

# CIRCUITO DE PRUEBA PARA UN CONTADOR DE 4 BITS CON UN DISPLAY PARA VISUALIZAR LA SALIDA EMPLEANDO LOS INTEGRADOS 7493 Y 4511 MEDIANTE EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN TINKERCAD

Bryan V. Alvarado <sup>1\*</sup>, Evelin E. Hidalgo <sup>1</sup>, Jorge A. Cruz <sup>1</sup>

*Departamento de Eléctrica y Electrónica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolguí, Ecuador*

bvalvarado@espe.edu.ec

Resumen - ThinkerCad es un programa o software gratuito y online creado para el desarrollo y modelado de objetos en 3D de una manera sencilla, ofrece también una posibilidad realmente interesante de montar, programar y simular circuitos incluso con Arduino al disponer de una interfaz de trabajo simple y atractiva. Los circuitos contadores son circuitos secuenciales compuestos por biestables que tienen una entrada de cuenta de impulsos (CLK) y un número de salidas que representan en cada momento, el número de impulsos que le llegan a la entrada de reloj en un código binario. Estos circuitos son muy utilizados en las aplicaciones que conllevan la cuenta de eventos o medición de tiempos, como es el caso de los relojes digitales, contadores de impulsos, frecuencímetros, controladores digitales y autómatas finitos.

Índice de Términos -Arduino -Autómatas-Frecuencímetros-Impulsos-Thinkercad.

## I. INTRODUCCIÓN

Para el circuito contador a implementar se utilizó circuitos integrados 5411 que es un decodificador bcd para display de 7 segmentos. El display de 7 segmentos es un componente bastante empleado en el mundo de la electrónica, ya que permite que sea muy simple la exhibición de valores numéricos. Pudiendo representar cifras de 0 a 9, 7493 que contiene en su interior cuatro flip-flops JK, tal como se observa en la figura 1, que permiten utilizarlo como un contador ascendente de cuatro bits, es decir, puede realizar un conteo binario desde cero hasta quince y el temporizador 555 un circuito integrado (chip) que se utiliza en la generación de temporizadores, pulsos y oscilaciones. El flip flop 555 puede ser utilizado para proporcionar retardos de tiempo, como un oscilador y como un circuito integrado. Sus derivados seleccionados hasta cuatro circuitos de sincronización en un solo paquete.

Un contador es un circuito en el que sus salidas siguen una secuencia fija que cuando acaba vuelve a empezar, o circuitos que reciben sus datos en forma serial ordenados en distintos intervalos de tiempo. Los pulsos de entrada pueden ser pulsos de reloj u originarse en una fuente externa y pueden ocurrir a intervalos de tiempo fijos o aleatorios y el número de salidas limita el máximo número que se puede contar.

## II. ESTADO DEL ARTE

En 2019, Thilanka Munasinghe, Evan W. Patton y Oshani Seneviratne del Instituto Politécnico Rensselaer, Departamento de Tecnologías de la Información y Ciencia Cibernética en Estados Unidos, desarrollaron aplicaciones IoT usando MIT App Inventor

para recopilar y analizar datos de sensores de bajo costo, algoritmos de aprendizaje que han permitido la toma de decisiones basadas en sistemas a gran escala. La plataforma de desarrollo de MIT App Inventor permite crear aplicaciones utilizando varios sensores y plataformas de IoT como Raspberry Pi 2 y Android Things fáciles de programar con un enfoque en la recopilación de datos de sensores conectados en un solo ambiente (Munasinghe, 2019, p.1) [1].

Ruanqianqian Huang y Franklyn Turbak del Wellesley College, Department of Computer Science en 2019 implementaron un diseño para la conversión bidireccional entre bloques y texto para App Inventor mediante fragmentos de código visual que evitan errores semánticos sintácticos y estáticos y reducen la carga cognitiva para este fin diseñaron un sistema de modo dual para MIT App Inventor que admite representaciones textuales para bloques, espacios de trabajo, pantallas y proyectos completos que permiten la conversión bidireccional entre bloques isomórficos y representaciones de texto, permitiendo que individuos de varios niveles de experiencia en programación se relacionen con la interfaz (R. Huang,F. Turbak,2019)[2].

Lance A. Allison y Mohammad Muztaba Fuad del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad Estatal de Salem en 2016, basaron su estudio en la comunicación entre aplicaciones de Android desarrolladas en App-Inventor y Android Studio para proporcionar diferentes funcionalidades específicas de cada plataforma al dispositivo, en Android pueden desarrollarse usando App Inventor 2 (AI) del MIT o usando IDEs como Android Studio (AS) con la ayuda del SDK de Android, la versión del App Inventor original de Google, que es un entorno de desarrollo basado en un navegador web para una forma más sencilla de desarrollar aplicaciones de Android. Con poco o ningún conocimiento de programación, uno puede desarrollar e implementar una aplicación de Android usando AI, la mayoría de las aplicaciones desarrolladas en AI tienen que seguir una plantilla de diseño específica (Lance,2006,p.1) [3].

Para el trabajo de investigación presente, se utilizó el entorno de desarrollo de software MIT App Inventor dirigido a la Conversión de un "NÚMERO DECIMAL A CÓDIGO BCD"(Munasinghe,2019,p.1), el entorno de programación para el aplicativo se hizo sobre la base de MIT App Inventor (Lance,2006,p.1). El sistema tiene la capacidad de proyectar un número decimal de salida en la pantalla del dispositivo android simulando la proyección de un display de 7 segmentos (R. Huang,F. Turbak,2019).

### III. MARCO TEÓRICO

#### TINKERCAD

ThinkerCad es un programa o software gratuito y online creado para el desarrollo y modelado de objetos en 3D de una manera sencilla, ofrece también una posibilidad realmente interesante de montar, programar y simular circuitos incluso con Arduino al disponer de una interfaz de trabajo simple y atractiva. TinkerCAD ha sido creado por la empresa Autodesk. Como ventajas se podría destacar que es sencillo de usar, tiene un aspecto atractivo y con unas pocas horas de uso se puede adquirir mucha destreza. Por otro lado, como desventaja se puede señalar que es necesario tener una cuenta de correo para darse de alta como usuario y que sólo posee una versión online. Para esto se debe crear una cuenta de usuario y acceder seleccionando la opción "Circuits" para empezar a crear circuitos .

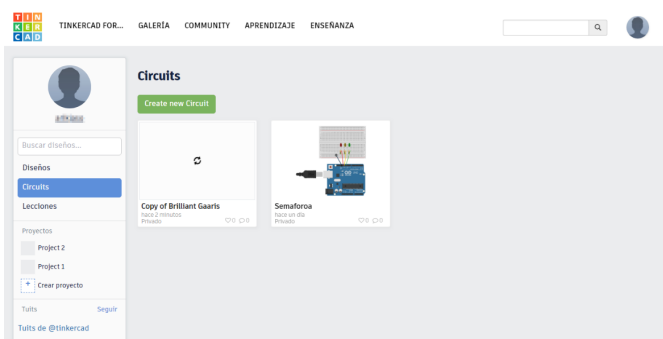


Fig 1.ThinkerCad

#### CONTADORES

Los circuitos contadores son circuitos secuenciales compuestos por biestables que tienen una entrada de cuenta de impulsos (CLK) y un número de salidas que representan en cada momento, el número de impulsos que le llegan a la entrada de reloj en un código binario. Los circuitos divisores de frecuencia son circuitos que poseen una entrada por la que llega un tren de impulsos a una determinada frecuencia y disponen de una salida por la que se obtiene una frecuencia de valor n veces menor. Estos circuitos son muy utilizados en las aplicaciones que conllevan la cuenta de eventos o medición de tiempos, como es el caso de los relojes digitales, contadores de impulsos, frecuencímetros, controladores digitales y autómatas finitos[5].

##### Características

- Un contador es un circuito en el que sus salidas siguen una secuencia fija que cuando acaba vuelve a empezar, o circuitos que reciben sus datos en forma serial ordenados en distintos intervalos de tiempo.
- Los pulsos de entrada pueden ser pulsos de reloj u originarse en una fuente externa y pueden ocurrir a intervalos de tiempo fijos o aleatorios.
- El número de salidas limita el máximo número que se puede contar.

##### Circuito integrado 7493

El circuito integrado 7493 contiene en su interior cuatro flip-flops JK, tal como se observa en la figura 1, que permiten utilizarlo como un contador ascendente de cuatro bits, es decir, puede realizar un conteo binario desde cero hasta quince.

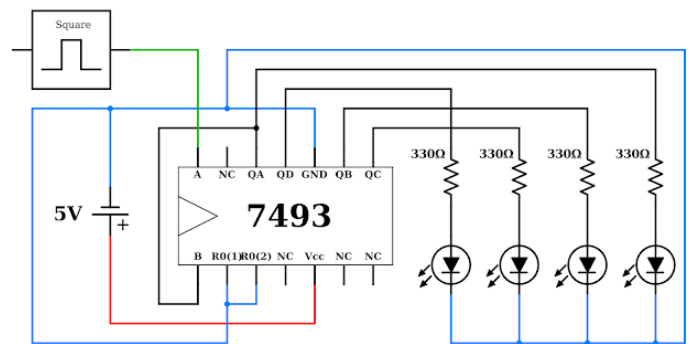


Fig 2.Circuito Interado 7493

##### Circuito integrado 4511

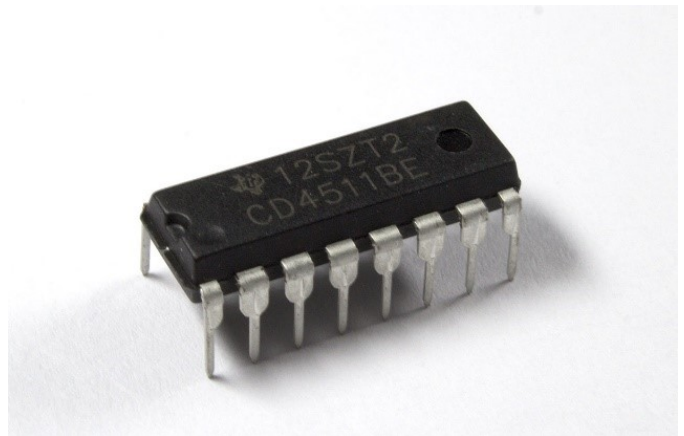


Fig 3.Circuito Integrado 4511

El CD4511 es un decodificador bcd para display de 7 segmentos. El display de 7 segmentos es un componente bastante empleado en el mundo de la electrónica, ya que permite que sea muy simple la exhibición de valores numéricos. Pudiendo representar cifras de 0 a 9 Puede ser aplicado también en ambientes industriales para ejecutar funciones como[6]:

- Exhibir la cuenta de piezas en un determinado proceso.
- Exhibir la temperatura de un alto horno en la fundición de metales.
- Exhibir las rpm de una máquina.
- Mostrar la cantidad de aceite lubricante restante en un reservorio.

Los display de 7 segmentos son empleados la mayoría de las veces a partir de circuitos digitales como circuitos integrados, microcontroladores y otros procesos que trabajan en sistema binario, cuyo sistema y representación es apenas realizado por dos niveles lógicos 0 y 1 denominados bits. Resultando la pareja cd4511 y display 7 segmentos una herramienta muy útil para estos casos, tambien es comun el duo cd5411 y cd4510[6].

##### TEMPORIZADOR 555

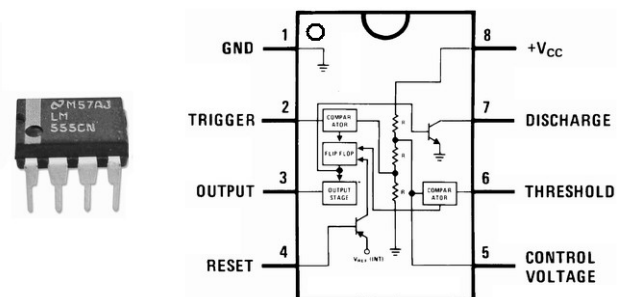


Fig 4.Circuito Integrado 555

El temporizador 555 es un circuito integrado (chip) que se utiliza en la generación de temporizadores, pulsos y oscilaciones. El flip flop 555 puede ser utilizado para proporcionar retardos de tiempo, como un oscilador y como un circuito integrado. Sus derivados seleccionados hasta cuatro circuitos de sincronización en un solo paquete[8]. Modos básicos de funcionamiento

ASTABLE: Forma de onda cuadrada.

MONOESTABLE: Salida un solo pulso de un ancho establecido por el diseñador (tiempo duración).

Aplicaciones

Temporizador.

Oscilador

Divisor de frecuencia.

Generador de señales.

#### IV. PROPUESTA

El circuito se a dividido en cuatro etapas:

Generador de pulsos

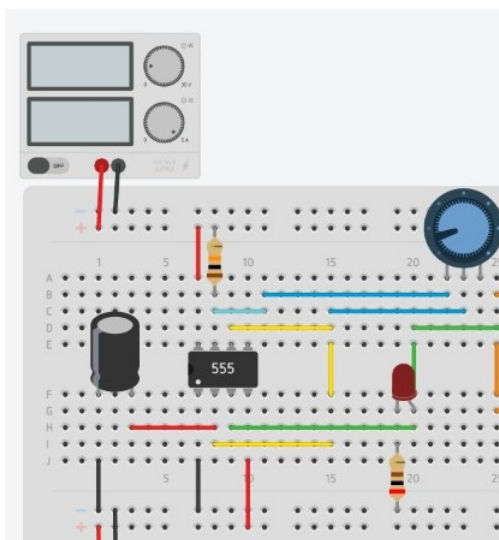


Fig 5.555

Se utilizó el circuito integrado 555 que genera pulsos en configuración multivibrador astable es decir mediante una onda cuadrada que se repite de forma continua siendo el estado alto 1 y el estado bajo 0, la amplitud de la onda se puede modificar mediante el potenciómetro. El esquema de conexión que se utilizó es el siguiente:

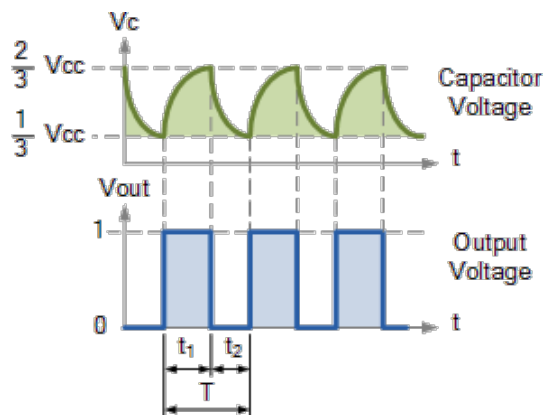


Fig 6.555

La señal de salida tiene un nivel alto por un tiempo  $T_H$  y en un nivel bajo un tiempo  $T_L$ . Los tiempos de duración en segundos dependen de los valores de  $R_a$ ,  $R_b$  y  $C$ .

$$T_H = t_1 = 0.693 \cdot R_a + R_b \cdot C$$

$$T_L = t_2 = 0.693 \cdot R_b \cdot C$$

$$T_H = t_1 = 0.693 \cdot 10k + 200\Omega \cdot 22\mu f = 6930$$

$$T_L = t_2 = 0.693 \cdot 200\Omega \cdot 22\mu f = 3.04 \cdot 10^{-3}$$

La frecuencia con que la señal de salida oscila está dada por la fórmula:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{T_H + T_L} = \frac{1}{0.693 \cdot R_a + R_b \cdot C + 0.693 \cdot R_b \cdot C}$$

$$f = \frac{1}{0.693 \cdot R_a + 2R_b \cdot C} = \frac{1.44}{R_a + 2R_b \cdot C}$$

$$f = \frac{1.44}{10k + 2 \cdot 200 \cdot 22\mu} = 6.29Hz$$

El 555 tiene dos entradas de control adicionales. Una entrada de reposición (RESET) que para inmediatamente la salida y la pone a nivel bajo, y una entrada de tensión de control ( $C_v$ ) que puede utilizarse para variar la anchura del impulso de salida variando la tensión continua a ella aplicada, y que varía la frecuencia de oscilación[6].

$$DC = \frac{T_H}{T_H + T_L} = \frac{0.693 \cdot R_a + R_b \cdot C}{0.693 \cdot R_a + 2R_b \cdot C}$$

$$DC = \frac{R_a + R_b}{R_a + 2R_b}$$

$$DC = \frac{10k + 200\Omega}{10k + 2 \cdot 200\Omega} = 0.98$$

Contador 7493

Este circuito integrado codifica a BCD del 0 en BCD(0000) al 9 en BCD (1001) solo cuando se envía pulsos es decir se tomará en cuenta los estados bajos "0" enviados del 555 y los estados altos "1" como una espera y el tiempo que se demore en estado "1" es igual al tiempo que estará mostrando el número en el display. Entonces el número que aparecerá en el display es la cantidad de estados bajos que ha contado en ese momento.

El esquema de conexión que se utilizó es el siguiente:

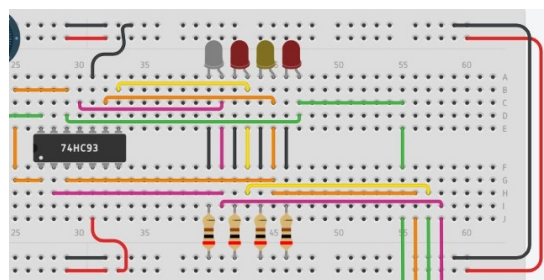


Fig 7.7493

Tabla de verdad

COUNT	OUTPUT			
	Q3	Q2	Q1	Q0
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H

Fig 8.7493

En donde Count son la cantidad de estados bajos que ha contado provenientes del IC555 y Output son las cuatro salidas del Circuito Integrado 7493.

L= Low – Bajo – 0 lógico

H= High- Alto – 1 lógico

En la siguiente imagen se puede apreciar los 3 pulsos negativos que ha enviado el IC555 hasta el momento, por lo tanto la salida Q0=1, Q1=1, Q2=0 y Q3=0 este es el código en BCD del número 3 es decir “0011”.

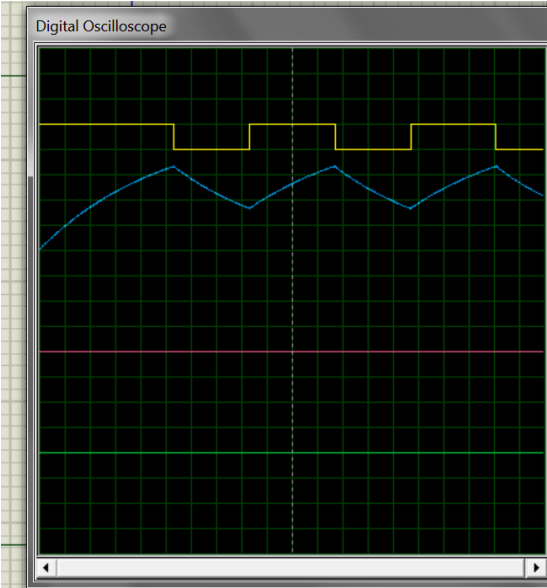


Fig 9.7493

Decodificador BCD a 7 segmentos

El 4511 es un decodificador de BCD a 7 segmentos. Recibe como entradas los 4 bits de salida del contador 7493 que forman un dígito codificado en binario (BCD, Binary Coded Digit) y da como salida el mismo número (dígito) presentado en el display de 7 segmentos[7].

TABLA DE VERDAD												
ENTRADA				SEGMENTOS								
A1	B1	C1	D1	A	B	C	D	E	F	G		
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0		
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0		
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1		
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1		
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1		
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1		
0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1		
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0		
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1		
1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1		

Fig 10.5411

El esquema de conexión que se utilizó es el siguiente:

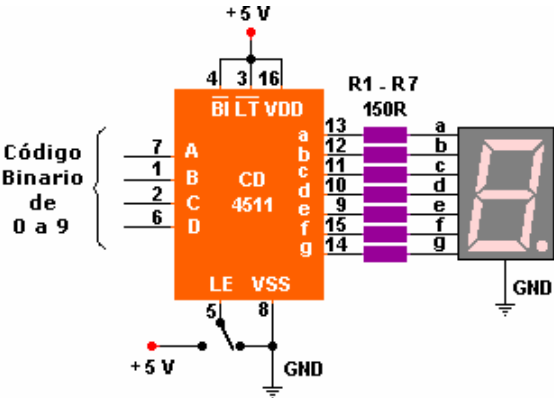


Fig 11.5411

Display 7 segmentos

Finalmente se puede observar en el número en el display de siete segmentos con sus resistencias de protección de cada diodo.

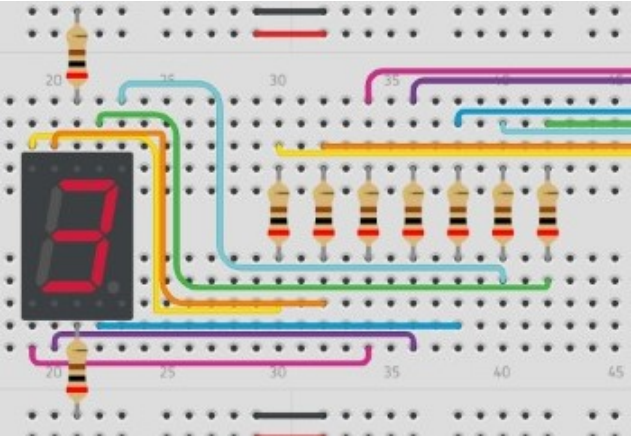


Fig 12.Display



Para mejor comprensión se describe el envío del CI7493 un código en BCD del número 3 que sería "0011", para verificar observar en la tabla de verdad del CI4511, el código 0011 en las entradas, estaría en estado ALTO, es decir, un 1 logico, los segmentos A, B, C, D, G, y en estado BAJO "0 logico" los segmentos E y F.

Nota: Los led se utilizan para saber si el circuito integrado 555 está funcionando correctamente y solo se activan con los pulsos en estado alto.

## V. RESULTADOS

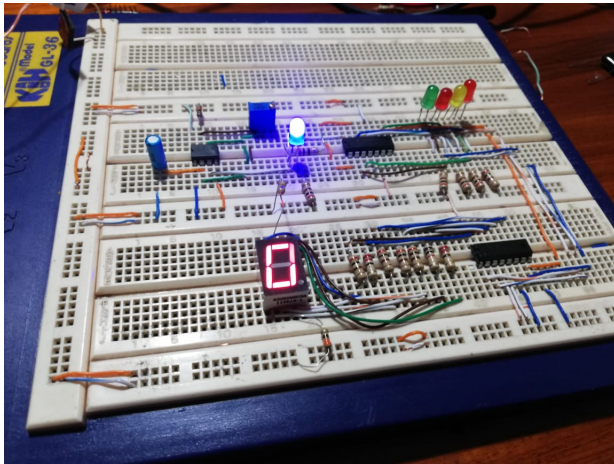


Fig 13. Representación número "0" Circuito Contador

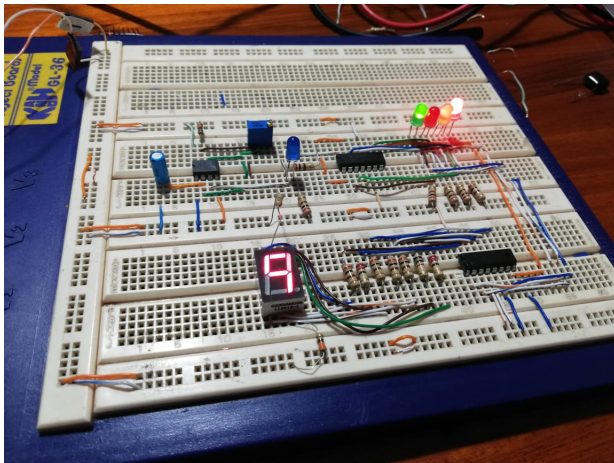


Fig 14. Representación número "9" Circuito Contador

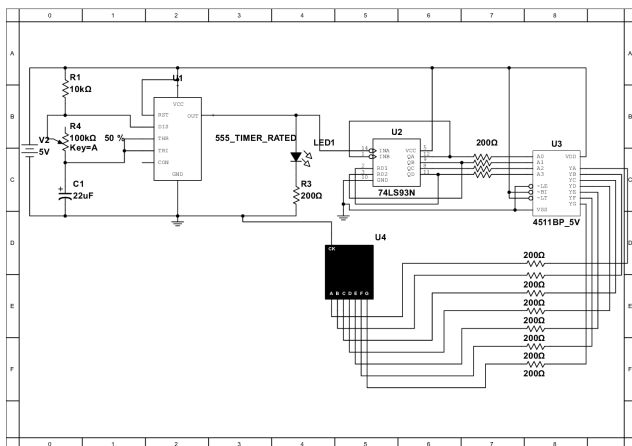


Fig 15. Diagrama Eléctrico

Explicación: En este diagrama eléctrico observamos cuatro etapas, en la primera el generador de pulsos usando el circuito integrado 555, en la segunda etapa se observa un contador asíncrono a partir del

circuito integrado 7493, en la tercera etapa observamos decodificador BCD a 7 segmentos 4511 y en la última etapa se observa el display de 7 segmentos con cátodo común. Para realizar la conexión del circuito integrado 555, realizamos un corto entre el Reset(4) y el +Vcc(8), de igual manera el Umbral(6) y el disparo(2) conectado este al potenciómetro. Es importante colocar resistencias de protección para las salidas de los leds. En la segunda etapa el integrado 7493, el puerto de ingreso será el "Reloj 0 (14)" mientras los bits de salida serán; el puerto 12-Salida0, el puerto 9-Salida 1, el puerto 8-Salida 2, el puerto 11-Salida3. Cuenta con un puerto de alimentación (5) y un puerto a tierra (10). Los puertos de restablecer (2-3) deberán estar en corto con las salidas 1 y 3. En la fase tres, el circuito integrado 4511 recibe 4 bits de información (Puerto 6- entrada1, puerto 1 entrada 2, puerto 2 entrada 3, puerto 6 entrada 4), estos bits cuentan con su respectiva resistencia de protección de 200 ohms, para finalmente entregar 7 bits de salida que serán usados en el display de 7 segmentos, estos con su correspondiente resistencia de 200 ohms.

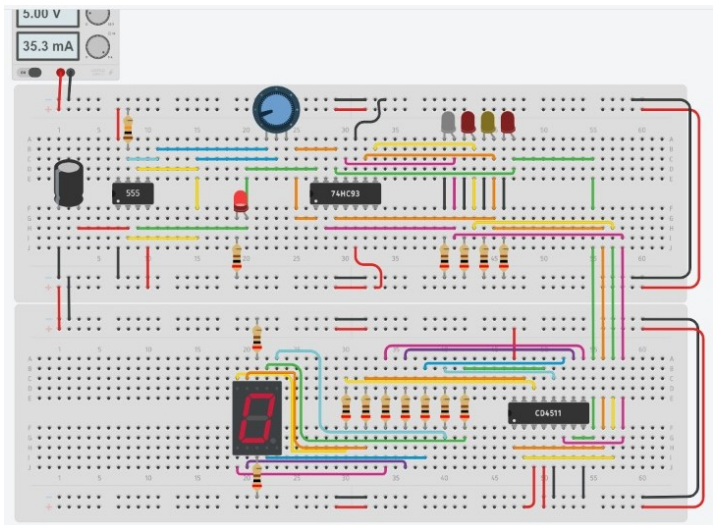


Fig 16. Representación número "0" Simulación Circuito Contador

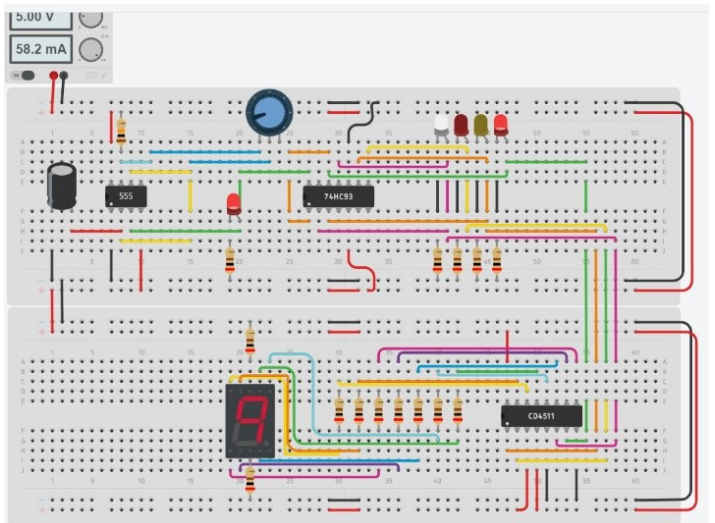


Fig 17. Representación número "9" Simulación Circuito Contador

## VI. CONCLUSIONES

En conclusión:

- El contador digital a permitido vizualizar una aplicación importante en la vida cotidiana, entendiendo que todas las entradas de reloj de este circuito están conectadas a un mismo punto, logrando asi que la señal de reloj sea la misma para todos los FF del contador dando una ventaja a este circuito ya que el tiempo de propagación se reduce al mínimo porque el

conteo solo debe propagarse por una o dos compuertas y un FF es decir cambian al mismo tiempo y no dependen de otro FF para operar.

- Al momento de desarrollar el análisis del circuito a diseñar, se evidencio un problema, este era compatibilidad del circuito integrado con el bit de ingreso, ya que este necesitaba de un generador de pulsos. Para lo cual se implementó el circuito integrado 555 en su configuración básica, la cual tiene definida su frecuencia a partir de la siguiente ecuación:  $F = \frac{1.44}{(R1 + 2 * R2) * C}$ , en el circuito se implementó un potenciómetro de 500k Ohms que funciona como R2 para poder variar la frecuencia de ingreso al circuito integrado 4793 una manera más óptima, teniendo como resultado que al aumentar el valor del potenciómetro la frecuencia será menor, mostrándonos así el intervalo entre número y número en mayor tiempo. la etapa final del circuito al momento de trabajar con las salidas del integrado 74HC93, dichas salidas representan un número binario de 4 bits que al momento de ser decodificado por el CD4511 si no se respeta el orden de dígitos del diseño en este caso del bit menos significativo al más significativo, al proyectar la salida en el display el número decimal que aparezca no será el correcto, esto se debe principalmente a que las entradas del decodificador CD4511 son las salidas del contador 74HC93, otro aspecto importante a considerar es la configuración del display para el presente trabajo se utilizó la de Cátodo Común por ende si las terminales del display no se conectaban a tierra o GND la proyección no era posible.

#### REFERENCIAS

- [1] Lee Ai Lim, Ghazali, A., Yan, SCT y Chau Chien Fat. (2012) Diseño de circuito secuencial utilizando autómatas celulares de punto cuántico (QCA). 2012 Conferencia Internacional IEEE sobre Circuitos y Sistemas (ICCAS). doi: 10.1109 / iccircuitsandsystems.2012.6408320
- [2] Lee Ai Lim, Ghazali, A., Yan, SCT y Chau Chien Fat. (2012) Diseño de circuito secuencial utilizando autómatas celulares de punto cuántico (QCA). 2012 Conferencia Internacional IEEE sobre Circuitos y Sistemas (ICCAS). doi: 10.1109 / iccircuitsandsystems.2012.6408320
- [3] Gavaskar, K., Malathi, D., Dhivya, R., Dayana, RD y Dharun, I. (2020). Diseño de bajo consumo de contador simultáneo de 4 bits utilizando circuitos de conmutación digital para aplicaciones de conteo de bajo rango. 2020 Quinta Conferencia Internacional sobre Dispositivos, Circuitos y Sistemas (ICDCS). doi: 10.1109 / icdcs48716.2020.243607
- [4] Paul, B., Paul, C., Varghese, A., P. S., Shajoo, S. y Kurian, N. (2018). Diseño de un alimentador de energía para ancianos y simulación de circuito de motor desarrollado con AUTODESK TINKERCAD. Conferencia internacional de 2018 sobre circuitos y sistemas en tecnología digital empresarial (ICCSDET). doi: 10.1109 / iccsdet.2018.8821057
- [5] Marin, J. (20-12-20). Contados Ascendente. BlogSpot. <http://jmaarin.blogspot.com/2017/12/contador-ascendente-con-ci-7493.html>
- [6] Monroy, M. (2018, 26 diciembre). Temporizador. Medium.com. <https://medium.com/@m.monroyc22/temporizador-555-243abcb933a5>
- [7] Gonzales, R. (2019, 7 abril). Contador Binario. Electrónica Digital. <https://personales.unican.es/manzanom/Planantiguo/EDigitalI/CONTG5.pdf>
- [8] Fuente, F. (2017, 24 enero). Decodificador bcd a 7 segmentos. Wilaeba Electronica. <https://wilaebaelectronica.blogspot.com/2017/01/decodificador-bcd-a-7-segmentos.html>