

Desarrollo de un Controlador Lógico Programable (PLC) para aplicaciones universales aplicando innovación frugal con un enfoque en PYMES y sector doméstico

Mario Trinidad Cano Padrón (noveno semestre de la licenciatura en Ingeniería Mecatrónica)¹; José Francisco Cárdenas Carballo* (noveno semestre de la licenciatura en Ingeniería Mecatrónica)²; Mario Andrés De los Santos Hernández (noveno semestre de la licenciatura en Ingeniería Mecatrónica)³; Armando Aparicio Marroquín (noveno semestre de la licenciatura en Ingeniería Industrial)⁴; María Guadalupe López Molina (Profesora)⁵

¹Universidad Iberoamericana Puebla, México, matric96@hotmail.com; ²Universidad Iberoamericana Puebla, México, kill.233@hotmail.com; ³Universidad Iberoamericana Puebla, México, madlsh3517@gmail.com; ⁴Universidad Iberoamericana Puebla, México, mitto95@hotmail.com; ⁵Universidad Iberoamericana Puebla, México, musi.lopez@iberopuebla.mx

Resumen

El sector tecnológico e industrial, con su radical crecimiento a lo largo de los años, ha migrado de etapa en etapa hasta el punto actual, donde su siguiente migración se inclina a lo que se llama industria 4.0. La alta demanda de estos dispositivos, por sus siglas en inglés, llamados PLC, son unidades de control de alto desempeño específicos al desarrollo industrial por sus altos costos y poco entorno de desarrollo libre. Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un Controlador Lógico Programable de bajo coste aplicando innovación frugal para aplicaciones universales, considerando los estándares industriales, para su uso referentes a resistencia, empotramiento e impermeabilidad. En este trabajo se espera elaborar un prototipo final del PLC, con la capacidad de ser probado en ecosistemas industriales. Sin embargo, las pruebas para este ecosistema se verán limitadas por las instalaciones disponibles en la universidad, así como la posibilidad de aplicación en algún sector externo al cual sea posible tener acceso.

Palabras Clave: PLC (Controlador Lógica Programable), Normas IP ANSI (Protección de ingreso), Automatización, Control, Programación de Escalera, Industria 4.0.

Introducción

En un mundo que hace unos años se pudo considerar como analógico se da el principio de migración a la era digital, del cual surge el desarrollo de un controlador lógico programable para aplicaciones universales, con la capacidad de substanciar tanto el área industrial como a un público no especializado.

Un sistema universal, será aquel que pueda ser enfocado en cualquier sector sin restricciones de hardware ni software, y al mismo tiempo cuente con plataformas de alto nivel donde cualquiera pueda migrar de sistema o proyecto.

El sector tecnológico e industrial con su radical crecimiento a lo largo de los años ha migrado de etapa en etapa hasta el punto actual, donde su siguiente migración se inclina a lo que se llama industria 4.0. Sin embargo, este proceso no solo es determinante para este sector, al mismo tiempo se tiene una sociedad más dependiente a estos cambios desde diversos puntos, principalmente en aquellos que conllevan principios de automatización en sectores en los cuales no se había observado antes. Esto se observa en la recién llegada “Domótica”, con la

finalidad de crear un entorno más accesible desde diversos campos para el ser humano.

La alta demanda de estos dispositivos, por sus siglas en inglés, llamados PLC, son unidades de control de alto desempeño específicos al desarrollo industrial por sus altos costos y poco entorno de desarrollo libre

Los actuales equipos de alto desempeño para sistemas de automatización industriales han enfocado solo en un mercado de alto nivel adquisitivo, sin embargo, el sector creciente es otro, aquel donde por las necesidades evolutivas de la tecnología se han visto obligados a migrar poco a poco a estos dispositivos alrededor de tecnologías de alto nivel.

Entonces se puede tener claro un planteamiento de problema a indagar y a desarrollar, a que los actuales equipos de alto desempeño para sistemas de automatización industriales se han enfocado solo en un mercado de alto nivel adquisitivo, dejando fuera a las PYMES y sector doméstico, quienes actualmente solo tienen la posibilidad de usar soluciones limitadas de tipo Arduino.

Para la solución de este problema se tuvo que llegar a determinar una estructura para un Controlador Lógico Programable que cumpla con los estándares industriales (normas IP ANSI), estas normas tienen que ver con el Grados de protección proporcionados por las cajas envolventes (códigos IP) es un sistema internacional desarrollado por la International Electrotechnical Commission (IEC) y adoptado y publicado como norma estándar nacional por NEMA (la oficina estadounidense de normalización) en 2004. La versión europea es la norma EN 60529 y en España es la norma UNE 20324 como se da a mencionar en lo establecido en [8].

Pasando posteriormente a analizar las aplicaciones básicas industriales y universales, ambas determinadas por el alcance posible en las instalaciones de la institución.

Llegando a través de este proyecto a desarrollar un Controlador Lógico Programable para aplicaciones universales aplicando innovación frugal con un enfoque en PYMES y sector doméstico. Por lo cual será menos costoso de los ya existentes en el sector industrial.

Llegando a evaluar el prototipo comparándolo con los modelos actuales disponibles en el mercado.

Metodología (Experimentación o Desarrollo de prototipo)

Para el desarrollo del proyecto se realizó una investigación previa de los temas relevantes para el sustento de los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera de cada uno de los integrantes del equipo, como por ejemplo lo que es la industria 4.0, los distintos tipos de comunicación que se utilizaron como lo son Wi-Fi, Ethernet y sigfox, Normas IP; así como el ordenador de placa reducida Raspberry pi 3 el cual contiene el sistema operativo a conveniencia como Windows o Linux. Al igual que se utilizaron principios importantes de la electrónica como lo son principios de resistencias, capacitores, diodos transistores, tiristores, divisores de voltaje, filtros, etc. De electrónica de potencia se buscó información acerca de las etapas de control y disipación de calor del circuito. Para que lo anterior cumpliera su funcionamiento se necesitó de la caracterización de un microcontrolador ATMEGA 2560 que cumple con las especificaciones necesarias para poderse programar por medio de Atmel Studio. En temas de mecánica se investigaron los requerimientos de las normas IP para el diseño de una carcasa PLC, antes mencionadas en la introducción, así eligiendo el material para la fabricación de la carcasa en este caso aluminio para así ayudar un poco en la disipación de componentes de alta potencia, al

igual que con lo recabado de datos sobre el flujo de aire en las formas.

Después de la investigación se concluyó que el Controlador Lógico Programable (PLC) se desarrollaría de forma que fuera más barato que los usados para fines industriales. Siendo capaz de interactuar con ciertas funciones básicas y planeamos construir un prototipo bastante práctico.

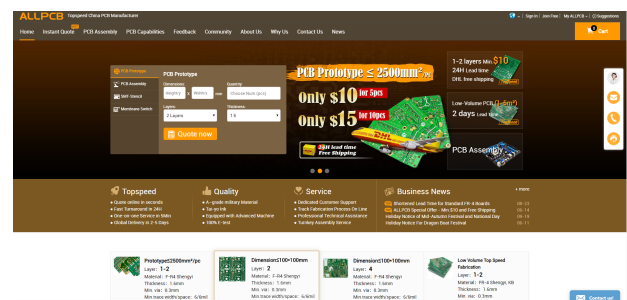
Posteriormente se empezó con el diseño de carcasa y análisis de materiales en este caso el elegido fue el aluminio, en esta etapa se busca diseñar la carcasa, tomando en cuenta las normas IP explicadas previamente en este documento, tomando en cuenta el diseño en mente se elegirá el material que cumpla con las características deseadas, realizando análisis mediante software.

Simultáneamente con el diseño de la carcasa se realizó el diseño del PCB o circuito impreso en el software Altium el cual es un software potente en lo que respecta a diseño de circuitos.

Para el diseño de la carcasa se realizó un modelado 3D de prototipo preliminar en el software de diseño SOLIDWORKS para así tener el modelado preliminar ensamblando todos los componentes.

Se realizaron pruebas por software de los diseños previamente elaborados, esto incluye resistencia de materiales, para tener un acercamiento a lo que obtendríamos de manera real, para así anticipar cualquier error.

Una vez pasadas todas las pruebas de los circuitos se mandó a fabricar el PCB en la siguiente página.



Captura de pantalla 1. Página en la que se mandó a fabricar el circuito

La fabricación de las placas por medio de esta empresa duro alrededor de 3 semanas una vez recibidas se procedió al solado de los componentes a la placa

Al igual que en las pruebas del circuito una vez terminadas las pruebas de la carcasa se llevó a cabo el

maquinado de la carcasa con material de aluminio, se compraron dos cuadrados de aluminio comprados en la sucursal del Grupo Metalero de Puebla. El maquinado se realizó en la maquina HAAS de la Universidad Iberoamericana Puebla



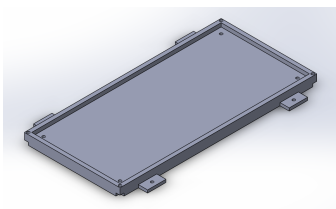
Foto 1. Maquina HAAS Universidad Iberoamericana Puebla

Una vez soldados todos los componentes se realizaron las pruebas correspondientes al PCB para aprobar su funcionamiento correcto y si no corregirlos a la brevedad. En esta etapa se realizaron pruebas de funcionamiento, dentro de esto buscamos que el dispositivo realice las tareas propuestas de manera óptima, para comprobar que el proyecto en general cumpla con los objetivos establecidos.

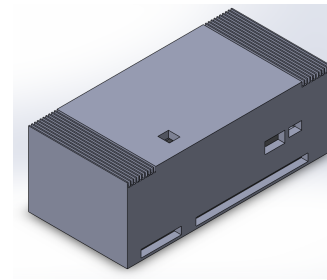
Finalmente se realizaron pruebas físicas sobre el funcionamiento del dispositivo, se harán pruebas al ensamble, buscando que cumpla con las características previamente establecidas. Una vez pasada las pruebas anteriores, en esta etapa se busca realizar pruebas del prototipo para ver de qué manera se desenvuelve en un entorno real.

Resultados y Discusión

Ya en el desarrollo del proyecto, lo primero que se realizó fue un prediseño a mano de la carcasa y posteriormente en el software de SOLIDWORKS, diseño de la carcasa dependió mucho de las dimensiones de las placas de los circuitos una vez cuadradas las dimensiones nos dio como resultado el siguiente diseño de carcasa.



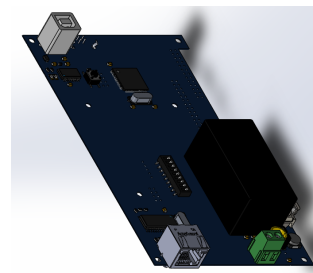
Captura de pantalla 1. Modelo 3D de la base de la carcasa.



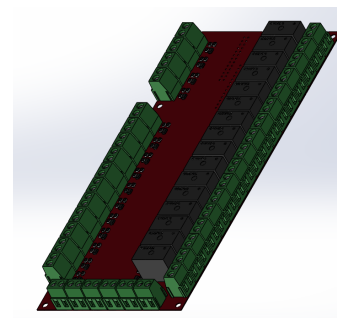
Captura de pantalla 2. Modelo 3D de la tapa de la carcasa.

En este mismo software se realizaron las simulaciones necesarias para determinar si el material (Aluminio) que se había determinado para la fabricación de la carcasa era el idóneo para las especificaciones de un PLC y para la disipación de cierta temperatura.

Simultáneamente al diseño de la carcasa se realizó el diseño del PCB el cual llevo 2 meses por complicaciones en la etapa de control, para realizar las acciones deseadas y aparte de la parte de electrónica de potencia. Quedando el circuito de la siguiente manera, en este caso el circuito se dividió en dos placas una para entradas y salidas y otra para la etapa de control y conexión con la Raspberry pi3.



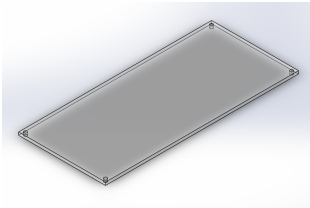
Captura de pantalla 3. Modelo 3D de la placa superior de control del circuito.



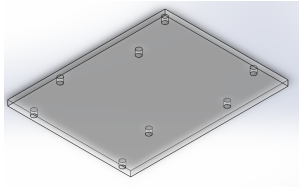
Captura de pantalla 4. Modelo 3D de la placa inferior, entradas y salidas del circuito.

El hecho que se hicieran dos placas provocó que hubiera modificaciones internas en el diseño pues para hacer un circuito de dos pisos se necesitó una base de acrílico, aparte de la base ya hecha para evitar la conducción con

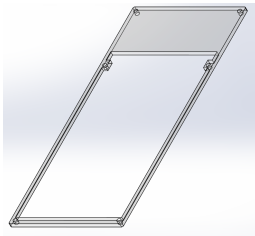
el aluminio en el circuito de abajo. También para invertir la posición de la raspberry pi3 se necesitó otra base de acrílico.



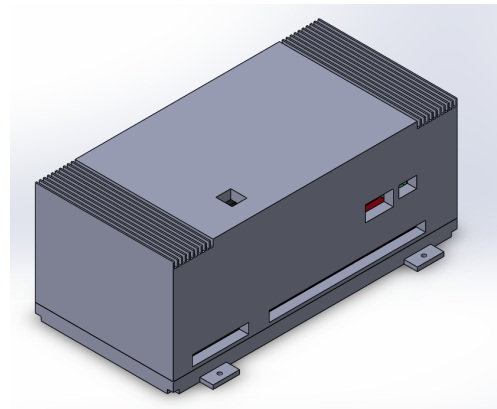
Captura de pantalla 5. Modelo 3D de la pieza de acrílico para el circuito inferior.



Captura de pantalla 6. Modelo 3D de la pieza de acrílico que funcionara como base para invertir el sentido de la Raspberry



Captura de pantalla 7. Modelo 3D de la pieza de acrílico que sirve de base para la placa superior



Captura de pantalla 9. Modelo 3D del circuito ensamblado

Las placas ya recibidas del fabricante son las siguientes donde se soldaron los componentes.



Foto 2. Placa del circuito de control

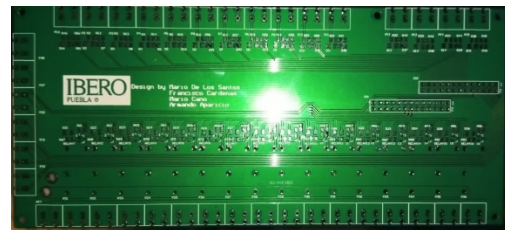
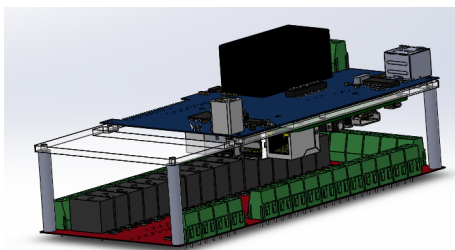


Foto 3. Placa del circuito de entradas y salidas

Quedando el ensamble del circuito de la siguiente manera



Captura de pantalla 8. Modelo 3D del circuito ensamblado

Quedando el ensamble final de la siguiente manera

Conclusiones, perspectivas y recomendaciones

Para finalizar con este escrito es importante mencionar que se cumplió con los objetivos específicos pues se determinó una estructura para un Controlador Lógico Programable que cumpliera con los estándares industriales (normas IP ANSI), aparte que se analizaron las aplicaciones básicas industriales y universales, dentro de los alcances que se pudieron desempeñar en las instalaciones de la Universidad Iberoamericana Puebla. Llegando a diseñar el prototipo del Controlador Lógico Programable para aplicaciones universales evaluando el prototipo comparándolo con los modelos actuales disponibles en el mercado. Concluyendo que se cumplió

con el objetivo específico al desarrollar un Controlador Lógico Programable para aplicaciones universales aplicando innovación frugal con un enfoque en PYMES y sector doméstico. Mencionando también que se lograron sortear dificultades al momento de pruebas de la placa.

Referencias

- [1] M. H. Rashid, *Electrónica de Potencia*, Florida: Pearson, 2014.
- [2] i-SCOOP, «i-SCOOP,» Abril 2015. [En línea]. Available: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>.
- [3] «Internet of Things,» Febrero 2014. [En línea]. Available: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/>.
- [4] infoplac, «infoplac,» 2016 Septiembre 8. [En línea]. Available: <http://www.infoplac.net/noticias/item/103614-machine-learning-cloud-automatizacion-industrial>.
- [5] Raspberry, «Raspberry,» 29 Febreo 2013. [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/>.
- [6] «Linux,» Junio 2000. [En línea]. Available: <https://www.linux.org/>.
- [7] ANSI-IEC-60529, «ANSI-IEC-60529,» 2004. [En línea]. Available: <https://www.nema.org/Standards/ComplimentaryDocuments/ANSI-IEC-60529.pdf>.
- [8] American National Standards Institute, «American National Standards Institute,» 2004. [En línea]. Available: <https://www.ansi.org/>.
- [9] Bluetooth, «Bluetooth,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.bluetooth.com/>.
- [10] «sigfox,» Abril 2016. [En línea]. Available: <https://www.sigfox.com/en>.
- [11] «Wi-Fi,» 2010. [En línea]. Available: <https://www.wi-fi.org/>.
- [12] World Road Association Mondiale de la Route, «Comunicaciones Alámbricas,» 2014. [En línea]. Available: <https://rno-its.piarc.org/es/conceptos-basicos-its-tecnologias-its-telecomunicaciones/telecomunicaciones-por-cable>.
- [13] Ingenio Libre, «Artículo 13,» Ingenio Libre, pp. www.unilibre.edu.co/revistaingeniolibre/revista-11/art13.pdf, 2011.
- [14] Arduino, «Arduino,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>.
- [15] «Lab VIEW,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.ni.com/es-mx/shop/labview.html>.
- [16] «Microchip,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.microchip.com/mplab/avr-support/atmel-studio-7>.
- [17] «Microchip/ATmega2560,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega2560>.
- [18] «Intel,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.intel.la/content/www/xl/es/products/boards-kits/compute-stick.html>.
- [19] kitesurf, «Flujo de aire sobre las formas,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.kitesurf.com.uy/flujo-de-aire-sobre-las-formas/>.
- [20] Digi-Key, «Digi-Key,» 2011. [En línea]. Available: <https://www.digikey.com/es/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-resistor-color-code-5-band>.
- [21] R. L. Boylestad, *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónico*, Pearson, 2010.