

Proyecto de Banda Transportadora

Jorge Daniel Carreón
Guzmán
19120266
Ing. Mecatrónica
Morelia, México
L19120966@morelia.tecnm.mx

Paola Lilly Encarnación
Salvador
19120943
Ing. Mecatrónica
Morelia, México
L19120943@morelia.tecnm.mx

Edson Giovanni Marín
Colín
19120962
Ing. Mecatrónica
Zitácuaro, México
L19120962@morelia.tecnm.mx

Resumen—En este proyecto se aplicarán los conocimientos aprendidos en la materia de Microcontroladores para hacer funcionar una banda transportadora

Palabras clave — *Banda transportadora, pin, microcontrolador, válvula, sensor, tablero, indicadores, botones.*

I. INTRODUCCIÓN

La banda transportadora es un equipo para transportar o mover materiales a granel, o en grandes volúmenes, a través de una cinta continua (cinta transportadora), que se mueve sobre tambores y rodillos. Consta de dos o más rodillos que mueven una superficie (transportador) para facilitar el transporte de determinados materiales u objetos.



Figura 1. Banda Transportadora

Su función es transportar un material de un punto a otro, facilitando el flujo continuo del proceso. Estas se aplican en transporte horizontal, vertical o inclinado.

El tipo de banda puede variar debido a las necesidades que tenga cada industria, el espacio que este disponible en el lugar, el producto que se fabrique, la maquinaria usada, el tipo de acabado, empaque, entre otras características. Entre algunas de las bandas que se encuentran en las industrias están la banda plástica modular, de acero inoxidable y la de rodillos.

Las ventajas que se pueden encontrar a la hora de usar una banda transportadora es que la producción aumenta y con esto aumentan las ganancias, además de que favorece a los trabajadores ya que podrían dedicar tiempo a otras actividades que son importantes en la industria. Cabe mencionar que esto traería consigo reducción del trabajo manual, evitando accidentes y siniestros laborales.

Un microprocesador (también llamado CPU) es el circuito integrado central de un sistema informático. Trabaja recibiendo instrucciones y procesándolas para enviarlas a su destino. Todas las instrucciones del ordenador pasan por el microprocesador, por lo que el funcionamiento de este determina, en mucha medida, la velocidad a la que nuestro ordenador va a realizar nuestras peticiones.



Figura 2. Microprocesador

Un microcontrolador es un pequeño ordenador que contiene en su interior básicamente un microprocesador, soporte (reloj y reset), memoria, puertos de entrada-salida, temporizadores, conversores A/D, etc. Todo dentro de un pequeño chip que podemos programar con total flexibilidad y relativa facilidad.



Figura 3. Microcontrolador MSP-EXP430FR6989

Hablando del MSP-EXP430FR6989, algunos de los componentes que se pueden encontrar en este son los siguientes:

- VCC, VSS: alimentación de voltaje y tierra (ground)
- P1.0 a P1.7, P2.6 y P2.7 son terminales para entradas y salidas digitales, así como otras funciones

- A0, A1, ... A7, son las entradas del convertidor analógico-digital
- VREF+ y VREF- son las referencias de voltaje del convertidor
- ACLK y SMCLK son salidas del reloj del microcontrolador
- SCLK, SDO, y SCL se usan en la interface universal serial
- XIN y XOUT son entradas para la señal del cristal
- RST activa en bajo y maneja la señal de reset
- TA0.0, TA1.0, TA1.1 y TA1.2 son salidas del temporizador

El TCRT5000 es un sensor de reflexión que incluye un LED emisor de infrarrojos y un fototransistor en un paquete compacto.

El emisor emite un haz de luz infrarroja invisible para el ojo humano, que se refleja en una superficie clara y capturado por el fototransistor, que tiene una película de filtrado de luz natural, que permite el paso de infrarrojos emitida por los LED. Por lo tanto, de acuerdo con la reflectividad de la superficie, el fototransistor recibe un valor mayor o menor de la reflexión.

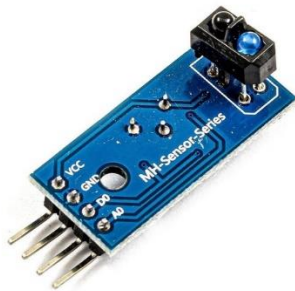


Figura 4. Sensor de infrarrojo TCRT5000

II. DESARROLLO

Materiales:

- 2 tablas de madera de 70cm x 7cm
- 1 tabla de madera de 50 cm x 8cm
- 1 manguera de 10 cm
- 1 electroválvula
- 1 caja para esconder los cables
- 1 base de cartón de 70 x 45 cm
- Un resorte para hacer la banda de 120cm
- 2 tubos de PVC de 5cm para los rodillos
- Pegamento
- Cinta aislante

- 1 motor DC de 5v
- Vasos
- Cables de conexión
- 7 leds de diferentes colores (2 Verdes, 1 naranja, rojo, azul, blanco y amarillo)
- 3 push buttons
- 2 baquelitas perforadas.
- Software Code Composer Studio 12.0.0.
- Microcontrolador MSP430FR6989
- Plastilina

A. PARTE FÍSICA Y CONEXIONES ELECTRÓNICAS

a) Cinta transportadora

Se construyó una banda transportadora que de manera general cuenta con las siguientes características:

- Una medición de 50 cm de largo como mínimo.
- Contiene 2 sensores al inicio del proceso que permiten reconocer 2 tamaños diferentes para los vasos.
- A los 20 cm del recorrido se encuentra un sensor que permitirá detener el proceso de recorrido y una electroválvula con un tanque de liquido que funcionará de tal manera que permita llenar ambos vasos hasta cierta altura.
- Al final del recorrido se colocará un sensor mas que indicará cuando el vaso llegue al final del recorrido y a su vez, el fin del proceso.

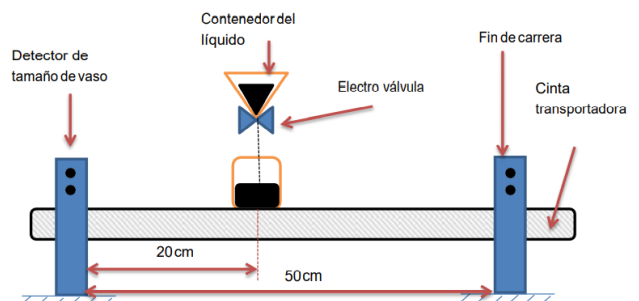


Figura 5. Diseño general de la banda transportadora.

Para el armado físico se utilizaron algunos materiales como los que se muestran en la siguiente figura.



Figura 6. Materiales utilizados

Procedimiento:

Para la realización del proyecto, se comenzó por fabricar los rodillos que irían a los extremos de las bandas:



Figura 7. Rodillos de la banda

Después, se crearon las bases de madera con las medidas previamente mencionadas, donde se colocaron los rodillos atravesados del eje central por un lapicero, de manera que sirviera para girar. Sobre ambos se colocó la banda, que en este caso fue un resorte color negro:



Figura 8. Banda montada en los rodillos

A uno de los lapiceros, que sirven como ejes, se le colocó un motor, al que se fijó con silicón para que pasara el torque de este a los rodillos y así hacer girar la banda.

Una vez creada la banda, se construyó una base a 20 cm para colocar la electroválvula y su respectivo sensor. A un lado, se fijó una caja de cartón para poder esconder y asegurar la gran cantidad de cables usados para esto.



Figura 9. Banda junto con base de la electroválvula

Para finalizar el proceso físico, todos los respectivos cables necesarios para el funcionamiento de la banda se pasaron por un lado de esta hasta conectar con la caja y así esconderlos. Aquí mismo los soldamos con el cautín en una baquelita. Todo esto hacia el MSP que sería el encargado de dar las ordenes del funcionamiento del proyecto.

b) Tablero de indicadores

Se elaboró un tablero de indicadores que refleja el proceso que se lleva a cabo durante el proceso, para ello, se utilizaron leds de diferentes colores, es decir, cada uno de ellos accionará según la parte del proceso indicada. Los colores y las funciones son:



Figura 10. Indicadores con leds de colores.

- Indicador de proceso en marcha (PeM) – Led Verde
 - Enciende: el vaso está sobre la cinta transportadora, se presionan los 2 botones y luego de llenar el vaso.
 - Parpadea: El vaso está siendo llenado.
 - Apaga: El proceso se detiene.
- Electroválvula (EV) – Led blanco
 - Enciende: Durante el llenado de del vaso (activación de la válvula)
 - Apaga: la válvula se encuentra cerrada.
- Paro de emergencia (PE) – Led rojo
 - Enciende: si uno de los botones B1 o B2 se suelta o si se presiona el botón de paro de emergencia.
 - Apaga: Si no se lleva a cabo cualquiera de las acciones anteriores.
- Indicadores de tamaño (T1 y T2) – Led azul y led naranja respectivamente.
 - Enciende: según el tamaño detectado se encenderá el indicado durante el proceso.
 - Apaga: si existe paro de emergencia y al final del proceso.
- Nivel alcanzado (NL) – Led amarillo
 - Enciende: El nivel del liquido deseado en el vaso es alcanzado
 - Apaga: se mantiene así antes de alcanzar el nivel deseado.
- Fin del proceso (FP) – Led verde
 - Enciende: se termina el proceso.
 - Apagado: durante el proceso.

Se colocaron sobre una caja dentro de la cual se encuentran las conexiones realizadas para su funcionamiento.



Figura 11. Armado de leds en físico.

Para las conexiones, se utilizó una baquelita, se pegó sobre la superficie se la caja, esta a su vez se agujeró de tal manera que las patitas de los leds se puedan conectar en la misma baquelita, se soldaron algunos cables de conexión y la tierra común para controlarlos adecuadamente. Para la conexión cabe recalcar que cada patita corresponde a un led y la otra a una tierra común.

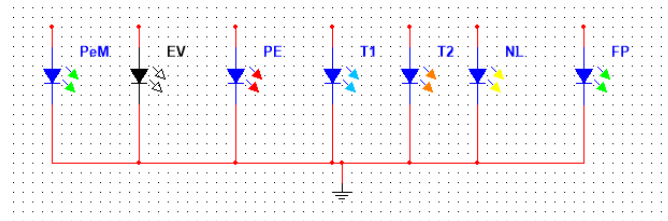


Figura 12. Conexión de leds indicadores.

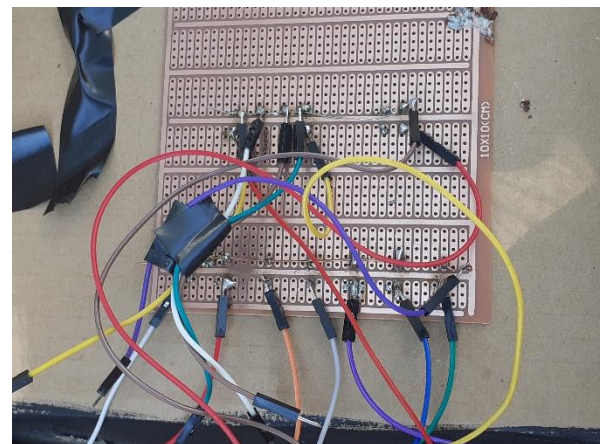


Figura 13. Conexión física-electrónica de leds

c) Tablero físico de control

En esta parte se utilizaron 3 push buttons, al igual que los leds indicadores, estos se colocaron por encima de la caja, de tal manera que se puedan realizar las conexiones requeridas dentro de la misma.

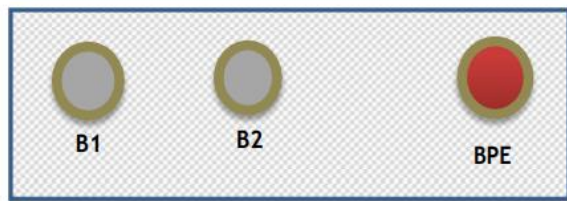


Figura 14. Botones controladores.

- Botón 1 y 2 (B1 y B2): permiten controlar el inicio del proceso, así como su avance.
- Botón de paro de emergencia (BPE): Se presiona en caso de que se requiera detener el proceso.



Figura 15. Armado de botones en físico.

Para realizar las conexiones, al igual que los leds se utilizó la baquelita que se pegó en la tapa de la caja, de allí se soldaron los 3 botones y se realizaron las conexiones, una patita de laca botón va a la salida de un pin de MSP y la otra va a la tierra común.

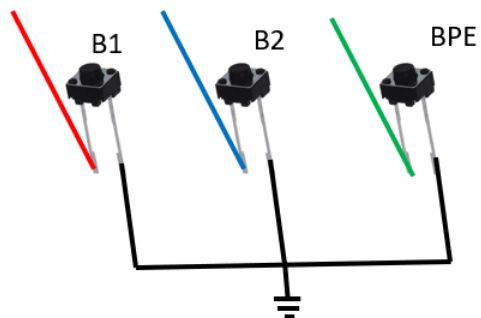


Figura 16. Conexión de botones.

d) Contenedor líquido y electroválvula

Se utilizó una válvula de tipo normalmente cerrada, se colocó a los 20 cm de la banda, con un pedazo de manguera para aumentar la presión y una botella de agua para almacenarla. A cantidad de agua dependerá del código empleado y de la cantidad de tiempo que se mantenga abierta la electroválvula.

Para su control se utilizó un circuito como el que se muestra a continuación:

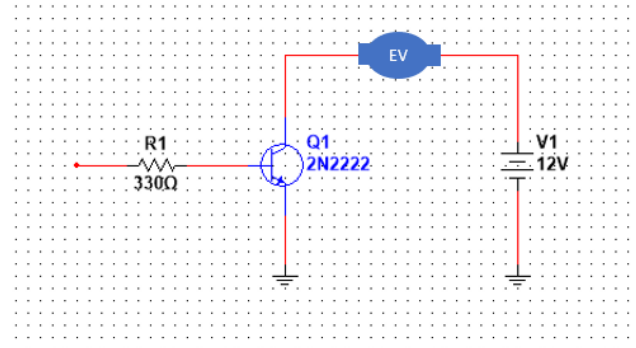


Figura 17. Circuito de conexión de la electroválvula.



Figura 18. Armado físico de la válvula



Figura 19. Contenedor de líquido.

e) Motor

Se utilizó un motor de 5 V, y al igual que con la válvula, se utilizó un circuito similar. Donde en lugar de utilizar los 12 V, se utilizan 5 V de alimentación y en lugar de la válvula se coloca el motor, como se muestra a continuación.

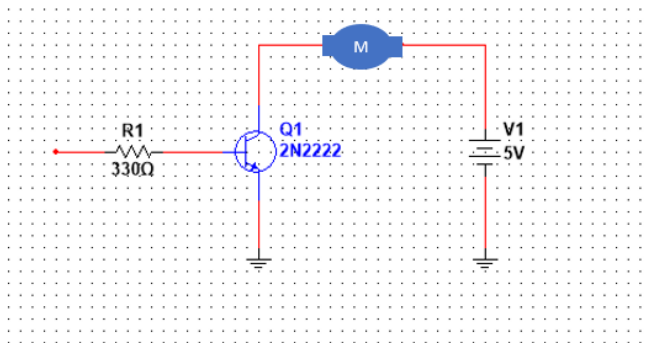


Figura 20. Circuito de conexión para controlar el motor.

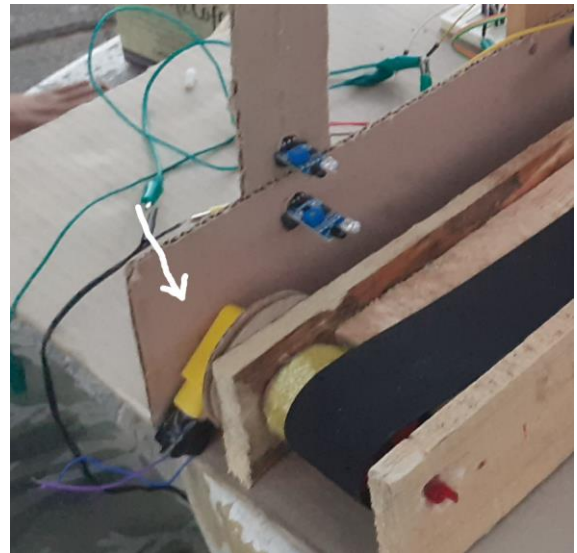


Figura 21. Motor colocado en su posición de trabajo.

B. CÓDIGO DE CONTROL

Para llevar a cabo el control de la banda transportadora se utilizó el microcontrolador MSP430FR6989 y la programación del mismo a través del software Code Composer Studio 12.0.0.

El código consta de distintas partes, comenzando por la declaración de variables a utilizar como tipo entero, cada una de ellas sirve como indicador en las condiciones para activar o desactivar algún componente o parte del proceso. Luego, se declararon cada una de las entradas y salidas:

Entradas:

- Puerto 2: Botones 1, 2 y el de paro de emergencia.
- Puerto 3: sensores de tamaño, en válvula y de finalización.

Salidas:

- Puerto 9: Cada uno de los leds.
- Puerto 1: Control de la válvula.
- Puerto 8: Control del motor.

Una vez declarados los pines de entrada y salida se procedió a desarrollar el programa. Primero, mediante la variable “inicio” se estableció un punto de partida, el cual indica que antes de hacer cualquier movimiento todo está apagado.

Luego, se colocaron condicionales de tamaño, en el momento en que uno o dos de los sensores detecte un objeto delante, manda un uno al pin y este detecta el tamaño del vaso. Según el tamaño (T1 o T2) se manda a encender alguno de los 2 leds y a su vez el led indicador de proceso en marcha debido a que el proceso ha iniciado.

Una vez verificado el tamaño en el proceso, se procede a presionar los botones (B1 y B2), si se detecta que se presionan se manda a activar el motor.

Al momento en que el vaso llegue a la zona de la válvula habrá un sensor, entonces, se colocó una condición en la cual, cuando el sensor detecte un objeto frente a él, el motor se detiene inmediatamente, la válvula se activa y comienza a llenar el vaso por cierto tiempo según el tamaño del vaso seleccionado, utilizando un ciclo “For” y “delays”; mientras tanto el led PeM comienza a parpadear, el de tamaño se mantiene encendido y se manda a encender el EV. Una vez terminado de llenar, un led indicador NL indica que ya está lleno, la válvula se desactiva, se apaga el led EV, se activa el motor y con ello el indicador PeM se mantiene encendido y este continúa trasladando el vaso.

Luego, se coloca una condición, si el sensor de finalización detecta un objeto (manda 0) entonces se manda a detener el motor, se apagan todos los leds, se enciende el led PE y finalmente se inicializan las variables para poder volver a iniciar el proceso.

Además, se incluyeron algunas condiciones, si durante el proceso se detecta que se presiona el botón de emergencia o se suelta alguno de los dos botones, se indicó que mediante la variable “j” se mande a apagar el motor, es decir, detener el proceso, se encienda el led PE como indicador y se reinicie las variables para volver a iniciar el proceso.

A continuación, se presenta el código desarrollado:

```
1#include <msp430.h>
2int a = 0;
3int b = 0;
4int c = 0;
5int d = 0;
6int e = 0;
7int f = 0;
8int i = 0;
9int j = 0;
10int k = 0;
11
12int inicio = 0;
13int valt1 = 0;
14int valt2 = 0;
15/**
16 * main.c
17 */
18int main(void)
19{
20    WDTCTL = WDTPW | WDTHOLD; // stop watchdog timer
21    PM5CTL0 &= ~LOCKLPM5;
22
23    // Boton B1, B2 y Paro de Emergencia 2.0, 2.1, 2.2
24    P2DIR = 0b00000000;
25    P2REN = 0b00000111;
26    P2OUT = 0b00000111;
27
28    // Sensor 3.0 a 3.3
29    P3DIR = 0b00000000;
30    P3REN = 0b00001111;
31    P3OUT = 0b00001111;
32
33    // Leds
34    P9DIR = 0b01111111;
35
36    // Valvula
37    P1DIR = 0b00100000;
38}
```

```
39 // Motor y 8.7
40 P8DIR = 0b10000000;
41
42
43 while(1){
44     //VERIFICAR TAMAÑO 1
45     if(inicio == 0){
46         P9OUT = 0b00000000;
47     };
48     if((P3IN&BIT0) == 0 && ((P3IN&BIT1) == BIT1)){ // Sensor 1
49         f = 1;
50         inicio = 1;
51     }
52     if(f == 1){
53         a = 1; // PeM
54         b = 1; // T1
55         c = 0; // B1
56         d = 0; // B2
57         e = 0; // T2
58         i = 0;
59         j = 0;
60     }
61     if((a == 1) && (b == 1) && (c == 0) && (d == 0) && (e == 0) && (i == 0) && (j == 0)){
62         P9OUT = 0b00001001;
63     }
64
65     //VERIFICAR TAMAÑO 2
66     if(((P3IN&BIT1) == 0) && ((P3IN&BIT0) == 0)){ // Sensor 2
67         f = 2;
68         inicio = 1;
69         i = 0;
70     }
71     ...
72
73     if(f == 2){
74         a = 1; // PeM
75         b = 0; // T1
76         c = 0; // B1
77         d = 0; // B2
78         e = 1; // T2
79         i = 0;
80         j = 0;
81     }
82     if((a == 1) && (b == 1) && (c == 0) && (d == 0) && (e == 0) && (i == 0) && (j == 0)){
83         P9OUT = 0b00010001;
84     }
85
86     //VERIFICAR PRIMER AVANCE
87     //TAMAÑO 1
88     if(((P2IN&BIT0) == 0) && (f == 1) && (d == 0)){ // Boton B1
89         a = 1; // PeM
90         b = 1; // T1
91         c = 1; // B1
92         d = 0; // B2
93         e = 0; // T2
94         i = 0;
95         j = 0;
96     }
97     if(((P2IN&BIT1) == 0) && (f == 1) && (c == 1)){ // Boton B2
98         a = 1; // PeM
99         b = 1; // T1
100        c = 1; // B1
101        d = 1; // B2
102        e = 0; // T2
103        i = 0;
104        j = 0;
105    }
106    if((a == 1) && (b == 1) && (c == 1) && (d == 1) && (e == 0) && (i == 0) && (j == 0)){ // Activar Motor
107        P8OUT = 0b10000000;
108    }
109
110    if((a == 1) && (b == 1) && (c == 1) && (d == 1) && (e == 0) && (i == 0) && (j == 0)){ // Activar Motor
111        P8OUT = 0b10000000;
112    }
113
114    // TAMAÑO 2 AVANCE
115    if(((P2IN&BIT0) == 0) && (f == 2) && (d == 0)){ // Boton B1
116        a = 1; // PeM
117        b = 0; // T1
118        c = 1; // B1
119        d = 0; // B2
120        e = 1; // T2
121        i = 0;
122        j = 0;
123    }
124    if(((P2IN&BIT1) == 0) && (f == 2) && (c == 1)){ // Boton B2
125        a = 1; // PeM
126        b = 0; // T1
127        c = 1; // B1
128        d = 1; // B2
129        e = 1; // T2
130        i = 0;
131        j = 0;
132    }
133
134    if((a == 1) && (b == 0) && (c == 1) && (d == 1) && (e == 1) && (i == 0) && (j == 0)){ // Activar Motor
135        P8OUT = 0b10000000;
136    }
137
138    //LLEGADA A VÁLVULA
139    //TAMAÑO 1 CUANDO F = 1
140    if(((P3IN&BIT2) == 0) && (f == 1) && (valt1==0)){
141        P8OUT = 0b00000000;
142        _delay_cycles(1000000);
143        P1OUT = 0b00100000;
144    }
145}
```


III. RESULTADOS

```

143     __delay_cycles(1000000);
144     P1OUT = 0b00100000;
145
146     for(k = 0; k<=4; k++){
147         P9OUT = 0b00001011;
148         __delay_cycles(1000000);
149         P9OUT = 0b00001010;
150         __delay_cycles(1000000);
151     }
152
153     __delay_cycles(1000000);
154     P1OUT = 0b00000000;
155     P9OUT = 0b00101001;
156     __delay_cycles(1000000);
157     P8OUT = 0b10000000;
158     val1 = 1;
159 }
160
161 //TAMAÑO 2 CUANDO F = 2
162 if(((P3IN&BIT2) == 0) && (f == 2) && (val2==0)){
163
164     P8OUT = 0b00000000;
165     __delay_cycles(1000000);
166     P1OUT = 0b00100000;
167     for(k = 0; k<=7; k++){
168         P9OUT = 0b00010011;
169         __delay_cycles(1000000);
170         P9OUT = 0b00010010;
171         __delay_cycles(1000000);
172     }
173     __delay_cycles(1000000);
174     P1OUT = 0b00000000;
175     P9OUT = 0b00110001;
176     __delay_cycles(1000000);
177     P8OUT = 0b10000000;
178     val2 = 1;
179 }
180
181 //PARADA FINAL
182 if((P3IN&BIT3) == 0){ // Apagar
183     i = 1; // FP
184     f = 0;
185 }
186
187 if((i == 1) && (f == 0)){ // FP
188     P8OUT = 0b00000000;
189     P9OUT = 0b01000000;
190     a = 0;
191     b = 0;
192     c = 0;
193     d = 0;
194     e = 0;
195     j = 0;
196     val1 = 0;
197     val2 = 0;
198 }
199
200 //BOTON DE EMERGENCIA
201 if((P2IN&BIT2) == 0){ // Botón paro de emergencia
202     j = 1; // PE
203     f = 0;
204 }
205
206 if(((P2IN&BIT0) == BIT0) && (c == 1) && (d == 1)){ // Paro de emergencia
207     j = 1; // PE
208     f = 0;
209 }
210 if(((P2IN&BIT1) == BIT1) && (c == 1) && (d == 1)){ // Paro de emergencia
211     j = 1; // PE
212     f = 0;
213 }
214
215 if(j == 1){
216     P8OUT = 0b00000000;
217     P9OUT = 0b00000100; // PE
218     a = 0;
219     b = 0;
220     c = 0;
221     d = 0;
222     e = 0;
223     val1 = 0;
224     val2 = 0;
225 }
226 }
227 }

```

Para comprobar el estado de cada uno de los componentes y las partes del proyecto se realizaron distintas pruebas.

Para comprobar el estado de los leds y los botones soldados se realizó un pequeño código y se comprobó que estos se encontraran soldados de manera correcta. Todos funcionaron de manera correcta a excepción de un led, el cual se logró acomodar. Luego, se comprobó el estado de los sensores, del circuito de la válvula y el motor. Al reparar cada uno de los detalles mas generales se logró un buen funcionamiento en la banda.

Una vez teniendo los componentes listos, se realizó la prueba general, sin utilizar agua, y los resultados mostraron que el motor tiene ciertos problemas al tratar de mover el cilindro que permite el desplazamiento de la banda elástica, esto debido a que no se sujeta correctamente, se reparó sin embargo de repente sigue fallando, entre otra de las situaciones con el motor es que uno de los cables de conexión hace un falso contacto y por lo mismo de repente se tiene que estar moviendo.

Además, en relación a la válvula, funciona de manera correcta, sin embargo, varía la cantidad de agua dependiendo de la altura en la cual se coloque el contenedor de líquido.

En cuanto al código, este funciona de manera correcta, los leds encienden cuando deben de hacerlo, el tamaño del vaso es bien detectado por los sensores, el llenado (activación y cierre de válvula), el paro de emergencia, y el fin de proceso funcionó de manera correcta.

Por tanto, se tienen que hacer algunos ajustes, pero de manera general la banda transportadora funciona bien.



Figura 22. Banda transportadora.



Figura 23. Banda transportadora.

IV. CONCLUSIONES

Jorge Daniel Carreón Guzmán

Este proyecto ha puesto a prueba nuestras capacidades mentales. Aunque pueda sonar sencillo el crear una banda capaz de transportar un recipiente hasta cierta distancia para que se comience a llenar de agua y después terminar su recorrido, ¡No lo es! Surgen demasiadas variables imprevistas que imposibilitan su correcto funcionamiento. Si el eje de los rodillos no está bien centrado, si los cortes no están bien alineados, la base para empotrar el motor, si alguno de la gran cantidad de cables no está bien soldado... todo eso sin mencionar nada de la programación. En fin, nos las tuvimos que ingeniar con lo que teníamos, al final de todo es lo que hace un ingeniero. Todo este proceso de prueba y error me ha servido de aprendizaje; quizá más que muchas otras actividades escolares

Paola Lilly Encarnación Salvador

Para realizar este proyecto se requirió llevar a cabo una planeación, debido a que son partes tanto físicas, electrónicas y de programación. Se requirió de materiales para la construcción física de la banda, circuitos electrónicos para las conexiones de leds, botones, válvula y motor; y de programación para mandar instrucciones a cada uno de los componentes a través de un microcontrolador. Con ello se puede concluir en como es importante tener una buena organización, debido a que se requiere ensamblar y relacionar todos los aspectos necesarios para que el proyecto funcione correctamente. A lo largo del proceso surgieron varios problemas en relación a distintos componentes que salieron defectuosos y por tanto se debieron comprar otros (este fue el caso de un sensor y de la electroválvula), debido a que utilizamos materiales reutilizables algunas partes fueron más difíciles de ensamblar como el motor y la banda elástica sobre la base; en cuanto la parte electrónica era necesario estar checando cada una de las conexiones y que la soldadura estuviera correcta, entre otros detalles los cuales se tienen que estar observando y prestando atención.

Edson Giovanni Marín Colín

Este proyecto fue de mucho aprendizaje ya que se pudo percibir como es que se trabaja en las grandes industrias que se dedican a embotellar algún líquido u otra cosa que se tenga que colocar en un recipiente. Además de esto se tuvo que dedicar bastante tiempo y dinero para su ejecución ya que por detalles pequeños no era posible concretarlo. También a la hora de programar se tuvo mucho cuidado con las sentencias o líneas del código que se escribían ya que había que analizar las cosas con calma y comprensión.

V. REFERENCIAS

- [1]. Jaramillo Morales G., Alvarado Castellanos A., Zemansky. Circuito RC. [en línea]. Disponible en: <URL: <http://profesores.dcb.unam.mx/users/franciscopr/docs/Tema%203/3.8%20Circuito%20RC.pdf>>[Consultado 30 de octubre 2022].
- [2]. McAllister Willy.▷ La respuesta natural de n circuito RLC. [en línea]. Disponible en: <URL: <https://es.khanacademy.org/science/electrical-engineering/ee-circuit-analysis-topic/ee-natural-and-forced-response/a/ee-rlc-natural-response-variations>>[Consultado 30 de octubre 2022].
- [3]. [Dinámica de sistemas](#). Apuntes práctica 2_4 Respuesta Total de Sistemas de Segundo Orden. [Consultado 30 de octubre 2022].
- [4]. Hernandez Ricardo (2010) “Introducción a los sistemas de control: Conceptos, aplicaciones y simulación con MATLAB”, PEARSON EDUCACIÓN. Página 3.
- [5]. Hernandez Ricardo (2010) “Introducción a los sistemas de control: Conceptos, aplicaciones y simulación con MATLAB”, PEARSON EDUCACIÓN. Página 145.
- [6]. Admin, A. (2019, mayo 15). Respuesta al escalón. Studio-22.com. <https://www.studio-22.com/blog/enciclopedia/respuesta-al-escalon>