

MÁQUINA DISPENSADORA DE SNACKS,

Con un control sincrónico basado en software libre

MÁQUINA DISPENSADORA DE SNACKS, CON UN CONTROL SINCRÓNICO BASADO EN SOFTWARE LIBRE

*SNACK DISPENSING MACHINE, WITH A SYNCHRONOUS
CONTROL BASED ON FREE SOFTWARE*

SucreReview N°2
ISSN 2697-360X
AÑO 2022

CAJAS OÑA EDGAR JAVIER

Instituto Superior Tecnológico Sucre / ecajas@tecnologicosucre.edu.ec
Quito - Ecuador

CARRERA ANDRANGO DIEGO XAVIER

Instituto Superior Tecnológico Sucre / DXC_2303@hotmail.com
Quito - Ecuador

SILVA PILAGUANO DARWIN DAVID

Instituto Superior Tecnológico Sucre / davidsilva2205@hotmail.com
Quito - Ecuador

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como finalidad el diseño e implementación de una máquina dispensadora de snack, con un sistema de control sincrónico basado en software libre; para lo cual se utilizó motores paso a paso nema 17, que son los encargados de activar a los mecanismos de la máquina, para el accionamiento de los actuadores. Se utilizó una tarjeta de control arduino mega, una pantalla HMI (human machine interfaces) de la marca Nextion y un monedero eléctrico MEI CF-7000, el cual dispone de un protocolo de comunicación MDB (Multi-Drop Bus).

El usuario será capaz de seleccionar el producto deseado mediante el HMI, el cual enviará una señal a la tarjeta de control, la misma transmitirá un valor que debe cobrar el monedero por el producto seleccionado y a su vez dar el cambio correspondiente de ser necesario. Una vez se realice el pago el monedero enviará una señal a la tarjeta de control la misma que procederá a enviar la señal de accionamiento de los motores y así entregará el producto seleccionado por el

MÁQUINA DISPENSADORA DE SNACKS,

Con un control sincrónico basado en software libre

usuario satisfactoriamente. Para el análisis de los datos enviados de la tarjeta de control al monedero se utilizó la herramienta del IDE (entorno de desarrollo integrado) de arduino, donde se estableció que el protocolo de comunicación del monedero con la tarjeta mega no es compatible; por consiguiente, se diseñó una tarjeta conversora de protocolos de MCB a serial. El tipo de investigación que se aplicó en este proyecto fue el empírico – experimental, la sintonización del controlador se realizó mediante pruebas con diferentes parámetros de control. Los resultados obtenidos del controlador sincrónico, para el control de los drivers para los 37 motores de la máquina no tuvieron fallos ni caídas de voltaje al trabajar a plena carga. Los mecanismos y actuadores en los tiempos de respuesta son rápidos los mismos se encuentran dentro de los 2 milisegundos.

Palabras clave: Arduino, Control, Mecanismos, Protocolo MDB, Serial.

ABSTRACT

The purpose of this project was the design and implementation of a snack dispensing machine, with a synchronous control system based on free software; for which nema 17 stepper motors were used, which are in charge of activating the mechanisms of the machine, to drive the actuators. An arduino mega control card, a Nextion brand HMI (human machine interfaces) screen and a MEI CF-7000 electric coin mechanism were used, which has an MDB (Multi-Drop Bus) communication protocol.

The user will be able to select the desired product through the HMI, which will send a signal to the control card, which will transmit a value to be charged by the purse for the selected product and in turn give the corresponding change if necessary. Once the payment is made, the purse will send a signal to the control card, which will proceed to send the motor drive signal and thus deliver the product selected by the user satisfactorily. For the analysis of the data sent from the control card to the wallet, the arduino IDE (integrated development environment) tool was used, where it was established that the communication protocol of the wallet with the mega card is not compatible; therefore, an MCB to serial protocol converter card was designed.

The type of research applied in this project was empirical-experimental, the tuning of the controller was performed by testing with different control parameters.

The results obtained from the synchronous controller, for the control of the drivers for the 37 motors of the machine, did not have failures or voltage drops when working at full load. Mechanisms and actuators in response times are fast, they are within 2 milliseconds.

Keywords: Arduino, Control, Mechanisms, MDB Protocol, Serial.

MÁQUINA DISPENSADORA DE SNACKS,

Con un control sincrónico basado en software libre

1. Introducción

“Una máquina expendedora, es un dispositivo mecatrónica que oferta un determinado producto comercial por un determinado valor monetario” (Del Hierro Calvachi & Albán Naranjo. , 2013). Las máquinas dispensadoras son un desarrollo tecnológico que día a día fueron evolucionando y adaptando a las necesidades de los clientes, son capaces de llevar productos de diario y rápido consumo a lugares con una amplia afluencia de personas. En la actualidad, las máquinas expendedoras han tenido una gran evolución, en la actualidad se puede ofertar casi cualquier tipo de producto ya sean estos snacks, dulces, libros, medicina, preservativos, etc. La variedad de las máquinas expendedoras depende directamente de los consumidores y de la imaginación de sus creadores, gracias a esto. “en la actualidad hay máquinas con sistemas tan sencillos como las expendedoras de dulces y otras con sistemas tan sofisticados que son capaces de controlar el stock por wifi y manejar estadísticas de ventas o aceptar tarjetas de crédito” (máquinas, 2015). En la actualidad existen varios modelos de máquinas entre las comunes están:

- 1) Máquinas dispensadoras de snacks
- 2) Máquinas dispensadoras de bebidas calientes
- 3) Máquinas dispensadoras de bebidas frías
- 4) Máquina dispensadora de medicamentos

Existen sistemas que permiten el ingreso de billetes el cual tienen el mismo principio de acumulación del crédito, estos sistemas reconocen automáticamente el valor del mismo y proceden a la suma del crédito disponible del usuario. Las máquinas expendedoras pre-digitales usaban un cabezal magnético para leer la tinta de un billete de un dólar. Las máquinas actuales analizan la composición química de las monedas y utilizan el escaneo óptico para identificar billetes. Algunos incluso usan lectores magnéticos para procesar tarjetas de crédito y otros usan redes celulares digitales para permitir que los clientes paguen por teléfono inteligente. (Molis, 2017)

El diseño de la máquina dispensadora de snacks está enfocada a crear un nuevo producto e innovar con equipos y dispositivos de última generación utilizado un software de código abierto (open source), lo que conlleva a un abaratamiento en la fabricación de estas máquinas; a nivel mundial son muy utilizadas en varios lugares donde hay aglomeración de personas como son: en transporte público, cines, escuelas, colegios, universidades, hospitales, etc.

En el Ecuador este tipo de máquinas no se encuentran, debido a su alto costo una máquina estándar esta por los \$3.000 dólares. El presente proyecto tiene las mismas características de las máquinas que están en el mercado, con esto se pretende disminuir un 50 % su valor de compra.

MÁQUINA DISPENSADORA DE SNACKS,

Con un control sincrónico basado en software libre

El presente proyecto cumple con todas las características básicas de una máquina dispensadora de productos, exceptuando la telemetría, teniendo la opción de colocar el módulo de telemetría a un futuro puesto que la tarjeta madre (de control), dispone de varios pines de entradas para el conexionado de dispositivos periféricos. La ventaja principal del proyecto es su bajo costo de implementación, facilidad de integración con más dispositivos de control, fácil configuración en la parte de los mecanismos y software.

2. Desarrollo

Diseño estructural de la máquina:

Para el diseño de la máquina se tomó como referencia una estructura de una máquina dispensadora de bebidas frías, para sacar las dimensiones las mismas que son: ancho 30cm, altura 120 cm y fondo 57 cm. La máquina fue modelada en el software AutoCAD 3D, donde se diseñó la parte interna y externa, los mecanismos y los acoples de los motores como se muestra en la figura 1.

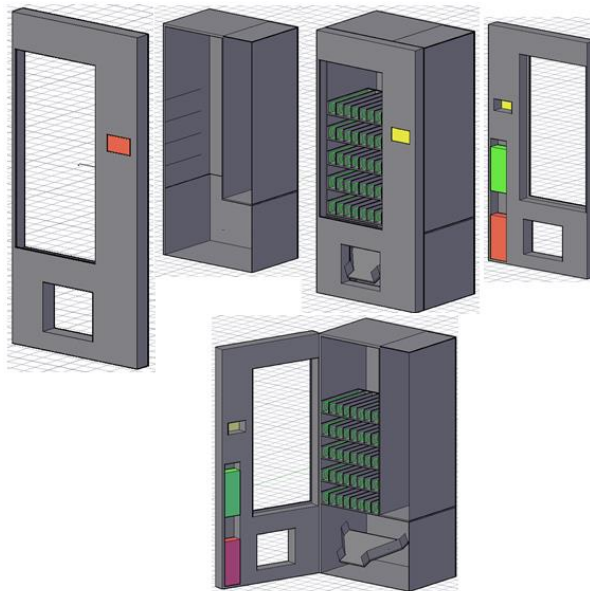


Figura 1. Modelo en 3D de las partes mecánicas de la máquina.

Diseño de la espiral:

Para el diseño de las espirales se usó un diámetro similar al del acople para el motor por lo cual será de 7 cm dentro de este se planifica colocar 15 productos, el diámetro del alambre será de 2.5mm de longitud total de la espiral de 47 cm, para calcular el paso de cada espiral se realiza el siguiente calculo.

MÁQUINA DISPENSADORA DE SNACKS,

Con un control sincrónico basado en software libre

$$P = \frac{l + (d * n)}{n} \quad (1)$$

$$P = \frac{470 - (2.5 * 15)}{15} \quad (2)$$

$$P = 28mm \quad (3)$$

Donde:

P : paso entre espiras

l : Longitud de la espiral

d : Diámetro del alambre.

n : Número de componentes a ubicar.

La espiral será para 15 productos y la distancia entre cada espiral es de 28mm como se aprecia en la figura 2.

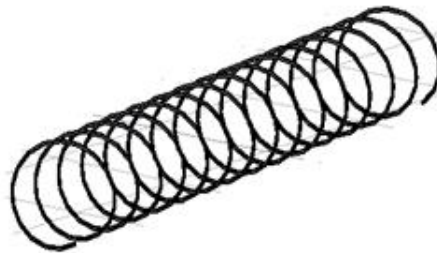


Fig 2. Espiral para 15 productos

Arquitectura del control sincrónico:

Para el sincronismo de toda la parte mecatrónica de la máquina se necesita tener básicamente un controlador, una interfaz, actuadores y conversores de protocolos de comunicación (Opcional). En la figura 3 se puede observar la arquitectura del control sincrónico implementado en el proyecto. A continuación, se describe como está realizado el conexionado de la tarjeta de control con los periféricos. Se polariza la tarjeta de control y se establece la comunicación con el HMI, el monedero, la tarjeta convertidor MDB, el sensor de temperatura y el de los motores con sus drives correspondientes, en la tarjeta se aprecia las salidas de los motores del arduino mega que corresponden del pin número 22 al 53 más los pines 3, 4, 5, 6, 7, dando un total de 37 motores a utilizar. El pin número 12 está enfocado a recibir la señal del sensor DTH11 para el control de temperatura. Los pines 18 y 19 corresponden a la comunicación serial Tx y Rx de la tarjeta convertidor MDB y los pines 16 y 17 a la comunicación Tx y Rx del HMI Nextion.

MÁQUINA DISPENSADORA DE SNACKS,

Con un control sincrónico basado en software libre

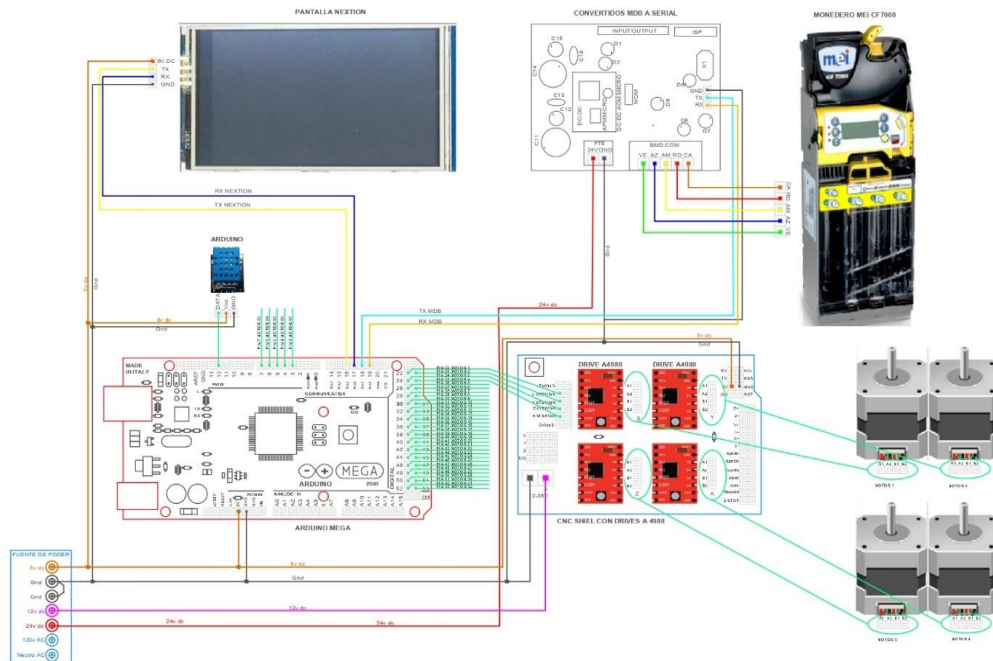


Fig 3. Arquitectura del control sincrónico.

Diagrama de bloques de la programación de la tarjeta de control:

En la figura 4 se puede apreciar el diagrama de bloques e indicar como consiste los procesos de la lógica de programación de la máquina dispensadora. Una vez activada la máquina dispensadora esta espera a que el usuario seleccione el producto para así poder aceptar las monedas que ingresen caso contrario las monedas serán devueltas al usuario. Una vez seleccionado el producto se solicita que ingresen las monedas, para acumular el crédito si la moneda ingresada es falsa esta será rechazada y devuelta al usuario. Así, si el crédito que se ha ingresado es igual o mayor al del producto seleccionado este pasa al proceso de dispensar el producto, caso contrario se emitirá el mensaje de crédito insuficiente. Una vez dispensado el producto pasa al proceso de cambio, el cual consiste en verificar si el crédito que ingreso el usuario es mayor al del producto, se pasa al proceso de entregar el cambio correspondiente, caso contrario el proceso se reinicia donde espera que el usuario seleccione un nuevo producto.

MÁQUINA DISPENSADORA DE SNACKS,

Con un control sincrónico basado en software libre

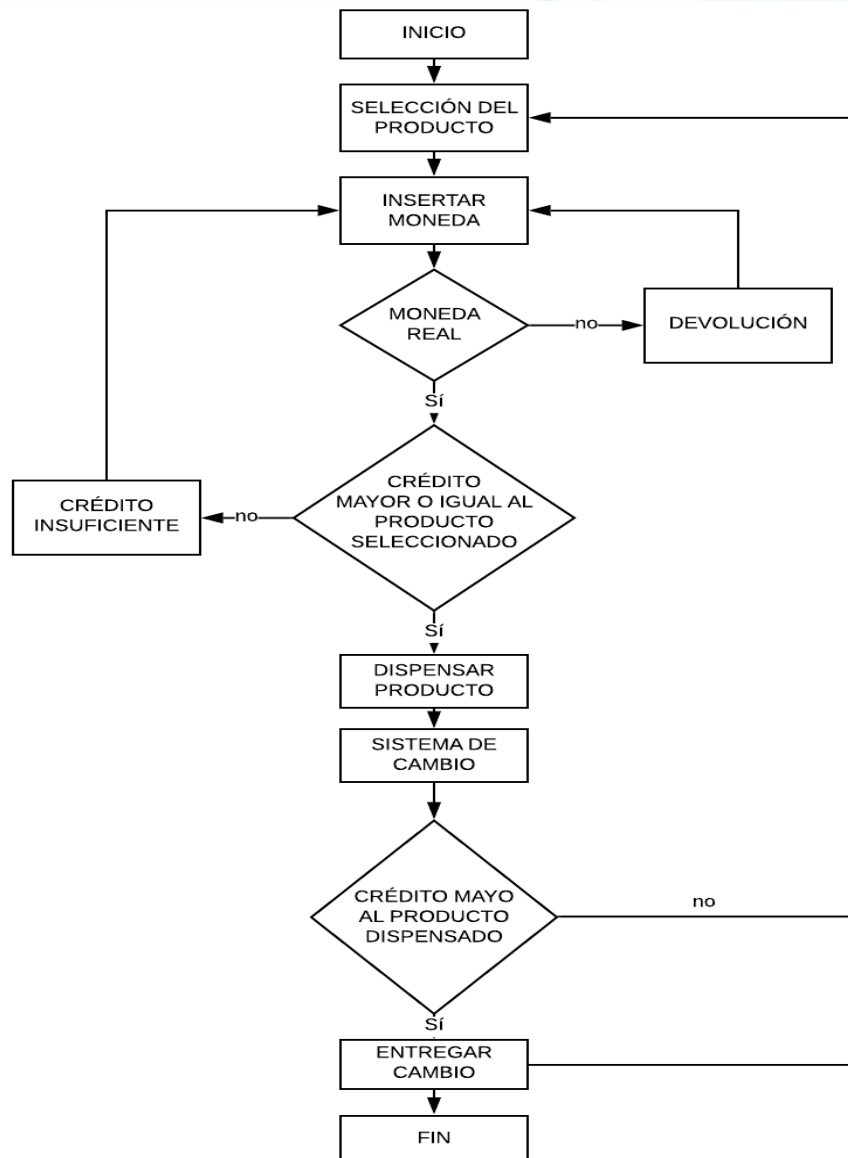


Fig 4. Diagrama de bloques del sistema implementado.

Implementación del menú en el HMI:

Cuando se enciende la máquina dispensadora de inmediato mostrara en su pantalla los diferentes productos que se ofertan, el usuario puede movilizarse por las imágenes de la pantalla de forma sencilla en busca del producto deseado.

El usuario seleccionara el producto en la pantalla la misma que está programada para enviar una señal al controlador el cual realizara otro subproceso, en la figura 5 se puede apreciar el diseño que tendrá la pantalla HMI en la que ofertara los productos junto al

MÁQUINA DISPENSADORA DE SNACKS,

Con un control sincrónico basado en software libre

precio de cada uno de ellos. De la misma forma dispone de una ventana la cual le indicara el valor del dinero que ha ingresado, al igual que con una opción de cancelar, la cual le devolverá su dinero en caso de que no desee hacer ninguna compra.

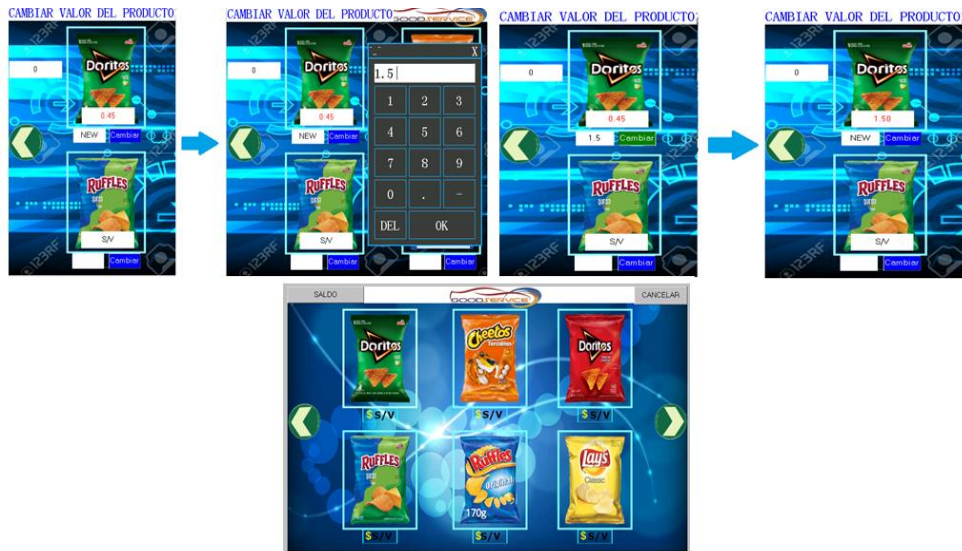


Figura 5. Menú pantalla HMI Nextion para la selección de productos.

Finalmente se puede apreciar en la figura 6 la máquina implementada con todas las partes electromecánicas instaladas y funcionales.



Figura 6. Máquina dispensadora de snacks finalizada.

MÁQUINA DISPENSADORA DE SNACKS,

Con un control sincrónico basado en software libre

2.1 Metodología

La investigación bibliográfica fue la más utilizada para la recopilación de información como: libros, manuales de usuario, revistas, documentales de cómo funciona estas máquinas dispensadoras, donde se obtuvo documentos del funcionamiento de cada uno de los elementos tanto mecánicos como eléctricos.

Mediante la investigación empírica - experimental se fue realizando las diversas pruebas durante la construcción del proyecto como el funcionamiento de, acoplamientos, seguridades, funcionalidad de los sensores, el HMI, el sistema de control, etc. Estas pruebas deben seguir un proceso de prueba error y posteriormente a las correcciones necesarias para el funcionamiento óptimo de la máquina.

2.2 Resultados

Reconocimiento de las monedas con el monedero eléctrico MEI CF-7000:

Para esta prueba se utilizó una tabla mostrando el número de pruebas realizadas con las monedas de \$0.05 centavos, \$0.10 centavos, \$0.25 centavos, \$0.50 centavos y \$1.00 dólar, en la tabla 1 se indicara con el dígito “ 1 ” cuando la moneda es aceptada correctamente y con el dígito “ 0 ” cuando no es aceptada, al inicio de la prueba se observa que se empieza teniendo problemas con las monedas de \$0.50 centavos y \$1.00 dólar, las cuales el monedero no las aceptaba y las devolvía, con lo cual se procede a la reprogramación del monedero para calibrar nuevamente las monedas, esto se lo realiza con las opciones internas del monedero el cual nos permite aprender nuevas monedas y así indicarle el valor de las monedas de \$0.50 centavos y \$1.00 dólar exitosamente.

Tabla 1. Pruebas aceptación de monedas de diferentes valores.

N°	MONEDAS				
	\$0.05	\$0.10	\$0.25	\$0.50	\$1.00
Prueba 1	1	1	1	0	0
Prueba 2	1	1	1	0	0
Prueba 3	1	1	1	0	0
Prueba 4	1	1	1	0	0
Prueba 5	1	1	1	0	0
Prueba 6	1	1	1	0	0
Prueba 7	1	1	1	0	0
Prueba 8	1	1	1	0	0
Prueba 9	1	1	1	0	0
Prueba 10	1	1	1	0	0

MÁQUINA DISPENSADORA DE SNACKS,

Con un control sincrónico basado en software libre

Prueba 11	1	1	1	0	0
Prueba 12	1	1	1	0	0
Prueba 13	1	1	1	0	0
Prueba 14	1	1	1	0	0
Prueba 15	1	1	1	0	0
Prueba 16	1	1	1	0	0
Prueba 17	1	1	1	0	0
Prueba 18	1	1	1	0	0
Prueba 19	1	1	1	0	0
Prueba 20	1	1	1	0	0

Pruebas para el cambio del monedero eléctrico MEI CF-7000:

Se procedió a verificar la comunicación entre el monedero eléctrico MEI CF-7000 y la tarjeta de control, debido a que estos dos dispositivos trabajan con protocolos de comunicación diferentes se diseñó una tarjeta de protocolo MDB a serial como se observa en la figura 7.

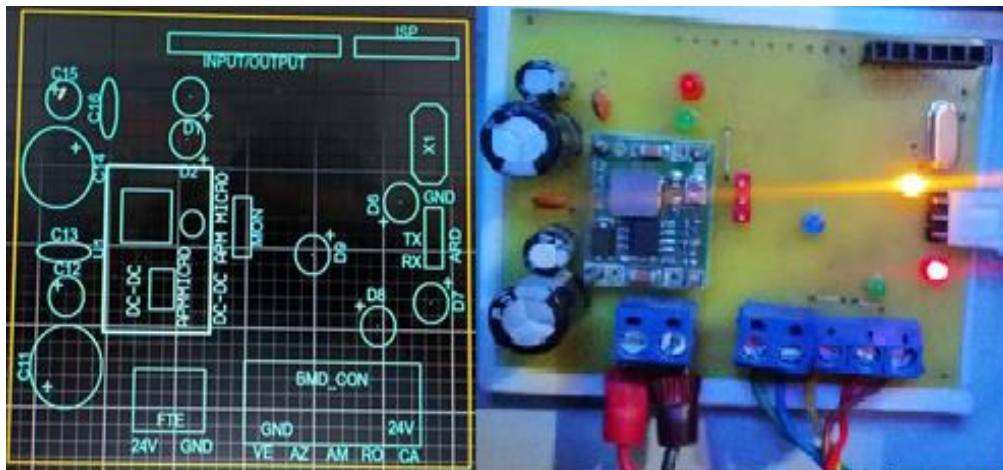


Fig 7. Placa conversora de protocolo MSB a SERIAL.

En la placa conversora de protocolos de comunicación, cuando el led amarillo se encuentra encendido quiere decir que hay una comunicación éxitos entre el monedero MEI CF-7000 y la placa de control. Se verifica las señales que se envían de la placa de control hacia al monedero y viceversa. Para esto se selecciona cualquier producto por medio de la HMI Nextion, esto hará que la tarjeta de control envíe el valor que el monedero debe cobrar para el producto seleccionado, si las tramas de datos enviados son correctas en la placa conversara se encenderán los leds verde y azul como se muestra en la figura 8.

MÁQUINA DISPENSADORA DE SNACKS,

Con un control sincrónico basado en software libre



Fig 8. Placa MDB a SERIAL comunicación con el monedero MEI CF-7000.

Para la prueba se ingresó una moneda de \$1.00 dólar, la máquina automáticamente cobra el valor del producto y entrega el cambio correspondiente al cliente que está realizando la compra, en la figura 9 se muestra al monedero pagando el cambio correspondiente.



Fig 9. HMI enviado dato al Monedero MEI CF-7000 para devolver el cambio.

Pruebas del funcionamiento de los actuadores:

Para la prueba de funcionamiento de los motores primero se realizó la prueba sin ningún producto, en los resortes de las bandejas se observó que todos los motores funcionaban al 100%, el número de pruebas se observa en la tabla 2 la misma que indica que los 37 motores a las 10 pruebas realizadas a plena carga todos se activan (dato 1), sin tener falsos positivos (dato 0). En las pruebas se apreció que algunos resortes giraban de forma no uniforme por lo cual se procedió a realizar de nuevo, para así tener un giro uniforme y no tener problemas al dispensar los productos.

MÁQUINA DISPENSADORA DE SNACKS,

Con un control sincrónico basado en software libre

Tabla 2.

Prueba de funcionamiento de los motores.

N°	Pruebas									
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8	N° 9	N° 10
Motor 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motor 37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

MÁQUINA DISPENSADORA DE SNACKS,

Con un control sincrónico basado en software libre

3. Conclusiones

Al analizar los tiempos de retardo de las peticiones enviadas y recibidas por el HMI, en el bus serial no existe problemas significativos en la trasmisión de datos las velocidades de Tx son altas y sin perdidas de datos en la trama, si al futuro se quisiera implementar más equipos periféricos no tendríamos problemas en la Tx del bus serial.

La comunicación del monedero eléctrico MEI CF-7000 con la tarjeta de control Arduino Mega no hubo fallos de sincronización, puesto que, ambos dispositivos trabajan con una Tx serie asincrónica para él envío de los datos y ambos están configurados su velocidad de Tx a 9600 baudios con la codificación NRZ.

El monedero MEI CF-7000 tiene más ventajas que un sistema de clasificación de monedas, debido a que el monedero es capaz de reconocer y clasificar las monedas por si solo e incluso de almacenarlas en los tubos correspondientes, esto junto proporciona una gran ventaja al momento de realizar la devolución del cambio, y solo necesitara que en los tubos de almacenamiento tenga el cambio suficiente, este proceso de cambio como se apreció en las pruebas en las cuales se observó que la máquina es capaz de dar el cambio justo cuando es necesario, así se evitará posibles disgusto de los usuarios que hagan uso de la máquina dispensadora.

Al realizar las pruebas de los motores a plena carga se tuvo el 100% de funcionalidad sin perdidas de carga en los 37 motores, este porcentaje se obtuvo gracias a los drives A4988 los mismo que son controlados por la tarjeta mega la cual ejecuta un regulador sincrónico para todos los drives, los motores paso a paso nos proporcionan dos grandes ventajas, una de ellas es al hacer la comparación de giro con un motor dc, que en la programación del motor paso a paso solo necesitamos ver los grados que tienen por pasos y programarlos, a diferencia de los motores dc que en primera instancia necesitan un adaptador el cual presione un fin de carrera para inhabilitarlo cuando ya completa su giro. La segunda ventaja es que los motores dc necesitan una serie de engranajes para aumentar así su torque. En cambio, los motores paso a paso ya disponen del torque necesario para hacer girar a los resortes con sus productos evitándonos así la construcción de estos engranajes y bases para los mismos, la única desventaja al usar estos motores es la del cableado que se necesitan 4 cables por motor lo que ocasiona que se tenga una gran cantidad de cables.

4. Referencias

Carmona, F. (12 de Mayo de 2016). *Upsocl*. Recuperado el 11 de Septiembre de 2019, de <http://www.upsocl.com/comunidad/sabes-como-funcionan-las-máquina-s-expendedoras-nosotros-te-revelamos-este-secreto-de-la-tecnologia/>

MÁQUINA DISPENSADORA DE SNACKS,

Con un control sincrónico basado en software libre

Del Hierro Calvachi, P. A., & Albán Naranjo, R. E. (2013). *Diseño y construcción de un prototipo de máquina vending inversa para la aceptación, compactación y almacenamiento de botellas.*

Sangolqui: Escuela Politécnica del Ejército.m. d. (2015). *Máquinas de vending.* Recuperado el 10 de Septiembre de 2019, de [http://www. máquinasdevending.org/](http://www.máquinasdevending.org/)

Molis, J. (26 de Septiembre de 2017). *bizfluent.* Recuperado el 11 de septiembre de 2019, de <https://bizfluent.com/how-does-4572360-vending-machines-read-money.html>