



SISTEMA EMBEBIDO DIDÁCTICO DE MONITOREO INALÁMBRICO DE VARIABLES FÍSICAS PARA LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL, AGRÍCOLA Y DE ENERGÍAS ALTERNAS

†, LOPEZ MARTINEZ ROLANDO†, ALEJANDRO VILLAREAL ORTIZ

alejandro.villareal@utna.edu.m / rolando.lopez@utna.edu.mx

(Indicar fecha de envío: Julio, 31, 2017); Aceptado (Fecha de aceptación: uso exclusivo de ECORFAN)

Resumen

El presente documento reporta el trabajo de la línea de investigación aplicada y desarrollo tecnológico (LIADT) del cuerpo académico de mecatrónica para el desarrollo del diseño de un sistema embebido didáctico para el monitoreo inalámbrico de variables físicas para los procesos de producción industrial, agrícola y de energías alternas. El objetivo principal de este proyecto contempla que el estudiante de la (UTNA), durante su proceso académico estudiantil, como técnico superior universitario en Mecatrónica o carrera a fin, sea capaz de implementar sus conocimientos (teóricos en electrónica digital, electrónica analógica, programación, matemáticas y física) para resolver problemas e implementar proyectos relacionados con la automatización y monitoreo de variables de los procesos de producción industrial, agrícola y de energías alternas. Además de perfeccionar la habilidad de seleccionar sensores de temperatura humedad, presión y pH, así como tarjetas electrónicas de comunicación inalámbrica que requieran para resolver y/o mejorar los procesos.

Abstract

The present paper reports the work of the applied research and technological development line (LIADT) of the academic body of mechatronics for the development of the design of a didactic embedded system for the wireless monitoring of physical variables for industrial, agricultural and Alternating energies. The main objective of this project is that the student of the UTNA, during his student academic process, as a university technician in Mechatronics or a career to finish, could be able to implement his knowledge (theoretical in digital electronics, analog electronics, programming, Mathematics and physics) to solve problems and implement projects related to the automation and monitoring of variables of industrial, agricultural and alternative energy production processes. In addition to perfecting the ability to select humidity, pressure and pH temperature sensors, as well as electronic wireless communication cards that require to solve and / or improve processes.

Cita: Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor. Título del Paper. Título de la Revista. 2015, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

Introducción

El proyecto que se explica a continuación se refiere al diseño de un sistema embebido didáctico, donde los estudiantes elaboren proyectos, el diseño cuenta con un cerebro que se encarga de la toma de decisiones de las señales que generan puertos de entrada, salida (sensores y actuadores), una interfaz de comunicación serial RS232 que permite la interconexión con dispositivos externos, comunicación inalámbrica o de monitoreo como lo pueden ser computadoras, sistemas embebidos con función diferente, puerto para pantalla de cristal líquido en la cual se pueden visualizar las funciones programadas de los proyectos de los estudiantes o monitoreo de los valores de los sensores que se encuentran en una máquina.

Es importante señalar las características con las que cuenta el sistema embebido, así como los lenguajes y compiladores de programación en los que se realizan los programas de control y automatización, mismos que se describen a continuación:

Cuenta con una base que soporta Microcontroladores Microchip de la familia 16, 18 de 40 terminales PIC16F877, PIC18F452 y PIC18F458 que hacen la función de cerebro controlador, una interfaz RS232, 2 interruptores normalmente abiertos, 10 LED's indicadores, 32 terminales de entrada o salida y un interruptor general que alimenta la tarjeta electrónica.

Módulo Xbee Pro s1 60mW serie 1 (802.15.4). con rango de 1500m.

Para contar con una conexión USB se utiliza Microcontroladores Microchip de la familia 18 de 40 terminales en su versión extendida PIC18F4550, la cual permite programación directa sin programador, haciendo uso de un programa residente que es llamado Bootloader.

Ya que la tarjeta electrónica entrenadora soporta microcontroladores de la familia de Microchips los compiladores disponibles son:

Ensamblador para PIC's, C para PIC's, CCS, Microbasic, MikroPascal, MikroC, MikroBasic y Arduino.

En consecuencia se obtiene un dispositivo electrónico flexible que se ajusta a las necesidades de los estudiantes y pequeños empresarios para dar vida a sus proyectos estudiantiles, empresariales y de automatización.

ANTECEDENTES

En los últimos 10 años el mundo de los sistemas electrónicos digitales ha cambiado drásticamente, ante la necesidad de otorgar más funciones para pequeñas aplicaciones y que sean de menor tamaño, estos dispositivos a pesar de no ser muy reconocidos se encuentran en muchas partes, en realidad, es difícil encontrar algún dispositivo cuyo funcionamiento no esté basado en algún sistema embebido, ya que las características de los sistemas embebidos son interactuar con su entorno censando y controlando, directamente señales, comunicarlás con otros dispositivos y realizar Interacción con restricciones de tiempo real con bajo consumo de energía.

En buena parte de las aplicaciones reales como cerebro de un sistema embebido se recurre a un microcontrolador, no obstante los datos también pueden ser procesados mediante un DSP, una

FPGA, un microprocesador o un ASIC. El diseño de un sistema embebido usualmente se orienta a reducir su tamaño, su consumo y su costo, aumentar su confiabilidad, mejorar su desempeño, asegurar su determinismo y su tiempo de respuesta, así como de atender la mayor cantidad de tareas posibles.

DEARROOLLO DEL PROYECTO

El proyecto se divide en 3 etapas:

1. Diseñar la placa del circuito impreso con el menor tamaño, organizado de la mejor manera los conectores del Microcontrolador
2. Elaborar un diseño óptimo, eficiente en el tamaño, integrando la interfaz de comunicación serial RS232, USB y la pantalla de cristal líquido.
3. Siguiendo el criterio de eficiencia y tamaño, colocar interruptores y un Display de barra.

El termino Microcontrolador se usa para describir un sistema que está hecho, con componentes que tienen como mínimo un Microprocesador, memoria de programa y dispositivos de entrada y salida. Algunos dispositivos incluyen componentes tales como temporizadores, contadores convertidores analógico - digital. Así, un sistema de Microcomputadora puede ser cualquiera, desde una gran computadora con disco duro, disco flexible, e impresoras, hasta un simple chip controlador embebido (dentro del circuito).

Los Microcontroladores PIC (Controlador de Interfaz Periférico) son una familia de Microcontroladores de tipo RISC (Computadora con un reducido conjunto de instrucciones), fabricados por Microchip Technology Inc (Bates).

Las características del Microcontrolador PIC18f452 se muestran en la tabla 1 y la distribución de las terminales en la imagen 1 (Microchip).

| | |
|-------------------------|---------------|
| Frecuencia de operación | 4 a 40 Mhz |
| Memoria de datos | 32K bytes |
| Memoria de datos EEPROM | 1.5K bytes |
| Fuentes de Interrupción | 18 |
| Puertos de I/O | 5 |
| Timers | 4 |
| Modulos PWM | 2 |
| Comunicación serial | MSSP, USART |
| Comunicación Paralelo | 1 PSP |
| Modulo ADC | 8 canales |
| Set de instrucciones | 75 |
| Encapsulado | 40 terminales |

Tabla 1

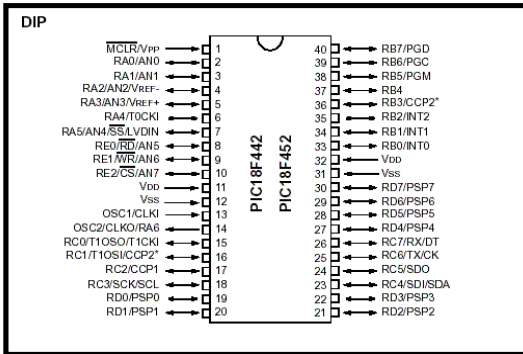


Imagen 1

Diseño de la tarjeta electrónica colocando en primera instancia el Microcontrolador PIC18f452 y sus circuitos de comunicación RS232. imagen 2.

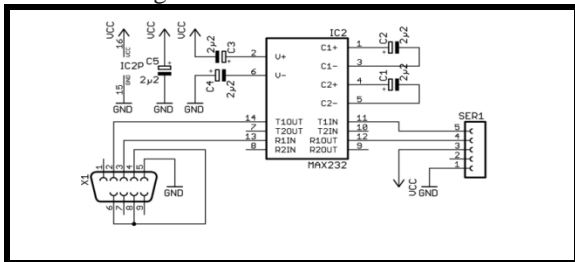


Imagen 2

Diseño del circuito impreso de las conexiones del módulo Xbee Pro S1 que se encarga de transmitir los datos vía inalámbrica por protocolo de comunicación RS232 ente una computadora personal y el sistema embebido imagen 3.

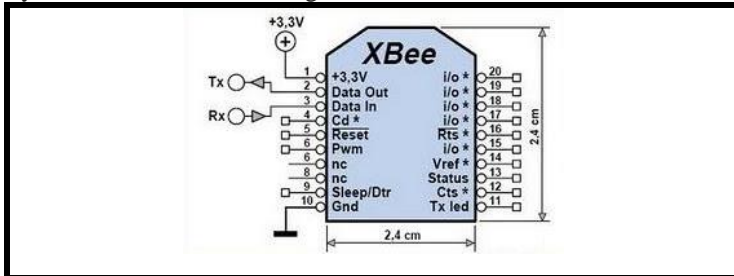


Imagen 3.

Diseño del circuito impreso, conexiones del lugar donde se coloca la pantalla de cristal líquido Tabla 2.

En el caso de la LCD se encuentra conectada al puerto D del Microcontrolador

| | | | | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| PIC18F452 | RD7 | RD6 | RD5 | RD4 | RD3 | RD2 | RD1 | RD0 |
| LCD 16x2 | D7* | D6* | D5* | D4* | | RW | RS | E |

Tabla 2

NOTA: * hace alusión al pin de la LCD y significa Dato 4, 5, 6, 7 y en el caso de microcontrolador significa puerto D nombre del pin RDx.

Por lo que se utiliza software de aplicación electrónica para la elaboración de tarjeta y se especifican las características de las terminales de la tarjeta entrenadora imagen 4.

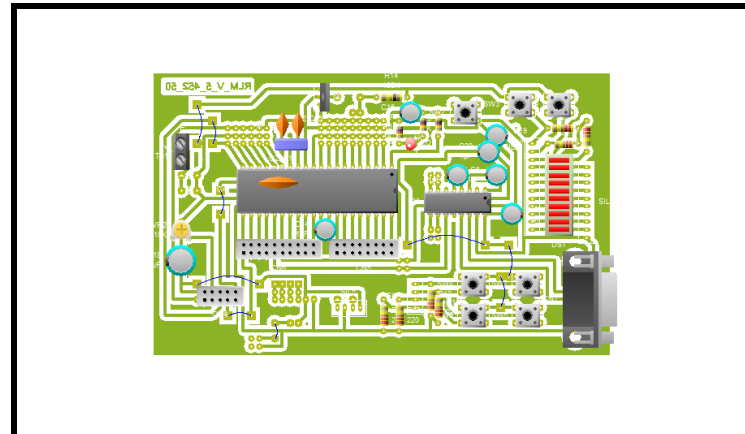


Imagen 4

En la imagen 5 se muestra el negativo del PCB del sistema embebido.

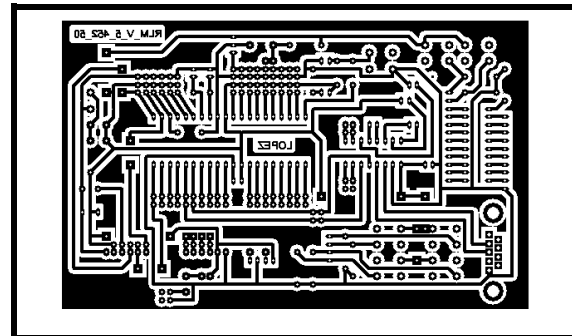


Imagen 5 tarjeta entrenadora v5 (sistema embebido)

Materiales y métodos

Elaboración de la tarjeta electrónica entrenadora para el sistema embebido.

Paso 1. Realización de pruebas de funcionalidad en tablilla de conexión.

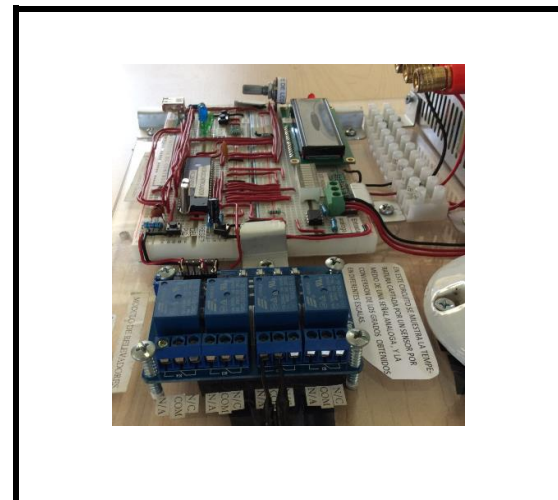


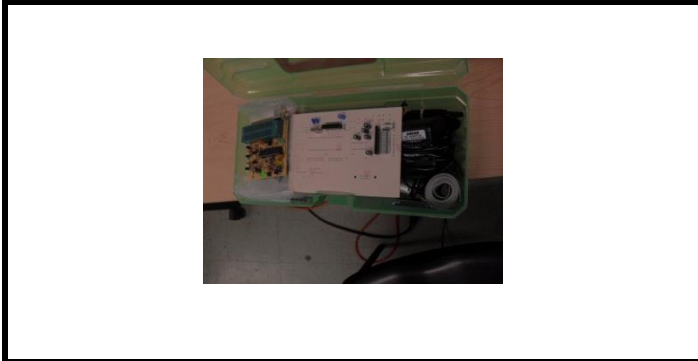
Imagen 6

Paso 2. Se efectúa el procedimiento de elaboración de PCB's,

generando las venas del circuito en software de aplicación electrónica, se manda a serigrafía el PCB en la placa fenólica y una vez que ya se efectuó lo anterior se procede a sumergir en ácido la placa fenólica, la que eliminara el cobre expuesto y no tocara el cobre que fue pintado en el proceso de serigrafía.

Paso 3. Una vez terminado el proceso de eliminación de cobre se procede a realizar las perforaciones necesarias para colocar los componentes necesarios.

Paso 4. Se procede a colocar y soldar los componentes.



Materiales tabla 3

| Cantidad | Descripción |
|----------|--|
| 1 | Base para circuito integrado de 40 pines (removible) |
| 2 | Tiras de pines (hembra) sencilla |
| 1 | Tira de pines (macho) sencilla |
| 1 | LCD 16x2 |
| 3 | Interruptores (SW) p-p |
| 1 | Barra de leds |
| 1 | Pre-set de 10k Ohms |
| 1 | Rs232 |
| 2 | Capacitores de 0.1 microfaradio (cerámico) |
| 2 | Capacitores de 22 picofaradios |
| 1 | Circuito de 9 resistencias de 330 Ohms |
| 1 | Base de 16 pines |
| 5 | Capacitores de 1 microfaradio (electrolítico) |
| 1 | Cristal de 8 Mhz |
| 1 | PIC 18F452 |
| 1 | Interruptor |

| | |
|---|---------------------------------|
| 1 | Terminal con tornillo doble |
| 1 | Resistencia de 4700 Ohms |
| 1 | Resistencia de 220 Ohms |
| 1 | Resistencia de 100 Ohms |
| 1 | Capacitor de 47 microfaradios |
| 1 | Placa 15x10 cm |
| 2 | Módulos Xbee pro S1 |
| 1 | Fuente de alimentación |
| 1 | Sensor de temperatura y humedad |

5. Se efectua una prueba con la tarjeta entrenadora para verificar el funcionamiento.

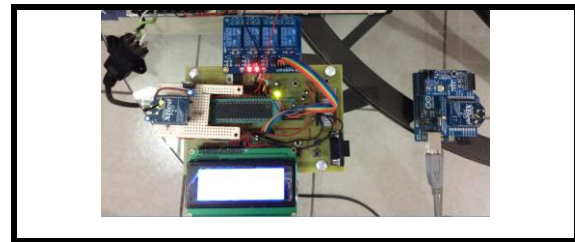


Imagen 7

RESULTADOS

Elaboración de prácticas de laboratorio y proyectos para alumnos de la Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes, presentación de proyectos en Texas Instruments de México.

PRACTICA 1

1. Circuito y algoritmo, proyecto de transmisión de variables físicas de biodigestor.

En la tabla 3 se muestra el material necesario para realizar la práctica y en la figura 1 se muestran los nombres y las funciones que tiene cada uno de los pines del Microcontrolador PIC18F452 el cual envía el estado de las variables físicas del biodigestor, vía inalámbrica.

La imagen 8 muestra el circuito de comunicación serial, para enviar el estado de las variables de temperatura y humedad relativa por comunicación serial.

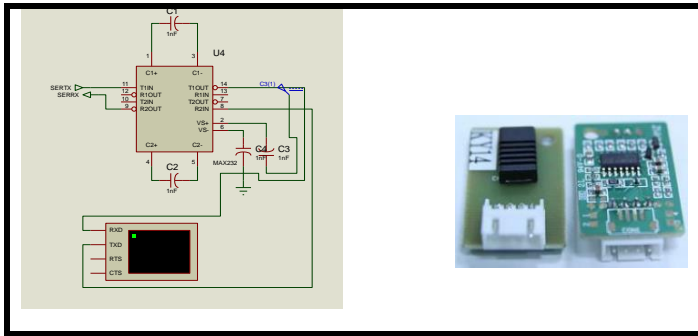


Imagen 8

Ciclo maquina es la frecuencia real de ejecución de línea de programa del Microcontrolador, la cual puede variar con respecto a la instrucción que se ejecuta.

Calculo del ciclo maquina el cual se obtiene aplicando la fórmula 1 y al obtener el ciclo maquina podemos obtener el tiempo que tarda un instrucción en ejecutarse, aplicando la fórmula de obtención del periodo.

| | |
|--|--|
| <p>Datos F=20000000H</p> <p>Formula</p> $C_m = F_{osc} / 4$ <p>Sustitución</p> $C_m = \frac{20000000H}{4} = 0000000H$ <p>Periodo</p> $T = \frac{1}{C_m} = \frac{1}{5000000} = 0.2\mu s$ | <p>Formula 1</p> <p>Desarrollo</p> |
|--|--|

Imagen 9

Por lo tanto el tiempo que tarda el ejecutar una instrucción es de 0.2 micro segundos dependiendo de la instrucción.

En la figura 3 se muestra el circuito en software de aplicación electrónica (PROTEUS).

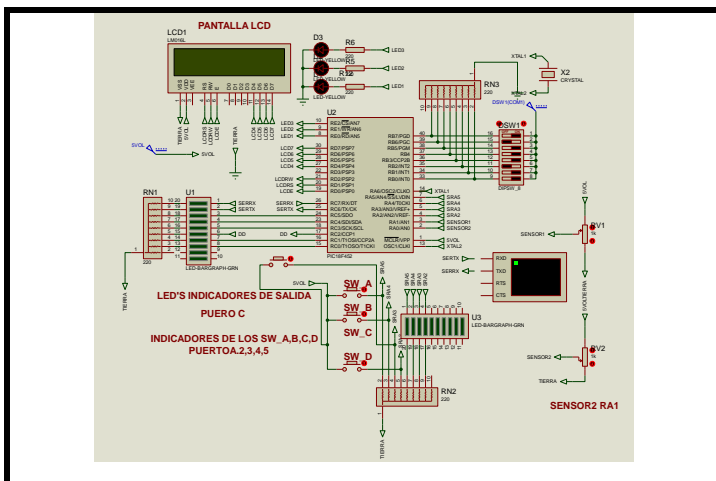


Imagen 10

Algoritmos para obtener temperatura y humedad del sensor HMZ433A1

La humedad relativa es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Esta es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental. Se expresa en tanto por ciento. %

$$RH = \frac{P(H_2O)}{P^*(H_2O)} \times 100\%$$

Imagen 11

La curva característica de un termistor individual puede ser aproximada a través del uso de la ecuación de Steinhart-Hart:

$$1/T = A + B(\ln R) + C(\ln R)^3$$

Imagen 12

Donde:

T = Temperatura en °Kelvin

R = Resistencia del Termistor en Kohm

A, B, C = Constante de la curva de aproximación.

Las constantes A, B, y C pueden ser calculadas seleccionando tres puntos de la tabla o curva que acompaña el termistor y resolviendo un sistema de ecuaciones simultáneas de tres incógnitas.

Cálculo de las constantes de la ecuación de Steinhart-Hart se muestra a continuación en la tabla con sus respectivas características:

| TEMPERATURA (°C) | 0 | 10 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|------------------|--------|--------|--------|----|--------|--------|--------|--------|
| RESISTENCIA (KΩ) | 160.56 | 98.714 | 62.328 | 50 | 40.356 | 26.756 | 18.138 | 12.554 |

Para el cálculo de las constantes se resuelve el sistema de ecuaciones simultáneas de tres incógnitas para los puntos 0°C, 25°C y 50°C. Recuerde que °Kelvin = °C + 273.15.

$$1 + \ln 160.56 + (\ln 160.56)^3 = 1/(0 + 273)$$

$$1 + \ln 50 + (\ln 50)^3 = 1/(25 + 273)$$

$$1 + \ln 18.138 + (\ln 18.138)^3 = 1/(50 + 273)$$

Este sistema de ecuaciones se puede resolver en MATLAB o en una calculadora gráfica, los cuales entregaron el siguiente resultado:

A= 0.00237531 B= 0.00024632 C= 0.00000028

Entonces, la ecuación de Steinhart-Hart para este termistor es:

$$T^{\circ}C = \left(\frac{1}{(0.00237531 + 0.00024632 \ln(R) + 0.00000028 \ln(R)^3)} \right) - 273$$

En la figura 6 se muestra la conexión en el sistema entrenador.

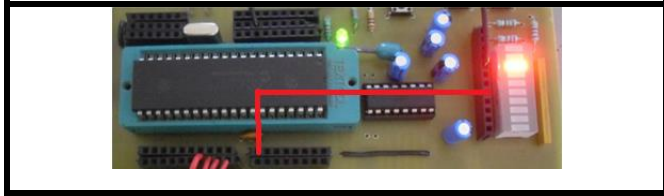


Imagen 13

2. Segmento de Programa en CCS de algoritmos para obtener la temperatura y humedad (Breijo).

```
//CONFIGURACION PARA EL SENSOR DE
//TEMPERATURA CANAL 0
    set_adc_channel(0);
    delay_us(10);
    VALOR_temperatura = 1024 - read_adc();
    RESISTENCIA = (54 * VALOR_temperatura) / (1024 -
    VALOR_temperatura);
    lnx = log(RESISTENCIA);
    expw = lnx*lnx*lnx;

    TEMPERATURA_FINAL = ((1/((0.00237531) +
(0.00024632) * (lnx) + (0.00000028) * (expw))) - (273));
    LCD_GOTOXY(1,1);
    LCD_PUTC("TEMPERATURA=");
    LCD_GOTOXY(13,1);
    Printf(LCD_PUTC,"%3.0f",TEMPERATURA_FINAL);
    LCD_GOTOXY(16,1);
    LCD_PUTC("C");
//CONFIGURACION PARA EL SENSOR DE HEMEDAD
CANAL 1
    set_adc_channel(1);
    delay_us(10);
    VALOR_humedad = ((read_adc()*5/3.3)/10.2;
    LCD_GOTOXY(1,2);
    LCD_PUTC("HUMEDAD=");
    LCD_GOTOXY(10,2);
    Printf(LCD_PUTC,"%3.1f",VALOR_humedad);
    LCD_GOTOXY(15,2);
    LCD_PUTC("%");
    Printf(LCD_PUTC,"%3.1f",VALOR_humedad);
    Printf("\f HUMEDAD %3.1f POR 100
",VALOR_humedad);
    Printf(" TEMPERATURA %3.0f GRADOS
C",TEMPERATURA_FINAL);
    ZX=19.0;
```

Presentación de proyectos Texas Instruments Aguascalientes



Imagen 14

Conclusión

Al término del diseño del Sistema Embebido se realizaron 5 tarjetas de prueba y una 3era de las 2 primeras se utiliza para prácticas de laboratorio en las asignaturas de Sistemas Digitales, y Microcontroladores donde los alumnos adquieren habilidades de construcción y programación de sistemas embebidos, la tercera es el prototipo para el desarrollo de proyectos estudiantiles proyectos relacionados con la automatización y monitoreo de variables de los procesos de producción industrial, agrícola y de energías alternas.

Referencias

- [1]Bates, Martin P., Programming 8-bit PIC microcontrollers in C: with interactive hardware simulation. Newnes. ISBN: 978-0-7506-8960-1
- [2]hoja de datos del PIC18F2455/2550/4455/4550 consultada en www.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf
- [3]Eduardo Garcia Breijo., Compilador C CCS y simulador protrus para microcontroladores PIC. Primera edición, ISBN978-970-15-1397-2