, two power and one for the output voltage

Table 4 Characteristics of sensor LM35
Source: The Author

E. ANGULAR POSITION SENSOR

The process of specifying the position is possible by the use of an angular position transducer of absolute type, and linear variation with analog type, to cause show A / D conversion of such signals that denote angular positions by varying electrical resistance.

The measurement of angular position using elements linearly variants is one of the situations developed and currently used to determine the state of rotation of elements required to perform this type of work. To this effect is recure the use of common measurement element as the so-called potentiometer which varies its resistance according to the movement which is exerted on the screw when it is a device housing and assembly for fastening a screw.



Figure 4 Precision Potentiometer
Source: The Author

Once connected to a basic grid, it is able to deliver on one of its pin proportional to the resistance generated by rotating the handle of the same voltage, the signal simply set via a simple software to meet the equality angular position according to the resistance change.

MEASURING ELEMENT	
Resistance	502 – 5000 ohm
Track Size	36,5 mm
Output shaft	6 mm
Independent Linearity	Mas menos 0,1 %
Output signal	Divisor de voltaje
Repeatability	0,007 %
Temperature Coefficient	9ppm/°C
Operating temperature	-40 °C + 100 °C
Operating Speed	10000 rpm
Life (movements)	100x106

Table 5 Characteristics of the device for measuring angular position.

Source: The Author.

F. SPEED SENSOR ANGLE

Sequential conversion processes signals for the angular velocity of an object is possible using the principle of analog measurement of the current produced by a coil and which is proportional to the speed of movement. To comply with the above described proceeds to size and select the device that meets these requirements and is coupled to the system that is detailed and has the specific characteristics of the following table.

XI. ANALOG DIGITAL CONVERSION

A converter analog signals to digital means a device capable of displaying at its output a digital signal from an analog input signal. The conversion process must necessarily address three major parts: sampling the analog signal, quantization and coding the samples thereof.

A. Sampling

Sampling is the process of measuring the instantaneous value of the analog signal to be digitized, setting the measurement frequency, which is established according to the Nyquist theorem. This sets the minimum frequency for sampling a signal (f_s) must be at least twice the value of the maximum frequency of the analog input signal (f_a). If f_a is greater than $2f_s$ exist in the regenerated signal distortion. Then we have:

$$f_s \geq 2f_a$$

Where: f_s = minimum Nyquist sampling frequency (Hertz).
 f_a = maximum frequency to be sampled (Hertz).

Usually as part of the sampling process is the retention stage. This stage is used to retain the value of the time required sample to be quantized. In figure (5) a sinusoidal signal to which is assigned a sample and hold method is identified.

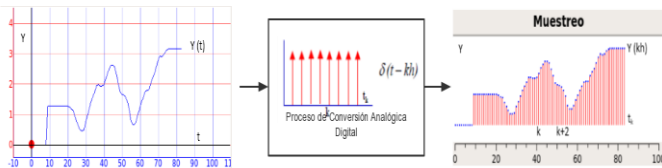


Figure 5 Formation of the sampled signal from the sensor signal.

Source: The Author.

From the mathematical point of view, sampling an analog signal is obtained by multiplying the analog signal by the Dirac delta function. The Dirac delta function is given by:

$$\delta(t - kh) \dots (1)$$

Equation 1 Dirac delta function.

Where:

Just values at instants t equals kh , where k is an integer 0, 1, 2, etc., which represents the sampling instant. Data for other values that the function is zero, the resulting signal values present only in the sampling instants.

In a sampling instant anyone, that, time, t_k is:

$$tk = k * h \dots (2)$$

Equation 2 First sampling instant.

The value of variable will be: y_k
 In the next instant the values are:

$$tk + 1 = (k + 1) * h \quad y \quad y_{k + 1} \dots (3)$$

Equation 3 sampling instants $k + 1$.

Outside the times of sampling, the value of the output signal of the sampler is 0 at time k and the value is:

$$y(kh) = y(tk) * \delta(t - kh) \dots (4)$$

Equation 4 sampler output function.

Where:

$y(kh)$ → Sampled signal. Values seller $k = 0, 1, 2$, etc.
 $y(tk)$ → Value of the DC signal at the sampling instant k , that is, when time has passed equal to equation (2) ($tk = k * h$).

The sampler output stream can be expressed by the following equation in the time domain.

$$y(t_0) * \delta(t) + y(t_1) * \delta(t - h) + y(t_2) * \delta(t - 2h) + y(t_k) * \delta(t - kh) + \dots$$

$$= \sum_{k=0}^{\infty} y(t_k) * \delta(t - kh) \dots (5)$$

Equation 5 Sum sampler output stream.

B. Quantification

Quantification is a process that is determined by the limitation or conversion of continuous range of values which the samples fail to have an established and limited number of discrete values. The number of tolerated values depends concisely the number of outputs or of bits with which the samples are to symbolize.

Then set the number of permissible values is given by:

$$N = 2^n$$

Where:

N = number of allowed discrete values
 n = number of outputs or bits to represent samples

The quantized signal values obtained only in the permitted levels, this causes an error known as quantization noise and may reduce it by increasing the number of supported levels for the digital signal.

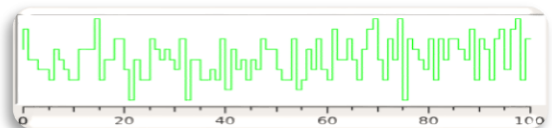


Figure 6 Quantification of a sampled signal

Source: The Author.

It can be done mathematically or by retaining devices or maintainers. The simplest maintainer is a zero-order hold, which is to maintain the value of the variable until the next value.

Signal before the zero-order hold:

$$y(0h) * \delta(t) + y(1h) * \delta(t - h) + y(2h) * \delta(t - 2h) + \dots + y(kh) * \delta(t - kh) + \dots \dots (6)$$

Equation 6 Signal before the zero-order hold.

Signal maintainer after:

$$\begin{aligned} \text{Para } 0 \leq t < h &\rightarrow y(t) = y(0 * h) \\ \text{Para } h \leq t < 2h &\rightarrow y(t) = y(1 * h) \\ \text{Para } 2h \leq t < 3h &\rightarrow y(t) = y(2 * h) \\ \text{Para } kh \leq t < (k + 1)h &\rightarrow y(t) = y(k * h) \end{aligned}$$

Equation 7 signals after the zero-order hold.

C. Coding

Coding represents the assignment of a binary number or code to each and every one of the quantized samples. In Figure (7) shows code allocation to each of the quantization levels utilizing 12 bits.

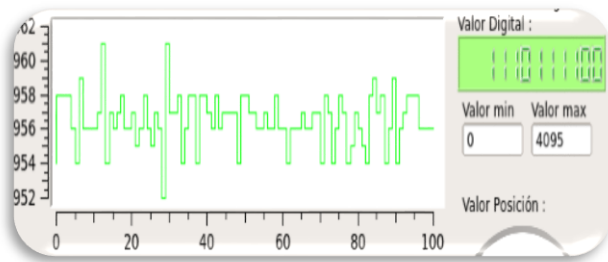


Figure 7 Encoding a quantized signal.
Source: The Author

XII. DIGITAL ANALOG CONVERSION

The digital to analog conversion is opposed to the digital analog conversion. In digital analogue conversion, we began with a DC voltage at the converter input. The digital analog converter assigned a value to pass closest to the actual voltage and sent a binary number indicating the measured step.

The digital to analog conversion starts at the entrance with a number in binary form and output voltage variation is obtained. The output signal is not an effective analog value which varies over time consecutively, but it is a discrete voltage that varies in steps. The number of voltage levels of an analog digital converter gets cause is explicit by the number of binary bits that manages to manipulate, this indicates the resolution.

Assemble an analog digital converter using electrical resistors, this circuit is called R2R (resistive ladder network), the same as adding or removing resistance to alter the resolution. With a R2R ladder, if you start a 4-bit converter and is required to increase the resolution by 1-bit, simply add

two resistors to it. The binary number input is performed in parallel as 4-bits for the GPIO PG1, PG3, PG5, PG7 of Cubietruck. While assigned a value to the four aforementioned GPIO pins, the output of the analog digital converter (DAC output) will possess a discrete voltage value.

Wave PWM (Pulse Width Modulation in English or pulse width modulation in Spanish) is conceived by changing the width of the high level with respect to the duration: HIGH level width is called "duty cycle". The pulse width modulation is a modulation technique for generating variable width pulses to represent the amplitude of an analog signal or an input waveform. A PWM pulse is a pulse (or wave) squared, that is, the wave level is high or low. This pulse is repeated over time continuously.

SPI stands for "Serial Peripheral Interface", is a four bus lines, on which information packets are transmitted 8 bits. Each of these four lines carrying information between devices connected to the bus, be this in a simple communication of a master and a slave, like that of a master and several slaves. Each device connected to the bus can act as transmitter and receiver at the same time, so this type of serial communication is also called full duplex. Among the applications where you can find more suitable for "data streams", ie ADC, full duplex capability, ie, communication between a codec and digital signal processor.

XIII. MOST SIGNIFICANT TO USE PROGRAMS

A. PYTHON

Python is a programming language we use: it is a high-level language, powerful, interpreted, and multiplatform. This language can be used independently, without a graphical user interface if desired. But that's not our objective in this project.

B. QT

Which it is a C++ library. It is multiplatform. There are other possible Qt's graphics libraries but which seems to have the best portability, since the KDE desktop environment based on Qt.

C. QT DESIGNER

Qt Designer is the design software GUI language supplied with Qt: This software allows you to create easily and quickly GUIs. This software generates a file that describes the interface type in XML format *.ui. This file can be used with both the Qt C++ program or a program with PyQt.

D. PYQT

PyQt is a Python binding for the Qt library: you will find some syntax about adaptations of all kinds of library Qt in Python. So to defend maximum simplicity, we chose to PyQt.

XIV. IMPLEMENTATION OF TRAINING MODULE

To make the graphical user interface for analysis of each of the variables, we proceed to open Qt-designer and create a form that is, a Witget; in general the main fields ranging graphical interfaces will have these: The informative data of the project; one PlotWidget to plot the values obtained from the analogue inputs A [2, 3, 4, 5]; one qwtplot to represent the three steps to the digital analog conversion; several QLCDNumber to display the values of the different processes of the signal; one qwtWidget to graph the values of quantities.

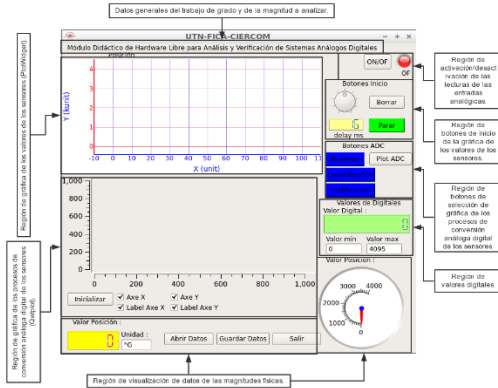


Figure 8 Graphical user interface of the physical quantities (position).
Source: The Author.

The training module contains a metal square tube infrastructure, with dimensions:

Height: front 12 cm, back 27cm
Width 62 cm
Long 32 cm

Table 6 Table dimensions of the training module.
Source: The Author

Also contains an ALUCOBOND faceplate, where the different stages are housed.

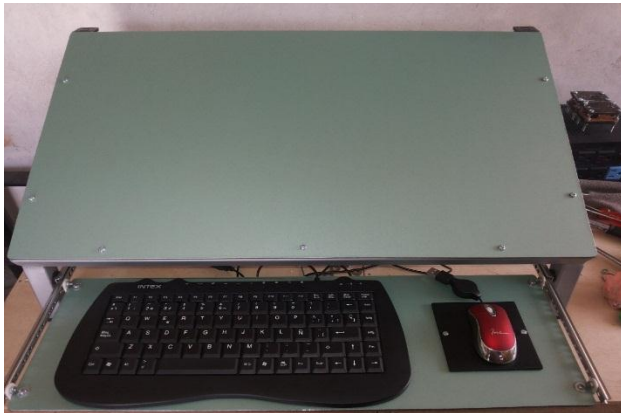


Figure 9 Structure of the training module
Source: The Author

Positioning free hardware modules, these devices are integrated into the module through the use of bolts inserted and fastened anchoring using these contain the holes for this purpose. To facilitate handling of digital and analog outputs are available a set of terminal blocks per a required signal processing are used.

Positioning of the sensors in the module, each of the implemented sensors has four holes into which the bolts holding entering each block faceplate module. Power signals and magnitude that each sensor needs are taken block terminal block assembly intended for each free hardware module.

Devices and materials, to ensure full functionality of the module is presented using a variety of devices, elements and materials grouped so as to facilitate the development of all practices with their respective features and functions is necessary and in summary all as described above with regard to the equipment used following table details.

Screen	Samsung SyncMaster 632NW
Power supply	RexPower ATX PM-350
Keyboard	Intex
Mouse	Genius
KVMSwitch	KVM41UA – 4 Port
Free hardware module 1	Pcduino 3
Free hardware module 2	Cubietruck
DC power supply Pcduino	EasyAcc 11UNMIC5P-2S5FTUS–(5V-2000mA)
DC power supply Cubietruck	SunFounder HZPW-5V2.5A
Cables de KVM	
Converter HDMI-VGA	
Protoboard	Wishboard 1-Regleta
Sets Bornes	
Speed sensor module	
Position Sensor Module	
Temperature Sensor Module	
Distance Sensor Module	
Cable Sets	

Table 6 devices and materials training module
Source: The Author.

In the total cost of the training module an addition of all costs incurred for a referential symbolic value of the training module is performed.

	Subtotal (\$)
Devices and materials training module	674,7
Software	0
Development	1090
Total cost of the training module	1764,7

Table 7 Total cost of the training module.

Source: The Author.

With the implementation of the training module, it has benefits in several ways, listed below:

- ✓ Availability of a practical learning tool for students CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN (CIERCOM).
- ✓ Students get a better vocational training which leads to the conception of a human contingent on ability to function, designed and go according to the new technological challenges.
- ✓ Laboratory Complemented of ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN de la FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS, facilitating the implementation of practices that help students understand and visualize the processes involved in digital analog conversion processes.
- ✓ Contributes to "Secure in educational programs including educational and informational content and activities that encourage interest in science, technology and research, for the construction of a socialist society of knowledge." (National Plan for Good Living objective 4. Strengthen the capacities and potentialities of citizenship 4.4 literal part i, j.).

XV. PRACTICAL GUIDE

A manual of practice, intended as a guide for the student to do practical experiments data acquisition sensors magnitudes physical such as temperature, distance, position, angular velocity and verification of the values obtained are presented, addressing each stages of the training module has presented, reaching internships UTILIZATION demanding the system as a whole.

A. Functions of the graphical user interfaces of each of the physical quantities.

Summary of the features of the graphical user interfaces of each of the physical quantities. For more information go to Chapter 3 of the thesis.

Pressing the button START in the user interface of the physical quantity plotting data acquired by the same sensor is activated.



Figure 10 Button OFF / ON module.
Source: Author.

You can do that gratification is performed more quickly performing an adjustment section start buttons on the DialDelay.



Figure 11 Launch buttons.
Source: Author.

The section start buttons also have the Stop button that freezes the plotted data for verification of the value. The button turns red until you press again to continue with graphing data.

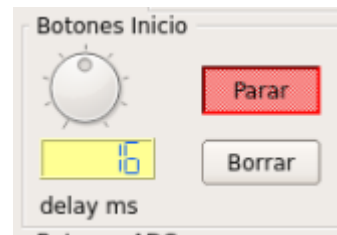


Figure 12 Button to stop graphing.
Source: Author.

The section start buttons also have a Delete button that performs the same cleanup data graphing and initializes the data.



Figure 13 Button to delete graphing.
Source: Author.

Section ADC buttons are buttons of the processes involved in the digital analog conversion. There are also three buttons that print image analog digital conversion process this asset, later annexing the practice report. Sampling button performs the first process of the ADC, the button performs the second quantization process of the ADC. The third button performs encoding process ADC in the graph shows the procedure.

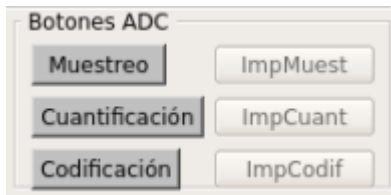


Figure 14 ADC Section buttons.
Source: Author.

You can also see the values in the process of encoding digital values section.

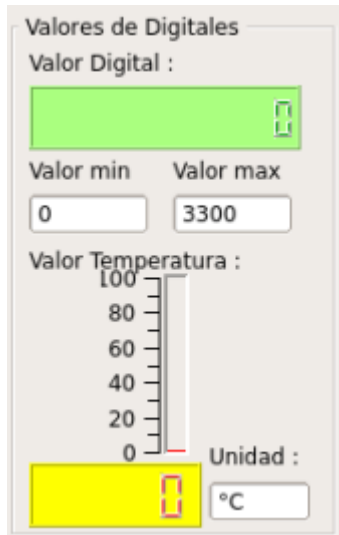


Figure 15 Section digital values.
Source: Author.

Section of signals are graphically represented and the values obtained processes the digital analog conversion.

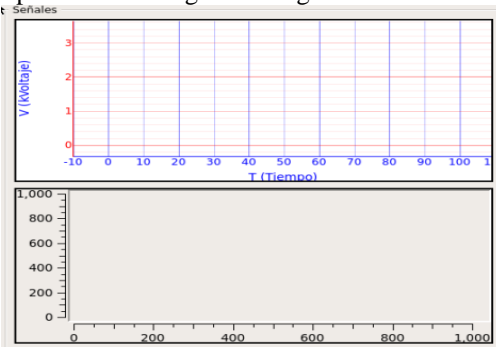


Figure 16 Section signals.
Source: Author.

Zoom section handles signals returning to the representation of the assigned signal level, also can hide the axis names thereof.

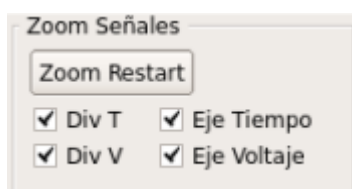


Figure 17 Section zoom signals
Source: Author.

In the options section you have several buttons each of which contains a function assigned as follows:

- ✓ Open practice: Pressing this button will be redirected to the graphical interface of the physical quantity corresponding to each practice.
- ✓ Prerequisites: Pressing this button will be redirected to the PDF file prerequisites of each practice.
- ✓ Save data: Save the data of the physical quantity that is taking a census, in a text file.
- ✓ Open Data: with this option you can display the data stored in different physical quantities.



Figure 18 Section options.
Source: Author.

B. Outlining practices

To carry out the scheme practices take into account the same name of the module components has, since the module is already wired and all components are properly connected to the Pcdduino and Cubietruck respectively, to establish requirements of each of the practices should refer to the user manual, which describes each GPIO analog inputs and outputs, their role as regards that element is commanded to each of these. For example if the practice demands utilization temperature sensor, enough with the PLS output GPIO 0 Pcdduino to enable or disable the module temperature sensor, and so for all the elements involved in the module.



Figure 19 General distribution of the elements of the training module.
Source: Author.

Students will learn to use the module temperature and specific application of physical quantity acquisition temperature, through a direct drive through one GPIO 0 which enables or disables the module logical value. Besides the student to complete this practice be able to describe the sampling process that demands the digital analog conversion.

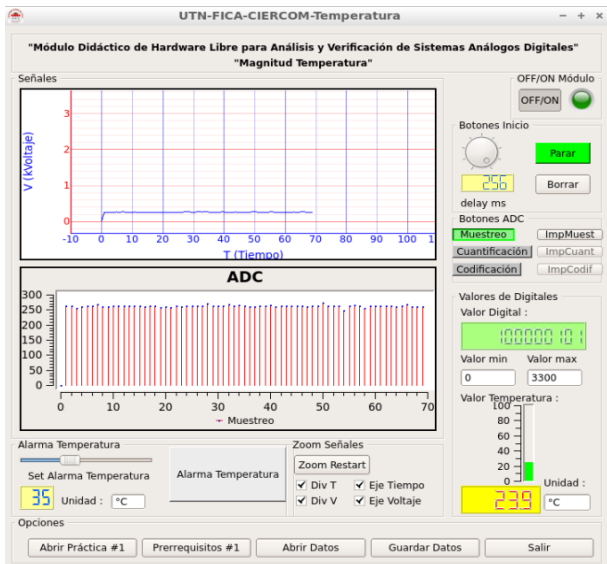


Figure 20 GUI module temperature, running.
Source: The Author.

Students will learn to use the module as a specific application distance acquisition physical quantity distance, through a direct drive through one GPIO 3, the active logic value or disables the module. Besides the student to complete this practice be able to describe the quantification process that demands the digital analog conversion.

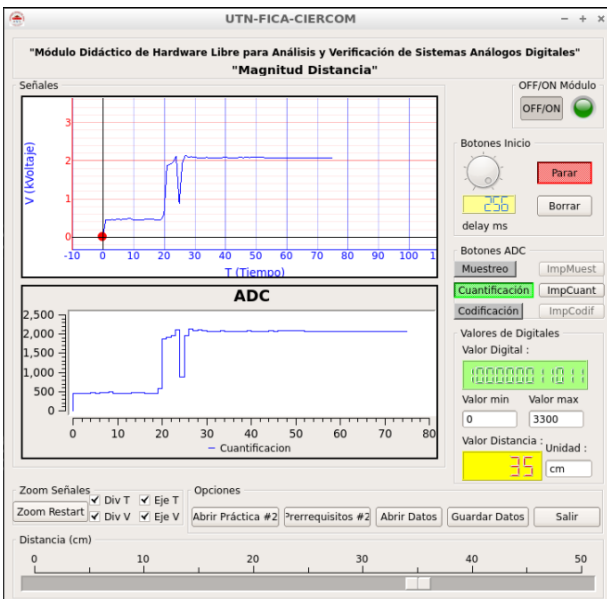


Figure 21 Graphical User Interface of distance running.
Source: The Author.

Students will learn to use the module position as application specific physical quantity acquisition position, through a direct drive through one GPIO 2 which enables or disables the module logical value. Besides the student to complete this practice be able to describe the encoding process that demands the digital analog conversion.

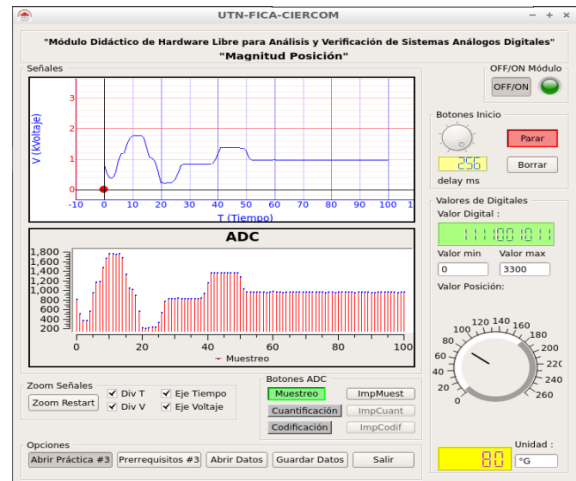


Figure 22 GUI running position.
Source: The Author.

Students learn how to use the module as a specific application speed acquisition speed physical quantity through a direct drive through one GPIO-4 which activates or deactivates the module logical value. Besides the student to complete this practice be able to describe the process of sampling, quantification and encoding the digital analog conversion demand.

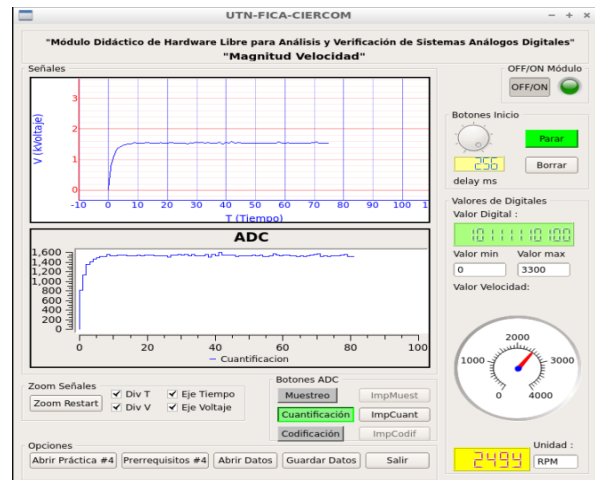


Figure 23 GUI running speed.
Source: The Author.

Students will learn to use the R2R, PWM and LED array modules specific applications as digital-to-analog conversion, through a direct drive of the GPIO- (PG1-7) of cubietruck which activates or deactivates the logical value bits R2R . Besides the student to complete this practice be able to describe the process of digital analog conversion, and interact with applications such as DAC and PWM LED array.

A photograph of the right side of the training module is presented, you can highlight that is the VGA output intended for connecting the projector.



Figure 24 Right side of the training module.
Source: Author.

A photograph of the left part of the training module is presented, you can see the cover plate.



Figure 25 Left part of the training module.
Source: Author.

XVI. CONCLUSIONS

In implementing the training module free hardware for analysis and verification of digital analog systems, the performance of a digital analog conversion process to scale points out, in this matter is the sampling, quantification, encode and verify these processes by use of graphic user interfaces easy to understand, for optimum understanding of students.

Once founded the principles and theoretical foundations necessary guidelines are established to guarantee a recommended sizing of the elements of the training module free hardware for analysis and verification of digital modeling systems and using these principles is concluded that the operation of this teaching tool plays with satisfaction the requirements for the digital analog conversion processes.

As a result of the construction of the infrastructure has built so all elements can be concluded that the distribution and operation of the elements are closely related and should not be interfering directly not to cause variations in measurements of signals or cause a malfunction free of hardware modules (pduino3 and cubietruck).

REFERENCES

- [11] Lago, A. (2012). Dispositivos y circuitos electrónicos analógicos. Aplicación práctica en el laboratorio. Madrid: Andavira Editora.
- [12] Couch, W. L. (2008). Sistemas de comunicación digitales y analógicos. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- [13] Garza, J. Á. (2006). Sistemas Digitales y Electrónica Digital, prácticas de laboratorio. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- [14] Neamen, D. A. (2010). Microelectronics: Circuit Analysis and Design . New York: McGraw-Hill.
- [15] Maloney, T. J. (2006). Electrónica industrial moderna. 5a. edición. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- [16] Robert Boylestad, L. N. (2009). Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos. México: Pearson Educación
- [17] Tocci, R. J., & Welmer, N. S. (2003). Sistemas Digitales: Principios y Aplicaciones. México: Pearson Educación .
- [18] Guzdial, M., & Barbara, E. (2013). Introducción a la computación y Programación con Python. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- [19] Pérez, E. M., Acevedo, J. M., & Silva, C. F. (2009). Autómatas programables y sistemas de automatización. Marcombo.
- [20] Hayt, W., Kemmerly, J., & Durbin, S. (2012). Análisis de Circuitos en Ingeniería . México: McGraw Hill.



Ruiz N. Vicente

Born in the Cotacachi-Imbabura Ecuador on September 14, 1990, he earned his bachelor's degree in "Electronics" at the Technological Institute "Otavalo". Join the Technical University of North to the Engineering in Electronics and Communication Networks currently graduate career.