



Tecnológico de Monterrey

Escuela de Ingeniería y Ciencias

Carrera:	Ingeniería en Sistemas Digitales y Robótica	Materia:	Sistemas Embebidos
Nombre del alumno:	Carlos Jesús Salguero Rosales Jorge Martínez Hernández Sherlyn Quetzal López Hernández Ricardo Garcia Sedano	Semestre:	9
Nombre del docente:	Héctor Eduardo de Cos Cholula		
Práctica No.	3	Nombre de la práctica:	Implementación física de compuertas

Tema: Implementación de compuertas lógicas con ayuda de Álgebra Booleana, funciones lógicas y tablas de verdad, aplicadas a la comprensión del funcionamiento de sensores y actuadores dentro de una línea de producción.

Introducción.

Álgebra Booleana.

El Álgebra Booleana es un método utilizado para el diseño e implementación de circuitos electrónicos lógicos y digitales, en el cual se usan valores binarios, definidos como 0 (falso) y 1 (verdadero) y operadores lógicos o booleanos, tales como AND (&), OR (V) y NOT ('). Es de gran importancia para obtener una representación de funciones lógicas, a través de las tablas de verdad, las cuales describen la relación entre las variables de entrada y salida del circuito, mediante una operación algebraica determinada como expresión booleana.

Los operadores o compuertas lógicas a utilizar en la presente práctica serán los siguientes:

1. **Operador AND.** Representa a la operación multiplicación, donde A y B son variables dentro del circuito, y se realiza la operación $A*B$ para tener una salida Y. Notamos en la Tabla 1, que para que esta compuerta de a la salida "1", todas sus entradas deben ser igual a "1".

Compuerta AND		
A	B	Y (salida)
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tabla 1. Tabla de verdad de la compuerta AND.



Tecnológico de Monterrey

Escuela de Ingeniería y Ciencias



Imagen 1. Símbolo de la compuerta AND, representando sus entradas y su expresión lógica de salida.

2. **Operador NOT.** Otorga lo opuesto a lo ingresado en las entradas, por lo que, si existe un “1”, la salida será un “0” y viceversa. Funciona como el complemento de la variable.

Compuerta NOT	
A	Y (salida)
0	1
1	0

Tabla 2. Tabla de verdad de la compuerta NOT.

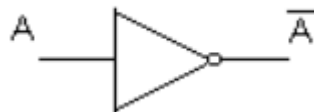


Imagen 2. Símbolo de la compuerta NOT, representando su entrada y su expresión lógica de salida.

3. **Operador OR.** Para esta compuerta, solo basta con que una de las entradas esté en “1” para que la salida sea “1”, ya que representa a la operación Suma, por lo que la salida será $A+B$.

Compuerta OR		
A	B	Y (salida)
0	0	0
0	1	1
1	1	1

Tabla 3. Tabla de verdad de la compuerta OR.



Tecnológico de Monterrey

Escuela de Ingeniería y Ciencias

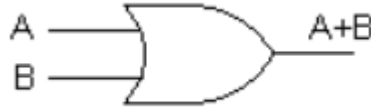


Imagen 3. Símbolo de la compuerta OR, representando su entrada y su expresión lógica de salida.

Software LabView

Es una plataforma de desarrollo de circuitos electrónicos para implementar de manera gráfica los componentes de un sistema embebido y hacer su prototipo en tiempo real. Cuenta con diferentes elementos gráficos de visualización en los cuales se pueden utilizar una gran variedad de herramientas y elementos electrónicos para construir el circuito deseado. Para la presente práctica se utilizó lo siguiente en el panel frontal y en el diagrama de bloques:

1. Botones que representan el estado de cada entrada, los cuales estarán etiquetados como I1 - I5.
2. Leds que representan el estado de las salidas, los cuales estarán etiquetados como Q1 - Q4.
3. Un arreglo de compuertas lógicas, descritas anteriormente, las cuales ejecutarán las operaciones indicadas, según la tabla de verdad presentada a continuación.

Los sistemas embebidos son sistemas computacionales basados en un microprocesador o un microcontrolador, y que están diseñados para realizar una o algunas funciones dedicadas a un sistema computacional en que ocurre en tiempo real. Son utilizados para cubrir necesidades específicas. En estos sistemas la mayoría de los componentes se encuentran en la placa base y muchas veces no tienen el aspecto de una computadora.

Así mismo nos puede ayudar a facilitarnos sistemas complejos como los de una fábrica, en la cual ocurren diferentes procesos en tiempos determinados, por lo que es necesario hacer la coordinación de estos y administrarlos, con el fin de hacer posible que los procesos sean efectivos y de calidad. Diseñar e implementar una línea de producción es una manera eficiente de aumentar la productividad y las metas administrativas de una empresa u organización. En esta práctica se buscó entender su funcionamiento y sus diferentes procesos de manera que los interpretamos por medio de estados, compuertas y operaciones booleanas al crear un circuito digital propuesto.



Tecnológico de Monterrey

Escuela de Ingeniería y Ciencias

Tarjeta myRio Student Embedded Device

Para su prueba se utilizó la tarjeta myRio Student Embedded Device, la cual es un dispositivo configurable tanto en sus entradas como en sus salidas, y que incluye diferentes herramientas tales como entradas y salidas analógicas y digitales, LEDs, pulsadores, acelerómetros, un FPGA Xilinx y un procesador dual-core ARM Cortex-A9. Nuestro modelo soporta comunicación vía WiFi y es programable con el software LabView o con el lenguaje de programación C.

Objetivo de la práctica:

El objetivo principal de la práctica es relacionarnos con el equipo de myRio y su funcionamiento, al implementar de manera virtual y física una línea de producción, de forma que manipulemos sus entradas y salidas, según se requiera. Comenzamos con el diseño de la Práctica 1 Compuertas Lógicas, pero implementada con LEDs en un protoboard. De esta manera, podremos aprender a configurar y conectar correctamente la tarjeta con un circuito más elaborado, así como adquirir conocimientos sobre el correcto funcionamiento de sus puertos de entrada y salida (I/O). De igual manera, se espera reforzar los conocimientos previos sobre el software LabView para construir circuitos digitales a partir de operadores y compuertas lógicas.

Equipo necesario y material de apoyo:

1. Computadora personal.
2. Software LabView 2015.
3. Protoboard para pruebas físicas del circuito.

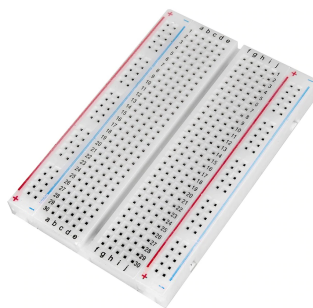


Imagen 4. Placa de pruebas utilizada en el desarrollo físico de la práctica.



Tecnológico de Monterrey

Escuela de Ingeniería y Ciencias

4. 4 LEDs (Light Emitting Diode, por sus siglas en inglés) de 3mm de diámetro de encapsulado, difusos de colores, con conexiones de terminal negativa cátodo V(-) y de terminal positiva ánodo V(+).



Imagen 5. LEDs utilizados para el desarrollo físico de la práctica.

5. Un dip switch de 6 posiciones para modificar el comportamiento de la línea de producción.

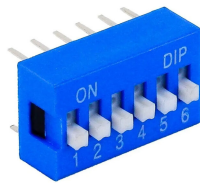


Imagen 5. Interruptor DIP Switch de 6 posiciones.

6. Tarjeta myRIO 1900 para lograr la comunicación entre el circuito físico y el archivo programado en el software LabView y hacer posible la implementación física de la práctica.



Imagen 6. Tarjeta NI myRIO, serie 1900, número de etiquetado 001.



Tecnológico de Monterrey

Escuela de Ingeniería y Ciencias

7. 9 Resistencias de 1k, las cuales están determinadas por las conexiones de los LEDs y del DIP Switch.

Resistores comerciales para leds de 3mm a 10mm

Alimentación:			5 volts	9 volts	12 volts
Leds 3mm - 5mm	Voltaje en led	Corriente típica	Resistores		
Ultrabrillantes			Valor Calculado: 95 Ω	Valor Calculado: 295 Ω	Valor Calculado: 445 Ω
Blanco-Verde-Azul	3.1V	20mA	Valor comercial: 100 Ω a 1/4 w Valor Calculado: 145 Ω	Valor comercial: 330 Ω a 1/4 w Valor Calculado: 345 Ω	Valor comercial: 470 Ω a 1/4 w Valor Calculado: 495 Ω
Rojo- Amarillo	2.1V	20mA	Valor comercial: 150 Ω a 1/4 w Valor Calculado: 130 Ω	Valor comercial: 330 Ω a 1/4 w Valor Calculado: 350 Ω	Valor comercial: 510 Ω a 1/4 w Valor Calculado: 495 Ω
Leds 3mm - 5mm Difusos					
Rojo-Amarillo-Verde	2V	20mA	Valor comercial: 150 Ω a 1/4 w Valor Calculado: 100 Ω	Valor comercial: 390 Ω a 1/4 w Valor Calculado: 300 Ω	Valor comercial: 510 Ω a 1/4 w Valor Calculado: 450 Ω
Azul	3V	20mA	Valor comercial: 100 Ω a 1/4 w Valor Calculado: 100 Ω	Valor comercial: 330 Ω a 1/4 w Valor Calculado: 300 Ω	Valor comercial: 470 Ω a 1/4 w Valor Calculado: 450 Ω

Imagen 7. Guía de resistencias comerciales recomendadas para utilizarlas con los LEDs, según el diámetro de su encapsulado, su voltaje y su corriente de salida.

Procedimiento:

Para el desarrollo de esta práctica, se creó un proyecto VI en LabView 2015, en el cual se elaboró el sistema utilizando 5 botones que simulan los actuadores, y 4 leds que simulan los sensores.

Después, se desarrolló en la terminal el sistema lógico, para que se pudiera dar los resultados que se requieren. Se siguió el diagrama presentado por el profesor, por lo cual solo se debió construir el circuito en el software LabView.

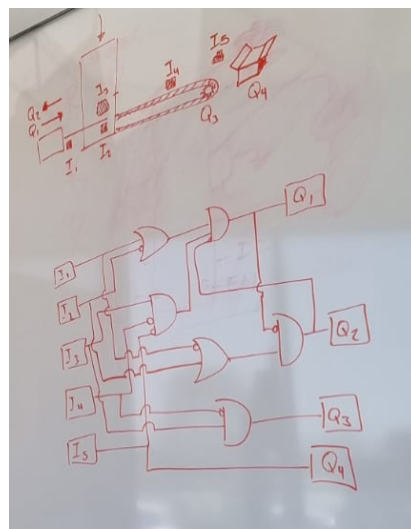


Imagen 8. Diagrama propuesto de la línea de producción a implementar y su respectivo circuito digital.



Tecnológico de Monterrey

Escuela de Ingeniería y Ciencias

Se muestra la parte lógica de todo este sistema con los sensores y actuadores mencionados previamente, ubicados en la sección de Diagrama de Bloques, dentro del proyecto creado para esta práctica.

En el Panel Frontal se utilizaron 5 switches llamados Horizontal Toggles para configurar las entradas I1 a I5. También se añadieron 4 LEDs circulares, que representan nuestras salidas, etiquetadas de Q1 a Q4.

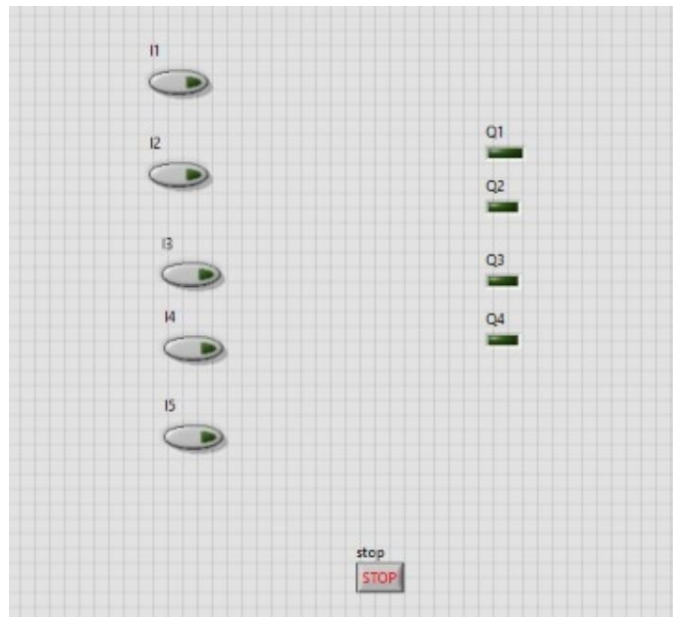


Imagen 9. Panel frontal del proyecto realizado, donde se muestra un botón de STOP para parar cualquier proceso en turno, 4 botones de entrada I1-15 y 4 LEDs de salida Q1-Q4.

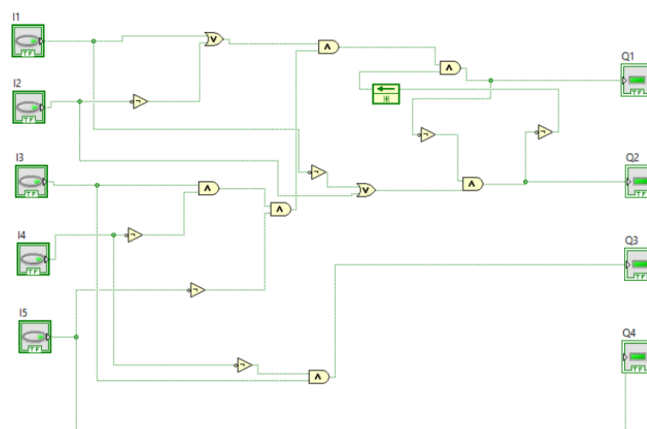


Imagen 10. Circuito digital implementado a partir de un arreglo de compuertas lógicas AND, OR y NOT, botones y LEDs que indican el estado del proceso en el que se encuentra la línea de producción en un tiempo determinado.



Tecnológico de Monterrey

Escuela de Ingeniería y Ciencias

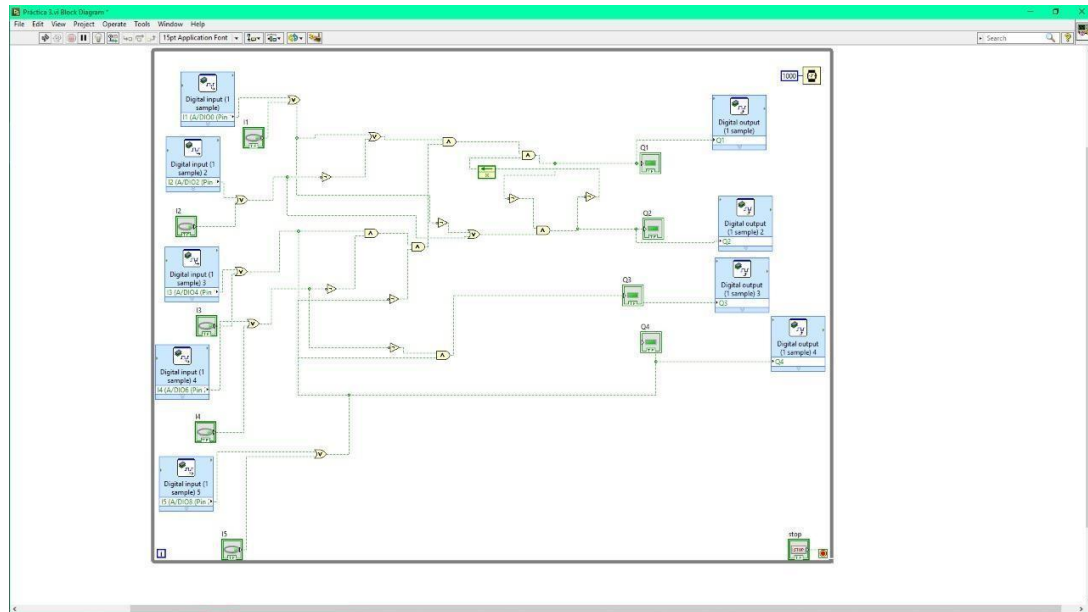


Imagen 11. Circuito digital implementado a partir de un arreglo de compuertas lógicas AND, OR y NOT, botones y LEDs que indican el estado del proceso en el que se encuentra la línea de producción en un tiempo determinado, con modificaciones en sus entradas y salidas para su desarrollo en conjunto con la tarjeta myRIO.

Nótese la creación de módulos dedicados a la herramienta myRIO.



Tecnológico de Monterrey

Escuela de Ingeniería y Ciencias

Se reutilizó la tabla de verdad realizada anteriormente en la práctica 1.

Cabe resaltar que los estados que se encuentran en rojo son los que no deberían aceptarse, ya que entran en la condición de don't care, ya que, al tener dos actuadores, la banda de transporte debería estar activando uno u otro, pero no ambos al mismo tiempo.

I1	I2	I3	I4	I5	Q1	Q2	Q3	Q4
0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1	0	1	0
1	0	1	0	0	1	0	1	0
0	1	1	0	0	0	1	1	0
1	1	1	0	0	0	1	1	0
0	0	0	1	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	1	0	0
1	1	0	1	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0	1	0	1
1	0	0	0	1	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0	1	0	1
1	1	0	0	1	0	1	0	1
0	0	1	0	1	0	1	1	1
1	0	1	0	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	0	1	1	1
0	0	0	1	1	0	1	0	1
1	0	0	1	1	0	0	0	1
0	1	0	1	1	0	1	0	1
1	1	0	1	1	0	1	0	1
0	0	1	1	1	0	1	0	1
1	0	1	1	1	0	0	0	1

Tabla 4. Tabla de verdad del circuito digital implementado, en los cuales se muestran los estados de 5 entradas, etiquetadas de I1 a I5, y sus salidas, etiquetadas de Q1 a Q4.



Tecnológico de Monterrey

Escuela de Ingeniería y Ciencias

Pruebas:

Una vez compilado y corrido el circuito digital en LabView 2015, se siguió con la conexión y armado físico del circuito en un protoboard o placa de pruebas.

La construcción consistió en conectar 5 de los 6 pines del DIP Switch y los 4 LEDs. Los interruptores del DIP fueron conectados a las entradas de la tarjeta myRIO, mientras que los LEDs fueron conectados a los puertos de salida de la tarjeta.

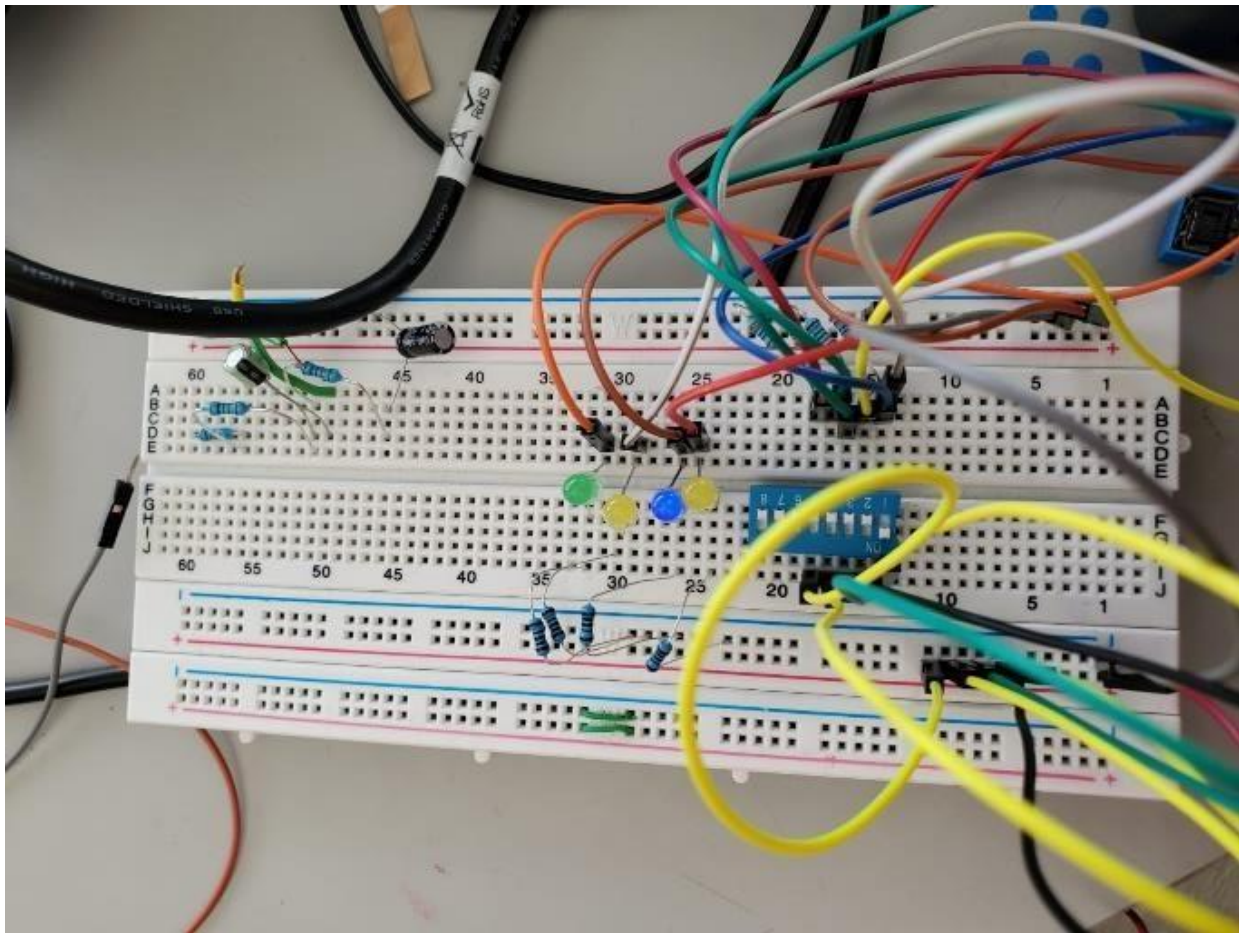


Imagen 12. Conexiones físicas en una placa de pruebas, en las cuales se tienen las entradas y salidas, representadas por los interruptores del DIP Switch, y los LEDs, respectivamente.

A continuación se presenta el video de las pruebas realizadas a nuestra “línea de producción” implementada.

https://drive.google.com/drive/folders/1i6geQ9avNm-GoTrvRI_3iP6TcdTr9VcB?usp=sharing



Tecnológico de Monterrey

Escuela de Ingeniería y Ciencias

Resultados:

Los resultados en la simulación fueron un éxito, las entradas que se metían daban el correcto funcionamiento con los LEDS, por lo que la tabla de verdad se pudo comprobar. No obstante, no se puede decir lo mismo del circuito. A pesar de que el circuito se encontraba bien conectado, hubo dificultades para hacer que los LEDS funcionaran acorde a la tabla de verdad.

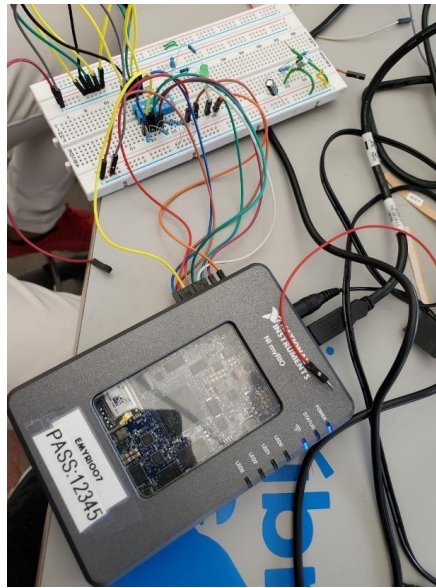


Imagen 13. Conexiones físicas en una placa de pruebas y comunicación con los puertos de entrada y salida (I/O) de la tarjeta myRIO 1900.

Por alguna razón, los LED no realizaban su correcta función, a pesar de estar bien conectados. Atribuimos este fallo a un error con el desarrollo del sistema lógico. No obstante, la simulación no falló, por lo que desconocemos cuál pudo ser el error en específico. La siguiente imagen muestra el funcionamiento correcto de la simulación. Para verificar que el resultado sea correcto, se usará la tabla de verdad, verificada por el equipo. Se puede comprobar que el resultado es correcto, ya que si el push button “I2” es puesto en 1, el led “Q2” se encenderá (En representación del “1 lógico”).

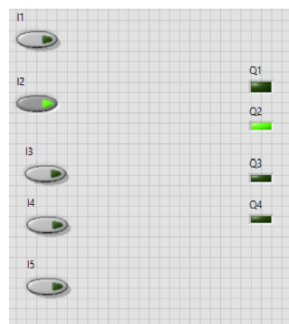


Imagen 14. Simulación que resultó correcta al encenderse I2 y Q2, lo cual representa un 1 lógico, de acuerdo a nuestra tabla de verdad.



Tecnológico de Monterrey

Escuela de Ingeniería y Ciencias

Conclusiones y comentarios:

En conclusión, a pesar de que se trataba de una práctica sencilla, resultó un poco molesta con el problema que se tuvo con el circuito. No obstante, su desarrollo en la simulación resultó muy sencillo. La simulación del circuito digital fue correcta, y su funcionamiento fue fácilmente entendible con la tabla de verdad y la explicación previa del profesor. Gracias a esta práctica, se pudieron obtener los conocimientos para realizar varias conexiones con diferentes elementos eléctricos en la tarjeta myRIO, al familiarizarnos con su programación en LabView al ocupar módulos específicos en la ventana de Herramientas y elementos, e incluirlos en el diseño final.

No existen comentarios finales, salvo el que se intentará realizar la práctica para no tener problemas a futuro con alguna posible duda en las siguientes prácticas. La prioridad del equipo es tener total conocimientos sobre el tema y los que vienen para realizar un excelente proyecto final.

Referencias:

1. Veloso, C. (2016) *Compuertas lógicas básicas y sus tablas de verdad*. Electrónica Digital. ETools. Recuperado el 20 de abril de 2022 desde <https://www.electrontools.com/Home/WP/compuertas-logicas-basicas-y-sus-tablas-de-verdad/>
2. Rodríguez Cuevas, J. (2020) *Álgebra Booleana. Diseño Digital*. Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Recuperado el 21 de abril de 2022 desde: <https://uapa.cuaieed.unam.mx/sites/default/files/minisite/static/7aeaa4d5-346d-4a31-91d9-ad11549328c5/Algebra-Booleana/index.html>
3. López Takeyas, B. (2011) *Álgebra Booleana*. ITN Nuevo Laredo. Recuperado el 21 de abril de 2022 desde: http://www.itnuevolaredo.edu.mx/takeyas/apuntes/matemáticas_discretas/apuntes/Algebra_Booleana.pdf
4. Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea. *Tutorial de LabView y myRIO*. Recuperado el 21 de abril de 2022 desde: <https://www.ehu.eus/es/web/tutorial-myrio/sarrera>
5. National Instruments. (2022) *myRIO Student Embedded Device*. Recuperado el 22 de abril de 2022 desde: <https://www.ni.com/en-us/shop/hardware/products/myrio-student-embedded-device.html>
6. UNIT Electronics. (2022) *LED 5 mm Difuso Rojo/Amarillo/Verde/Azul/Blanco*. Recuperado el 22 de abril de 2022 desde: <https://uelectronics.com/producto/led-5mm-difuso-rojo-amarillo-verde-azul-bla>