



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Pruebas funcionales para paneles contra incendios e ingeniería de componentes en un entorno de industrial

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Eléctrico Electrónico

P R E S E N T A

Gretta Rios Tenorio

ASESOR DE INFORME

Dr. Roberto Giovanni Ramírez Chavarria

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Roberto'.



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022

Índice

1. Glosario	4
2. Objetivos	5
3. Marco Teórico	5
3.1 <i>Watch Dog Timer</i>	5
3.1.1 Tipos de <i>WDT</i>	6
3.2 Lógica Digital	6
3.2.1 Entradas y Salidas Digitales	6
3.2.2 Resistencias pull-down/ pull-up	6
3.2.3 Salida Push-Pull	7
3.2.4 Tecnología <i>TTL</i>	7
3.2.5 Tecnología <i>CMOS</i>	8
3.3 <i>Level shifter</i>	9
3.3.1 Tipos de <i>level shifter</i>	10
3.3.2 Problemas comunes en los <i>level shifters</i>	10
3.4 Fuentes de alimentación	11
3.4.1 Convertidor <i>Buck</i>	11
4. Antecedentes	12
4.1 Ingeniería de componentes	12
4.2 Panel contra incendios	12
5. Contexto de la participación profesional	12
5.1 Validaciones para el rediseño de un panel de control contra incendios	12
1. Cambio de microcontrolador	13
2. <i>Level Shifter</i>	13
3. <i>Watch dog timer</i>	13
4. Compensación de temperatura en el <i>LCD</i>	13
5. Especificación eléctrica en las señales del <i>LCD</i>	13
6. Audio en el panel	13
7. Fuente de alimentación	13
5.2 Ingeniería de componentes	13
6. Análisis y metodología	13

6.1 Ingeniería de componentes	13
6.2 Rediseño de un panel contra incendios	14
6.2.1 Prueba de temperatura	14
6.2.2 Prueba de <i>Watch Dog Timer</i>	15
6.2.3 Compensación de temperatura en el <i>LCD</i>	19
6.2.4 Prueba de audio en el panel	20
6.2.5 Especificaciones eléctricas de las señales del <i>LCD</i>	22
6.2.6 Fuente de voltaje	23
7. Participación profesional	24
7.1 Ingeniería de componentes	24
7.2 Pruebas para rediseño de panel contra incendio	25
8. Resultados	28
8.1 Pruebas de temperatura	28
8.2 Prueba del <i>Watch Dog Timer</i>	29
8.3 Prueba de compensación de temperatura en el <i>LCD</i>	31
8.4 Prueba de Audio	32
8.5 Prueba para especificaciones eléctricas de las señales	34
8.6 Prueba fuente de alimentación (5V-3.3V)	37
9. Conclusiones	38
10. Referencias	39

1. Glosario

I_0 : Corriente máxima de entrada en el convertidor Buck

V_{IH} : Voltaje de entrada en alto

V_{IL} : Voltaje de entrada en bajo

V_{OH} : Voltaje de salida en alto

V_{OL} : Voltaje de salida en bajo

CMOS: Complementary Metal-Oxide-Semiconductor

DC: Corriente directa

GND: Tierra de circuito

LCD: pantalla de cristal liquido

LDO: Low dropout voltage regulator

MOSFET: Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor

NFPA: The National Fire Protection Association

NMOS: N channel Metal Oxide Semiconductor

PMOS: P channel Metal Oxide Semiconductor

Push-pull: tipo de salida para circuitos digitales

PWM: Pulse width modulation

TTL: Lógica Transistor Transistor

UL: Underwriters Labs

Vcc: Fuente de alimentación

Vin: Voltaje de entrada

WDT: Watch Dog Timer

2. Objetivos

El objetivo de este reporte es mostrar el trabajo realizado durante mi pasantía en la empresa y los temas con los que me involucré para poder realizar actividades relacionadas con ingeniería de componentes y pruebas de laboratorio para validar cambios en el hardware de un producto y asegurar su manufactura:

Objetivo 1: Validaciones de cambios de hardware para panel contra incendios

Apoyar al equipo de ingeniería con la validación de cambios en el diseño electrónico de un panel contra incendios, a través de la preparación de muestras de tarjetas electrónicas y la ejecución de pruebas eléctricas y pruebas funcionales, de acuerdo con los procedimientos indicados por las agencias regulatorias como *UL* y *NFPA*

Objetivo 2: Identificar componentes electrónicos alternos para solucionar problemas de desabasto y obsolescencia que pudieran afectar a la producción del producto.

Asegurar que los cambios de componentes no comprometan la calidad del producto mediante la comparación y validación de parámetros eléctricos y mecánicos; realizando pruebas de funcionamiento y caracterización de las Tarjetas de Circuito Impreso, *PCBs: Printed Circuit Boards*.

3. Marco Teórico

3.1 Watch Dog Timer

Un *Watch Dog Timer (WDT)* es un módulo que monitorea la correcta operación de circuitos programables detectando fallas temporales de software o eventos inesperados para proteger y recuperar al sistema. El *WDT* tiene 3 elementos: una cuenta de tiempo, una señal de supervisión y una señal de reinicio. [1]

A través de la señal de supervisión se detectan fallas en la ejecución del programa, cuando estas ocurren se emite una señal que permite reiniciar el programa para evitar estados indeseados como se observa en la Figura 1. Un *WDT* puede ser parte de un microcontrolador, como un periférico interno configurado por código o como un módulo de hardware externo que ayuda a identificar fallas. [2]

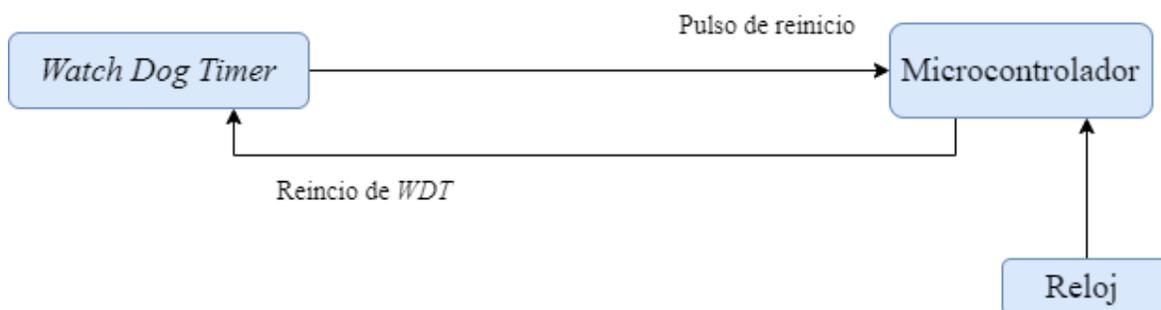


Figura 1. Funcionamiento de un Watchdog Timer.

3.1.1 Tipos de *WD*

Existen 3 tipos de *WD*:

- Tiempo Fuera
Se tiene un intervalo definido en el que el *WD* debe de recibir una señal del circuito programable. Sí, pasado este tiempo, el circuito programable no manda el dato o señal esperada, este se activará mandando una alerta y reseteando al circuito programable.
- Ventana
El *WD* puede detectar dos tipos de fallas que reinician al circuito programable:
 - Si en un lapso determinado el *WD* no detecta el pulso del circuito programable.
 - Si detecta dos pulsos en el mismo periodo.
- Pregunta y Respuesta
El *WD* tiene una referencia a un dato o valor fijo. El circuito programable manda este mismo dato al *WDT* y se comparan de no ser iguales, se reinicia.

3.2 Lógica Digital

3.2.1 Entradas y Salidas Digitales

Existen diferentes tipos de entradas y salidas digitales, se diferencian por la tecnología que se emplea para elaborarlas, por ejemplo, tecnología TTL o CMOS, y por los arreglos internos en los transistores que las conforman. Las entradas digitales son de alta impedancia, reconocen un rango de voltajes específico para definir los estados lógicos 1 y 0, sí el valor del voltaje en estas entradas esta fuera de rango, no se tiene un estado definido, lo que lleva a que esas entradas sean interpretadas aleatoriamente como 0 o 1 [4]. Una medida que se utiliza para evitar estados indefinidos en entradas ya sea TTL o CMOS, es el uso de resistencias *pull-up* o *pull-down*

3.2.2 Resistencias pull-down/ pull-up

Las resistencias de *pull-up* y *pull-down* se conectan a las entradas de un circuito digital para evitar que detecten valores aleatorios cuando no hay presente una señal de entrada. La conexión de las resistencias se muestra en la figura 2, cuando se usa la *resistencia pull-up* esta estará entre V_{cc} y el pin de salida/entrada del circuito integrado, con esta configuración siempre se tendrá un “1” lógico como default, sí se cierra el interruptor la logica cambiará a “0”.

. Para el caso de la resistencia *pull-down* se tendrá un “0” lógico como default ya que ahora esta conectada a GND y cuando se cierre el interruptor este creará un estado lógico 1 [3].

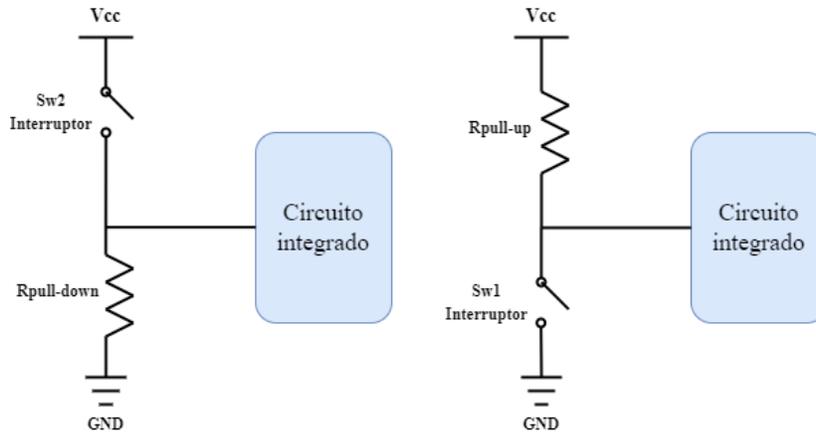


Figura 2. Resistencias pull-up y pull-down..

3.2.3 Salida Push-Pull

Es un tipo de salida para circuitos digitales que consiste en dos transistores *MOSFET* P y N, dependiendo de qué transistor este prendido se dará el nivel de voltaje para la salida *push-pull*. Para la salida en estado alto, el transistor *PMOS* este encendido suministrando corriente de V_{cc} a la carga que esté conectada al circuito integrado y el transistor *NMOS* esta apagado por lo que no deja pasar corriente a la tierra del circuito; caso contrario, cuando se tiene un nivel bajo la corriente de la carga se manda a tierra, ya que el transistor *NMOS* este encendido y *PMOS* está apagado por lo que no hay un paso de corriente de V_{cc} a la carga, figura 3. [5]

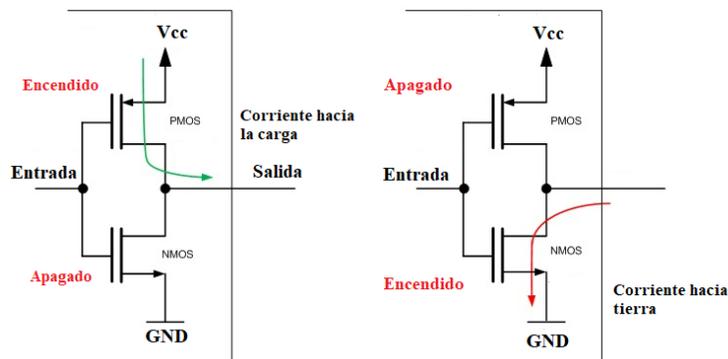


Figura 3. Salida push-pull.

3.2.4 Tecnología TTL

TTL es una familia digital lógica cuyos componentes de entrada y salida son transistores *BJTs*, como se muestra en el ejemplo de la figura 4. Los rangos de voltajes para esta tecnología son: 0 a 0.8V para señales lógicas “0” y 2 a 5 V para señales lógicas “1” [6].

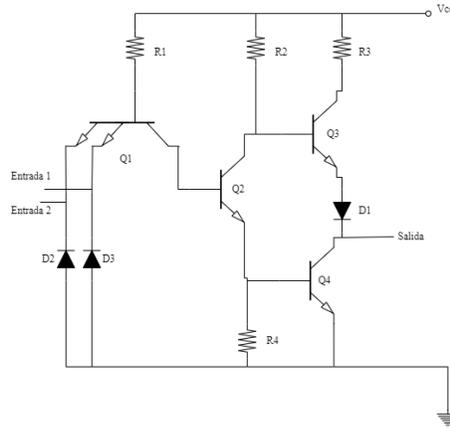


Figura 4. Compuerta TTL.

El rango de voltaje de 0.8 a 2 V se considera como desconocido o inválido para proporcionar una salida confiable. Esto se debe al margen de ruido, *Noise margin*. El margen de ruido es una medida que asegura que los circuitos funcionan correctamente en condiciones especificadas por cada uno, a menores márgenes de ruido el circuito integrado tiene más sensibilidad, figura 5. El margen de ruido es un término que se utiliza tanto para *TTL* como *CMOS*. [7]

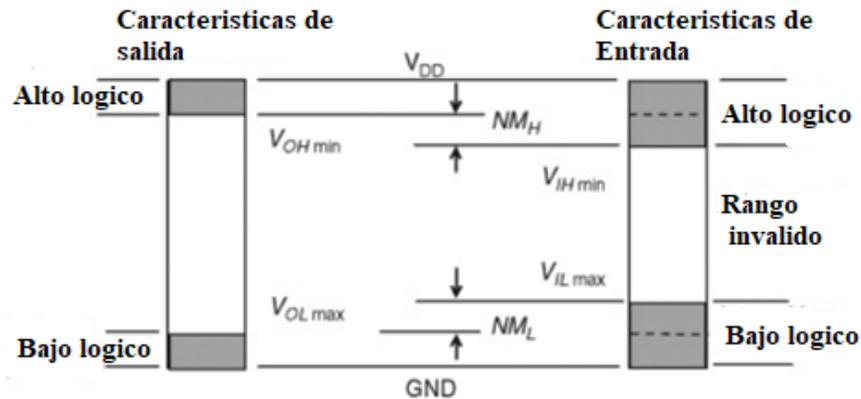


Figura 5. Niveles de voltaje y margen de ruido.

3.2.5 Tecnología CMOS

La tecnología *CMOS* está compuesta por la combinación de transistores *PMOS* y *NMOS*, figura 4. Una de las características que tiene la tecnología *CMOS* es que la corriente en estado de reposo es considerablemente menor a la tecnología *TTL*. Los rangos de voltaje para esta tecnología son de 0 a 1.5V para un “0” lógico y 3.5 a 5V para un “1” lógico en un nivel de voltaje a 5V [8].

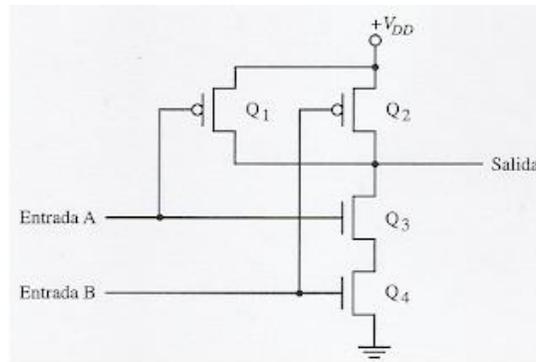


Figura 4. Ejemplo de compuerta CMOS.

3.2.6 Niveles de voltaje

Existen entradas y salidas de diferentes niveles de voltaje para las diferentes tecnologías. La figura 5, muestra como son los niveles de voltaje respecto a cada familia lógica [4].

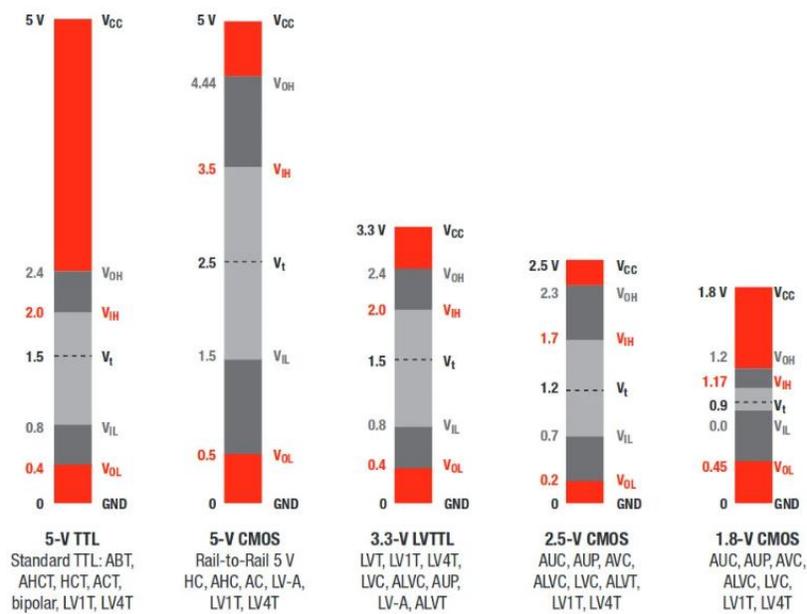


Figura 5. Niveles de lógicos de voltaje [referenciado a la app note Logic Guide, Texas Instruments]

3.3 Level shifter

Un *level shifter* es un circuito integrado que convierte señales lógicas de un rango de voltaje a otro. La señal lógica convertida tiene un rango de voltaje de entrada (V_{IH} y V_{IL}), para el estado lógico “1” y “0” respectivamente, y un rango de voltajes de salida (V_{OH} y V_{OL}), para el estado lógico “1” y “0” respectivamente. Un ejemplo de uso de un *level shifter* es en un circuito donde se tienen diferentes tecnologías lógicas (TTL a 5V y CMOS a 3.3 V), por lo que el circuito integrado transmisor no satisfará la entrada de voltaje del circuito integrado receptor de la señal, figura 6. [8]

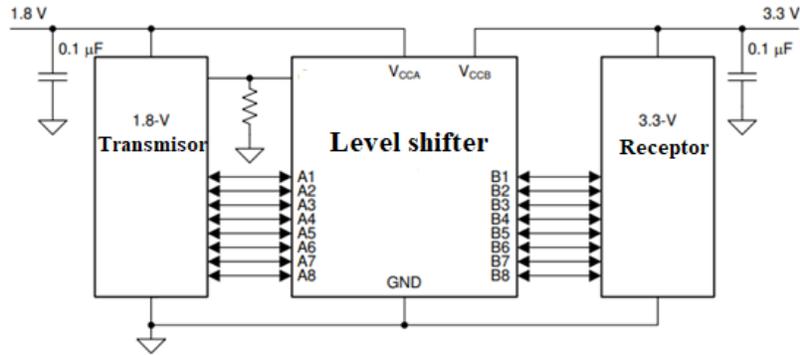


Figura 6. Level shifter.

3.3.1 Tipos de *level shifter*

Existen dos tipos de *level shifter*: unidireccional o bidireccional; si es una configuración unidireccional, posteriormente, se define si es una transferencia de nivel alto a bajo o viceversa, para una configuración bidireccional la transferencia es tanto alta/baja. Cuando se habla de una configuración unidireccional, la transferencia de datos es en una dirección, mientras que, para la bidireccional, la transferencia de datos se da de ambas partes, mientras uno recibe, el otro transfiere y viceversa, como el ejemplo de la figura 6, la aplicación puede ser *Open drain* o *push pull* dependiendo el integrado que sea elegido. [8]

3.3.2 Problemas comunes en los *level shifters*

La contención de Bus [2] se da cuando llegan dos señales a la salida de un circuito integrado al mismo tiempo, en un bus síncrono, y esto provoca retención de información. Cuando hay dos señales, pero a diferentes ciclos de reloj, va a haber un periodo donde ambas señales tendrán una salida en el mismo ciclo, como se muestra en la figura 7. Si se está expuesto a una contención de bus constante, la salida del controlador sufrirá un daño.

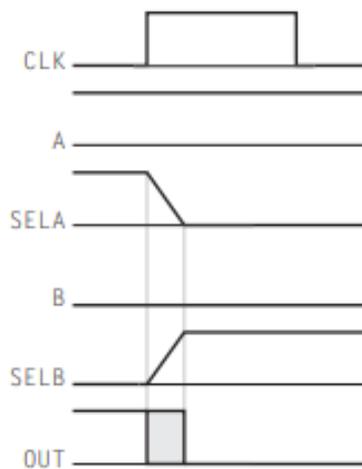


Figura 7. Contención de dos señales a diferentes ciclos de tiempo.

La contención de bus es un problema latente en el diseño de hardware porque actualmente, las aplicaciones requieren varias salidas que pueden generar un “cuello de botella” en el bus, las tareas

que deba realizar el microcontrolador o circuito integrado serán detenidas hasta que la información salga de este cuello de botella; esto hace que el diseño se vuelva más lento y menos eficaz [9].

Es indispensable conocer el instante en que las señales de salida pasaran por el bus para así evitar un embotellamiento. Hay varias maneras de evitar esto, por ejemplo, el uso de compuertas lógicas, ya que con ellas se pueden detectar las señales, en la figura 8 cuando la señal A llegue a su fin, la compuerta AND detecta su nivel lógico y procede a ceder el paso a la señal B, [2].

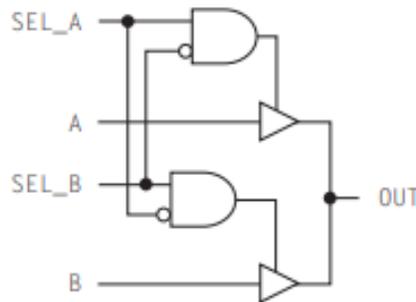


Figura 8. Mejorar y poner la señal.

3.4 Fuentes de alimentación

3.4.1 Convertidor *Buck*

Es un convertidor *DC-DC*, transforma el voltaje de entrada a un voltaje de salida menor, es una topología no aislada, esto se refiere a que la entrada y salida de voltaje comparten la tierra. La topología de un convertidor Buck está dada por la posición a la salida del inductor y capacitor, después del interruptor [10]

La corriente de entrada para esta topología no es continua debido al interruptor *S1* que tiene el circuito, ya que abre y cierra en un tiempo dado por el ciclo de trabajo por lo que la corriente son pulsos, estos pulsos se dan en cada ciclo de conmutación y varía de 0 a I_0 , el inductor *L1* y el capacitor *C2* están de lado de la salida, figura 9, y actúan como un filtro por lo que la corriente de salida es continua y produce un voltaje de salida en *DC*, el capacitor *C1* desacopla la entrada del circuito, ya que se tiene ruido debido al interruptor y la corriente discontinua. El interruptor *S1* está dado por un *MOSFET*, la salida del transistor está controlada por la frecuencia de conmutación dada por *PWM*. El diodo *D1* es llamado diodo *freewheeling*, protege al circuito de una caída abrupta en la corriente y ayuda a que el inductor no se dañe de un aumento rápido del voltaje, voltaje *flyback*. [11]

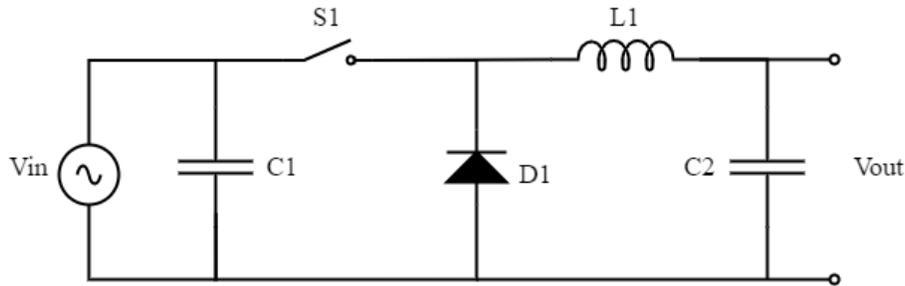


Figura 9. Convertidor Buck.

4. Antecedentes

4.1 Ingeniería de componentes

La empresa cuenta con un equipo que se encarga de proyectos relacionados con la productividad, principalmente proyectos que generen ahorros por material directo, pero también a la escasez de componentes eléctricos, electromecánicos y mecánicos. Además, atiende problemas de la cadena de suministro como el suscitado en 2021 debido a la crisis de semiconductores.

La crisis de semiconductores ha provocado paros de líneas de producción, retraso en los lanzamientos de nuevos productos, ya que los fabricantes no tienen los suministros suficientes para satisfacer la demanda de componentes en la industria; por esto es esencial para la empresa un equipo que ayude a solventar estos problemas.

4.2 Panel contra incendios

La línea de negocios sobre la cual se desarrollaron mis actividades es la de equipo de protección contra incendios. Al ser un área crítica para salvaguardar la vida, está sujeta a regulaciones muy estrictas, por lo cual el equipo de ingeniería y las soluciones propuestas deben acatar dichos lineamientos, y una forma de hacerlo es mediante la ejecución de pruebas exhaustivas que garanticen el cumplimiento.

Además, debe procurarse la cadena de suministro para que el producto tenga una producción larga y continua. La lista de materiales de los diseños originales puede contener componentes cuyo ciclo de vida está próximo a terminarse, así como componentes que son entregados por un único vendedor aprobado o fabricante, lo cual pone en riesgo la cadena de suministro. Es por ello que los paneles contra incendios se ven en la necesidad de agregar diversos componentes alternos a la lista de materiales y así garantizar la producción.

5. Contexto de la participación profesional

5.1 Rediseño de un panel de control contra incendios

Para la división de protección contra incendios de la compañía se definió como proyecto prioritario el rediseño de un panel de control a partir de uno de los modelos existentes. Los cambios por realizar se enlistan a continuación:

1. Cambio de microcontrolador. El cambio implica identificar un nuevo componente que se acople a la arquitectura de productos que usa la empresa. Para seleccionar un nuevo microcontrolador es necesario validarlo mediante el análisis de sus señales de control, periféricos, alarmas y comunicaciones, de tal forma que su funcionamiento corresponda con los requerimientos de la aplicación que tiene en el circuito.
2. *Level Shifter*. El cambio del MCU implica la necesidad de agregar módulos al circuito, ajustar al circuito es necesario para compensar las diferencias de voltaje que tiene el MCU seleccionado respecto al anterior en este caso de 5 V a 3.3V.
3. *Watch dog timer*. El MCU es un componente que tiene que estar en constante observación, para esto se necesita un componente que supervise el correcto funcionamiento, también como normativa de UL, siempre un panel contra incendios debe de tener un dispositivo que detecte fallas. Ya que el microcontrolador es muy susceptible a cambios en el ambiente, fallas eléctricas, radiaciones, variación de temperatura y voltaje.
4. Compensación de temperatura en el LCD. El LCD al tener un cristal líquido sufre de descompensación por la temperatura, este problema se visualiza cuando el LCD tiene una temperatura alta, el *display* en vez de mostrar el mensaje o símbolos que se hayan configurado, solo se observa recuadros negros en las diferentes secciones. Se tiene que hacer una verificación del *backlight* del LCD para asegurar su funcionamiento y hacer los cambios adecuados.
5. Especificación eléctrica en las señales del LCD. La comunicación entre el *level shifter*, el microcontrolador y el LCD es una de las más importantes en el diseño del panel, por lo que al tener ruido dentro del envío de comunicación entre estos tres elementos representa un problema
6. Audio en el panel. El panel, que es un producto de prevención de siniestros, debe de tener un dispositivo capaz de reproducir una señal de audio en caso de algún incendio. Se debe buscar un zumbador que cumpla con las regulaciones de UL con una potencia sonora de 70dBAs para que, en edificios u oficinas habitadas, el audio sea perceptible.
7. Fuente de alimentación. El diseño de la fuente de voltaje, al tener varios componentes en escasez, se necesita encontrar reemplazos que sean eléctrica y mecánicamente iguales, se analizan parámetros importantes como voltaje de rizo, tiempo de encendido, tiempo de apagado y transitorios.

5.2 Ingeniería de componentes

Uno de los principales problemas que se presenta en el equipo de ingeniería de componentes es la escasez y obsolescencia de componentes, en la empresa existen varios productos con muchos años en el mercado, por lo que fabricantes terminan el ciclo de vida de componentes en uso. Y otro problema es la escasez debido a la crisis de semiconductores, por lo que cada producto puede llegar a tener paro de línea si no se busca una solución a tiempo.

6. Análisis y metodología

6.1 Ingeniería de componentes

La ingeniería de componentes se encarga de identificar componentes que representan un riesgo para la manufactura de un producto debido a su corto ciclo de vida o a que ya fueron retirados del

mercado, volviéndose así un problema en la cadena de suministro. El equipo de ingeniería de componentes es un punto intermedio en la cadena, que tiene contacto con la planta y recibe de ellos directamente las solicitudes para revisar los billetes de materiales (lista de todos los componentes que se requieren para la fabricación de un producto) de un producto específico: con esta información el equipo investiga la historia y características particulares del componente en riesgo y localiza opciones técnicamente viables, los califica y establece comunicación con otros equipos involucrados en la cadena de suministro como compras, planeación, manufactura, calidad para que los cambios necesarios se implementen y los alternos encontrados puedan ser utilizados y añadidos a la documentación de ingeniería del producto.

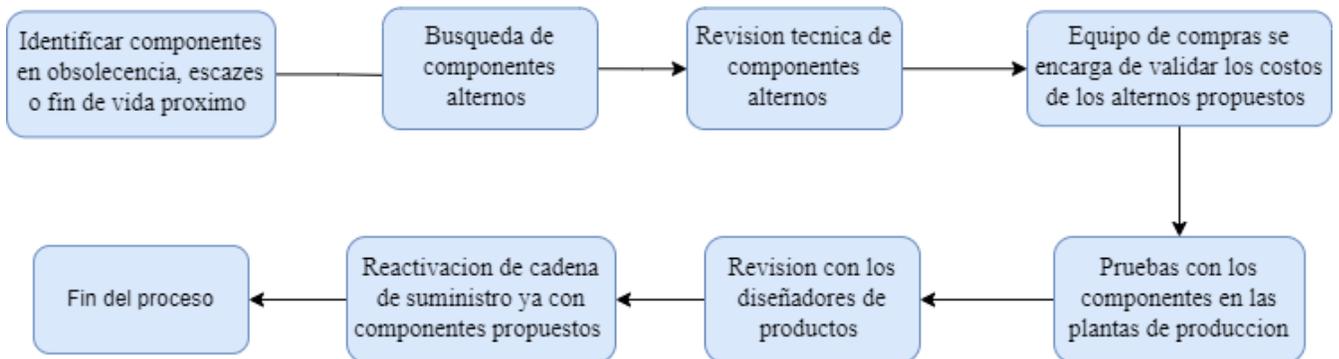


Figura 10. Proceso de ingeniería de componentes.

**La información aquí presentada es responsabilidad del autor y tiene como único objetivo demostrar el conocimiento adquirido durante su estancia en el programa de interno en la empresa*

6.2 Rediseño de un panel contra incendios

6.2.1 Prueba de temperatura

Esta prueba consistió en monitorear la temperatura del microcontrolador cuando el panel opera en dos modos: normal y alarma, con la configuración de conexiones mostrada en la figura 11. Se utilizaron dos cargas de prueba: 3 amperes para el estado normal y 9 amperes para el estado de alarma. La carga de 3A simula la operación del panel contra incendios cuando suministra energía a los sensores y a todos los elementos de detección de incendio, los 9A simulan el consumo del panel cuando tiene que energizar dispositivos de alarma como luces, altavoces y alarmas. El propósito de la prueba es garantizar que el microcontrolador trabajara de manera segura en los rangos de temperatura establecidos por UL.

UL define que la temperatura en estado normal del microcontrolador no debe de rebasar el 50% de la temperatura de unión y para el estado alarma no debe de sobrepasar el 75% de temperatura. El proceso consta de los siguientes pasos:

- a) Ensamblar el PCB rediseñado en su respectivo gabinete y armarlo con todas las partes mecánicas respectivas, figura 10.
- b) Pegar el termopar tipo K del sistema de adquisición de datos analógicos cerca del microcontrolador con *epoxy* y después pegar el termopar del multímetro *fluke*.

- c) El termopar tipo K se conectó al módulo del sistema de adquisición analógica para obtener las mediciones de temperatura tomadas cada minuto en un rango de 24 h por cada carga para tener suficiente información.
- d) Se conectó la carga electrónica al panel para suministrar ambas cargas

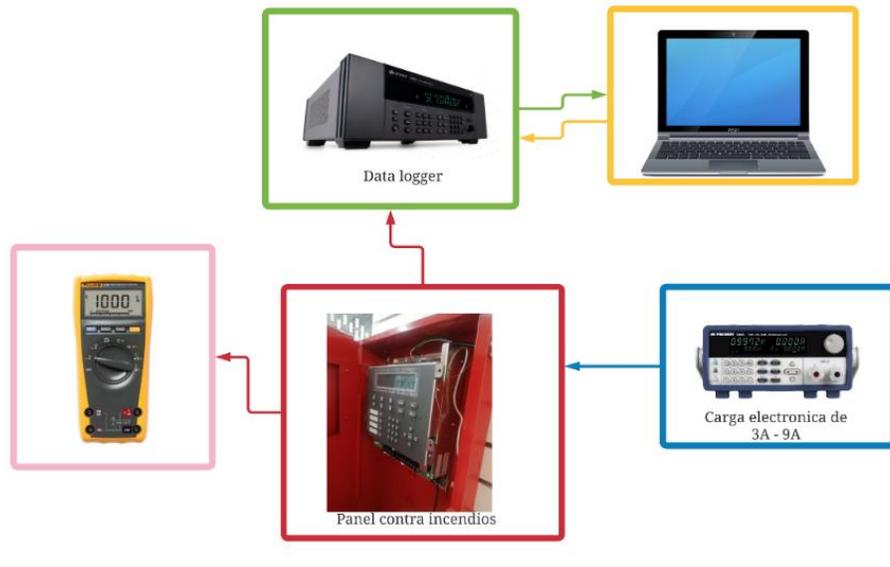


Figura 11. Proceso de revisión térmica en el micro.

**La información aquí presentada es responsabilidad del autor y tiene como único objetivo demostrar el conocimiento adquirido durante su estancia en el programa de interno en la empresa*

6.2.2 Prueba de Watch Dog Timer

La finalidad de la prueba era verificar que el *Watch Dog Timer* reutilizado por el diseño anterior funcionara correctamente y observar cuanto fue el cambio de los tiempos de activación y apagado después del cambio de la fuente de alimentación de 5 V a 3.3 V, se siguió el siguiente procedimiento, figura 12:

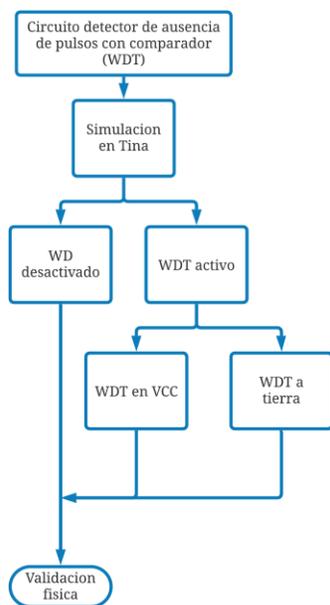


Figura 12. Proceso para resolución del watch dog timer.

*La información aquí presentada es responsabilidad del autor y tiene como único objetivo demostrar el conocimiento adquirido durante su estancia en el programa de interno en la empresa

1. Debido a que no se tiene dato alguno de los cálculos realizados para el diseño del WDT y validar los resultados, se optó por la opción de simular. Para la simulación se usó TINA de TI, se buscaron los modelos del comparador y del diodo para agregarlos al software de simulación, ya que no se pueden usar modelos genéricos porque es importante que fueran los mismos para obtener un resultado más cercano a lo práctico.
2. Con el S1-Activación, figura 15, se visualizó como el WDT enciende cuando el S2 está abierto, la funcionalidad del S2 es apagar el WDT para pruebas de firmware posteriores y no modificar el circuito original, figura 13.

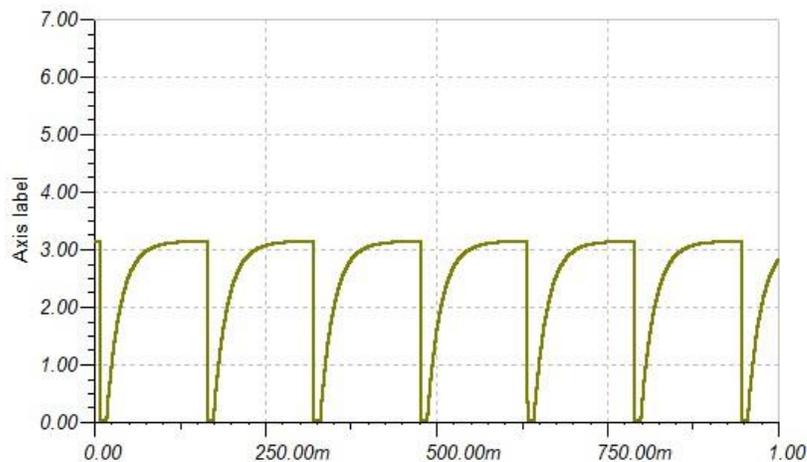


Figura 13. Activacion del WDT.

*La información aquí presentada es responsabilidad del autor y tiene como único objetivo demostrar el conocimiento adquirido durante su estancia en el programa de interno en la empresa

- Se verifica en la simulación como actúa la salida del *Watch Dog Timer* cuando el nodo es conectado a *Vcc* o *GND*, lo que se hace con esto es cortocircuitar el capacitor *C2*. Si el interruptor *S3*, figura 15, estaba en tierra, la salida del *WDT* es 3.3V, figura 13-a, que es el voltaje de la fuente de alimentación y el encendido presenta un retraso de 154.87 ms, mientras si está en *Vcc* el *WDT* está apagado, figura 13-b.

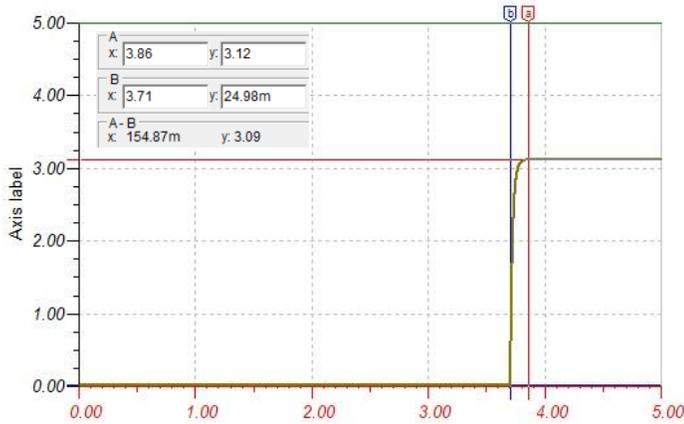


Figura 13-a. Encendido del Watch Dog Timer.

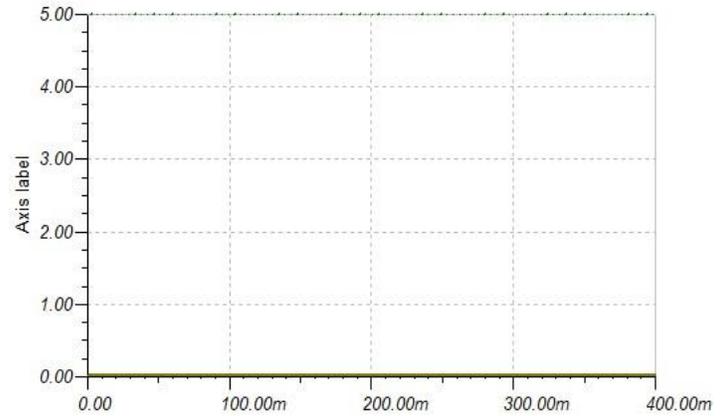


Figura 13-b. Apagado del Watch Dog Timer.

**La información aquí presentada es responsabilidad del autor y tiene como único objetivo demostrar el conocimiento adquirido durante su estancia en el programa de interno en la empresa*

- Teniendo ya los resultados en simulación se procedió a hacer las mediciones físicas.

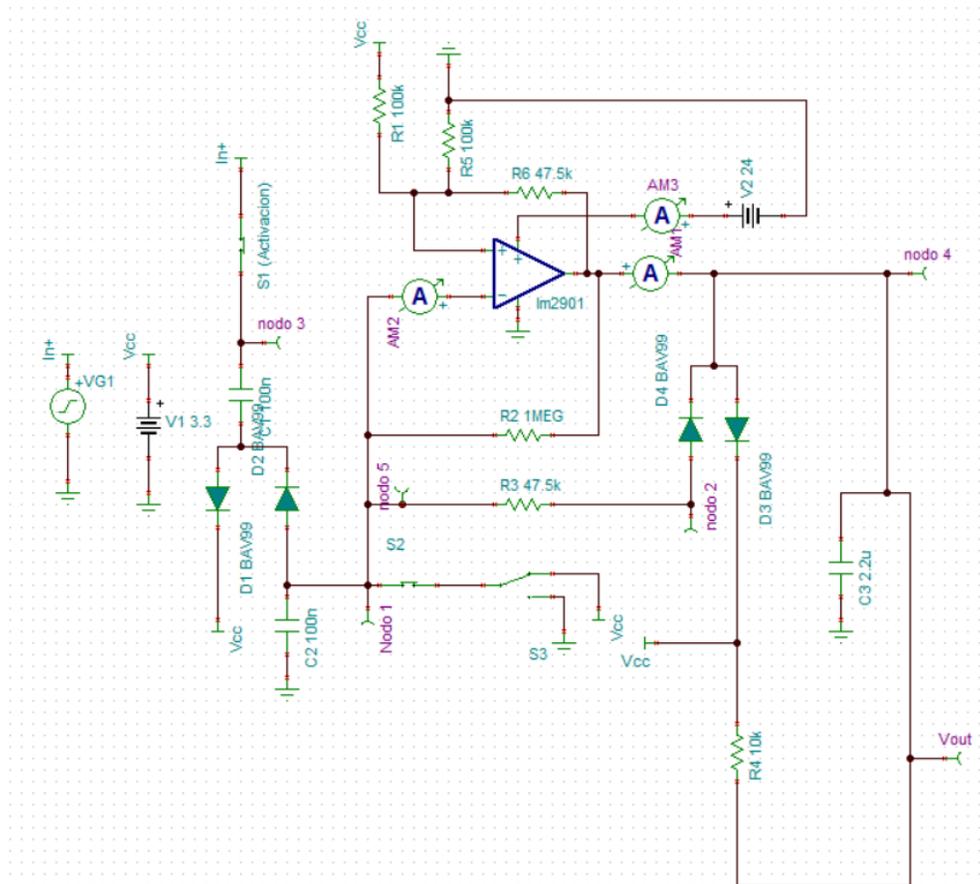


Figura 15. Circuito del WDT

*La información aquí presentada es responsabilidad del autor y tiene como único objetivo demostrar el conocimiento adquirido durante su estancia en el programa de interno en la empresa

El circuito simulado está conformado por un generador de funciones a la entrada, este generador simula la señal que recibe del microcontrolador, esta señal entra al capacitor $C1$, y a los diodos ($D1$, $D2$). $D1$ y $D3$ son diodos de sujeción para que el nivel de voltaje se mantenga en 3.3V, $C2$ es el capacitor que controla la oscilación del comparador, $C3$ sirve para mandar a un nivel bajo el reinicio y este se active cuando se encienda el panel. $D2$ es un diodo que evita que el capacitor se cargue, este diodo solo hace que exista una descarga del capacitor, ya que si no estuviera siempre habría una carga y descarga cuando le llega la señal de DC. El diodo $D4$ sirve para que el tiempo bajo dure poco porque la descarga del capacitor, cuando pasa por ese diodo, es más rápida, pero si esta descarga pasará por la resistencia $R2$, el tiempo sería más largo. El $LM2901$ es un comparador, este detecta la señal del lado no inversor que es $VCC/2$, ya que entra a un divisor de voltaje dado por $R1$ y $R5$ y el voltaje que entra del capacitor, si el voltaje que le entra por el lado inversor es mayor al de inversor la salida será 0.

Se tienen diferentes puntos de prueba donde se realizaron las mediciones correspondientes para poder validar el circuito, en el nodo 2 se produce la descarga del capacitor entre la resistencia y el diodo fluye esta descarga, el nodo 3 es el deshabilitador digital del microcontrolador hacia el Watch Dog Timer, si este se manda a tierra el circuito se apagará, el nodo 5 es el voltaje que tiene

el capacitor $C2$, el nodo 4 solo es la retroalimentación que le entra al comparador y por último, el nodo V_{out} es la salida del WD.

6.2.3 Compensación de temperatura en el LCD

El fin de esta prueba es comprobar que voltaje de contraste se obtenía en el circuito de compensación de temperatura y observar si el mensaje mostrado en el LCD es visible a diferentes temperaturas. El LCD contiene dos pantallas de cristal líquido, que son susceptibles a cambios de temperatura, en el caso de temperatura baja es más difícil excitar al cristal líquido y si esto no se compensa el mensaje es opaco, cuando la temperatura es alta (50°C) el cristal líquido se sobreexcita por lo que la pantalla solo mostrará recuadros negros. Se consideró también el sensor de temperatura porque con las salidas que da, el microcontrolador manda las señales correspondientes al circuito de compensación de temperatura. Para obtener los resultados de esta prueba y conocer los voltajes que tiene el sensor de temperatura y el comparador se realizó un perfil térmico en la cámara de simulación de temperatura con el *pcb* del diseño anterior con el siguiente procedimiento:



Figura 16. Perfil térmico

**La información aquí presentada es responsabilidad del autor y tiene como único objetivo demostrar el conocimiento adquirido durante su estancia en el programa de interno en la empresa*

1. Primero se definió el perfil térmico, la figura 16 representa el proceso del perfil térmico usado para obtener los resultados de la compensación de temperatura que daba el circuito. Se programa el perfil térmico por un tiempo de una hora: se estabilizó la cámara de simulación de temperatura a 22°C en el caso de laboratorio, después de 22°C se bajó la temperatura a 0°C en un lapso de 10 minutos para tener un mayor alcance en el rango de temperatura, después se le permitió a la cámara lograr estabilizarse en 10 minutos para alcanzar los 0°C y luego se dio un lapso de 30 minutos para que la cámara diera el rango de 0° a 50°C y tomar las mediciones.
2. Teniendo el perfil térmico creado, se pegó al *pcb* un termopar cerca del sensor de temperatura y 3 cables, dos en el comparador *LM2901*, usado en el *WDT* y uno a la salida del sensor de temperatura para obtener el voltaje.

- Se ensambló con una la parte mecánica del *pcb*, figura 17, y se introdujo en la cámara para después iniciar el perfil térmico por 1 hora, con un osciloscopio se monitorearon las gráficas del voltaje de salida del sensor, voltaje de salida y *PWM* del comparador. Con un multímetro se verificó las medidas de temperatura que daba el termopar y así registrar los datos dados por el circuito.



Figura 17. Instalación de panel en la cámara de simulación de temperatura

**La información aquí presentada es responsabilidad del autor y tiene como único objetivo demostrar el conocimiento adquirido durante su estancia en el programa de interno en la empresa*

6.2.4 Prueba de audio en el panel

Con la prueba de audio se verificó que los zumbadores propuestos cumplan con la especificación de *UL*, un zumbador debe de tener un alcance de 70dB en lugares cerrados. Este cambio se realizó para actualizar la lista de materiales del nuevo rediseño del panel. De 4 zumbadores propuestos se realizó una comparativa, tabla 1, donde se verificó los parámetros relevantes: voltaje de entrada, frecuencia, nivel de sonido. Se siguió el procedimiento de la figura 18, del proceso 2 en adelante se repitió 4 veces por la cantidad de muestras de zumbadores:

Tabla 1. Comparativa de zumbadoras

Parámetros	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Rango de voltaje-	4-7 V	4-7 V	4-7 V	4-7 V
Frecuencia	2.4kHz \pm 0.3	2.3kHz	2.4kHz \pm 0.3	2.4kHz \pm 0.3
Nivel de intensidad de sonido	90 dB @ 5V	91.5dB @ 5V	95dB @ 5V	95 dB @ 5V
Corriente consumida	30mA @ 5V	20mA @ 5V	22mA @ 5V	22 mA @ 5V

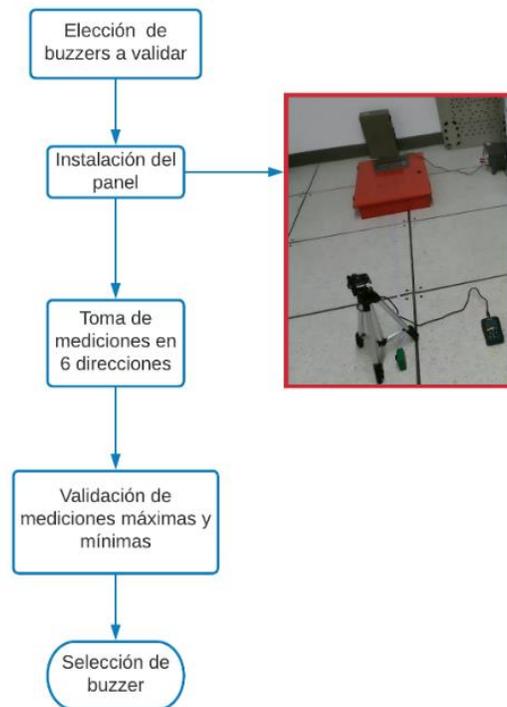


Figura 18. Proceso para prueba de sonido

*La información aquí presentada es responsabilidad del autor y tiene como único objetivo demostrar el conocimiento adquirido durante su estancia en el programa de interno en la empresa

1. Selección de zumbadores para realizar la prueba de audio ensamblados en el panel contra incendio.
2. Ensamble de zumbadores en el *pcb*.
3. Ensamble del panel contra incendio con sus partes mecánicas, teniendo cuidado de que el ensamble y el cierre sea correcto para que el audio no se salga por esas aberturas.
4. Posicionar el panel contra incendios a 1 metro de distancia del sonómetro en una habitación libre de ruido para que no existiera alteración en los resultados.
5. Toma de mediciones en 5 direcciones, figura 19: derecha, izquierda, arriba, abajo, adelante. Se tomaron las mediciones máximas y mínimas que se observaron en el sonómetro.

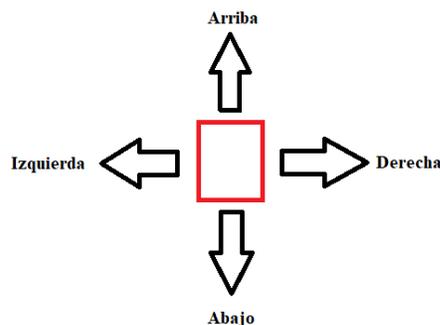


Figura 19. Ángulos de mediciones

- Con los resultados, se decidió que zumbador cumplió con los requisitos para agregarse en la lista de materiales del nuevo diseño del *pcb*.

6.2.5 Especificaciones eléctricas de las señales del *LCD*

En esta sección se comprobó que las señales del *LCD* cumplieran con las características de forma, tiempo y voltaje de las hojas de especificaciones del *LCD*, figura 20 (*input high voltage, input low voltage, output high voltage, output low voltage*). El procedimiento consto de revisar la comunicación del microcontrolador al *level shifter* y del *level shifter* al *LCD* en el osciloscopio, visualizando las graficas pin por pin (*lcd0* a *lcd7*). A continuación, se describen los pasos:

V_{IH1}	Input High Voltage (Except OSC1)	-	$0.7V_{CC}$	-	V_{CC}	V
V_{IL1}	Input Low Voltage (Except OSC1)	-	-0.3	-	0.6	V
V_{IH2}	Input High Voltage (OSC1)	-	$V_{CC}-1$	-	V_{CC}	V
V_{IL2}	Input Low Voltage (OSC1)	-	-	-	1.0	V
V_{OH1}	Output High Voltage (DB0 - DB7)	$I_{OH} = -0.1mA$	3.9	-	V_{CC}	V
V_{OL1}	Output Low Voltage (DB0 - DB7)	$I_{OL} = 0.1mA$	-	-	0.4	V
V_{OH2}	Output High Voltage (Except DB0 - DB7)	$I_{OH} = -0.04mA$	$0.9V_{CC}$	-	V_{CC}	V
V_{OL2}	Output Low Voltage (Except DB0 - DB7)	$I_{OL} = 0.04mA$	-	-	$0.1V_{CC}$	V

Figura 20. características de voltaje del *LCD*

- Retrabajar la *pcb* de tal manera que se pueda soldar cables en los pines del *lcd*, figura 21, y descubrir un área de la capa de tierra para obtener las mediciones con la punta del osciloscopio.

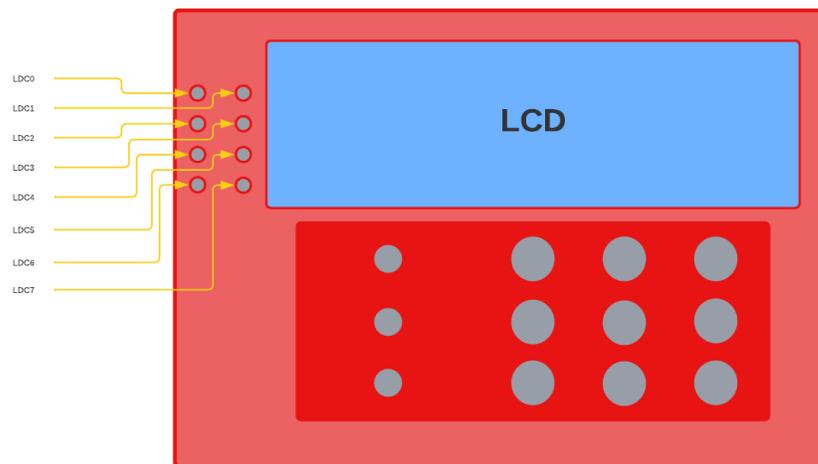


Figura 21. Pines del *lcd*

*La información aquí presentada es responsabilidad del autor y tiene como único objetivo demostrar el conocimiento adquirido durante su estancia en el programa de interno en la empresa

2. Para cada pin se tomaron las mediciones como en el ejemplo de la figura 22, esta señal no está dentro de los valores esperados y se concluyó que esto era un problema de comunicación que se procedió a arreglar posteriormente.



Figura 22. Medición en lcd0

6.2.6 Fuente de voltaje

La prueba consistió en revisar el encendido, apagado, y el voltaje de rizo para las fuentes de voltaje de 5V y 3.3V, se comprobó que el nuevo diodo cumpliera con su función en la fuente de voltaje y que los parámetros anteriores estuvieran dentro de rangos aceptables. El procedimiento fue muy corto, ya que solo se necesitaban 3 salidas importantes, la Figura 23 es el circuito utilizado para esta prueba, el diodo 1 fue el único componente que se cambió debido a problemas de obsolescencia. Se usó el siguiente procedimiento:

1. Se conectó en la salida de ambas fuentes un cable y se midió con el osciloscopio.
2. Se conectó un interruptor externo a la entrada para ver cómo funciona la activación y desactivación de la fuente.

ensamblaje de la parte, provoquen colisión con otros componentes o que el espacio de la placa no sea suficiente para su colocación, se hace la comparativa como el ejemplo de la tabla 2 para verificar lo anterior. Sin embargo, dependiendo de las características del componente o del proyecto, es posible considerar un rediseño para poder solventar el problema actual y eventos futuros, renovando al mismo tiempo los billetes de materiales y diseños. Tal es el caso de los circuitos integrados, para los que no suele haber reemplazos directos y se aborda el rediseño. Al ser una actividad que requiere más labor, me integré a un equipo multidisciplinario para coordinar nuestros esfuerzos y alinear el rediseño con las metas de la empresa respecto al ciclo de vida del producto.

Tabla 2. Ejemplo de comparativa de un capacitor

Capacitor	Componente original	Componente alterno
Parámetros eléctricos		
Valor de capacitancia	10 μ F	10 μ F
Voltaje DC del capacitor	10V	10V
Factor de disipación	10%	10%
Rango de temperatura	-55 a 125°C	-55 a 125°C
Tolerancia	10%	10%
Parámetros mecánicos		
Tamaño (mm)	2x1.25x1.25	2x1.25x1.25

7.2 Pruebas para rediseño de panel contra incendio

Mi participación fue realizar las pruebas al panel rediseñado y original, se comenzará explicando sobre el Watch Dog Timer, esta prueba constaba de verificar que el diseño funcionaria a 3.3V, el diseño original tenía una fuente de alimentación de 5 Volts, por lo que se hizo ingeniería inversa. Realice la simulación del circuito con los interruptores en sus diferentes estados (abierto, cerrado para *S1*, *S2* y conectado en *Vcc* o *GND* para *S3*). Teniendo los resultados de la simulación se procedió a modificar el *pcb* actual, agregando los interruptores, figura 24, para la obtención de resultados de experimentación. Las mediciones las tomé en los nodos 1, 2, 3, 4, 5 ya que son importantes por las señales que muestran, como se menciona en la sección de *WDT* metodología, observar el momento en donde el microcontrolador activa o desactiva el *WDT*, el voltaje que tiene el capacitor *C2* que actúa como oscilador debido a la carga y descarga de voltaje que tiene. Se tomaron las mediciones en ambos diseños comparando la diferencia en los tiempos de respuesta.

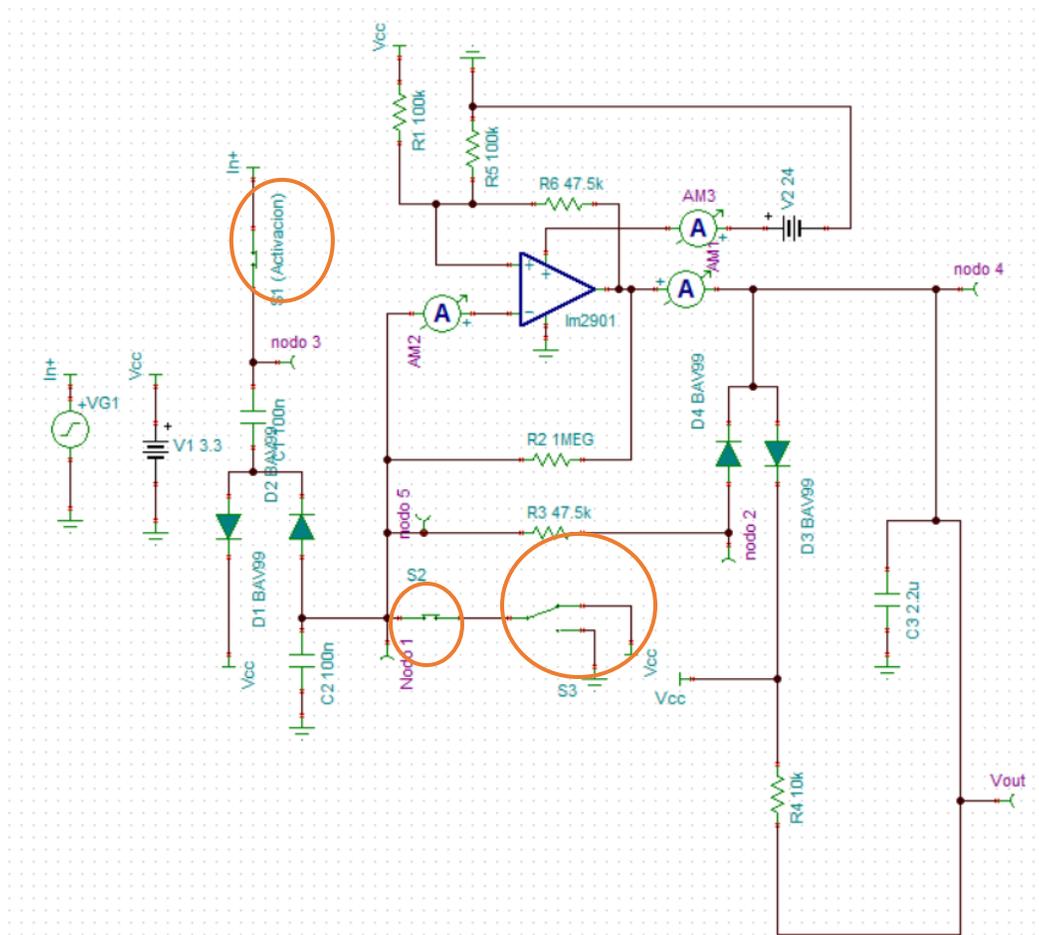


Figura 24. Interruptores en el circuito

**La información aquí presentada es responsabilidad del autor y tiene como único objetivo demostrar el conocimiento adquirido durante su estancia en el programa de interno en la empresa*

Terminado la prueba de *WDT* se procedió a revisar el circuito de compensación de temperatura, en el comparador se soldaron cables para obtener la salida de voltaje de compensación para el *LCD*, el *PWM* del comparador y el voltaje del sensor también pegué dos termopares, uno para obtener la temperatura con el sistema de adquisición analógica, otro para obtener la temperatura de la cámara térmica observando así si el sensor detectaba la misma temperatura que la cámara y que la variación de temperatura que había entre componente e instrumento no fuera alta. Ya armado la configuración del panel con los equipos (osciloscopio, multímetro) y el retrabajo en la tarjeta se tomaron las mediciones, figura 25.

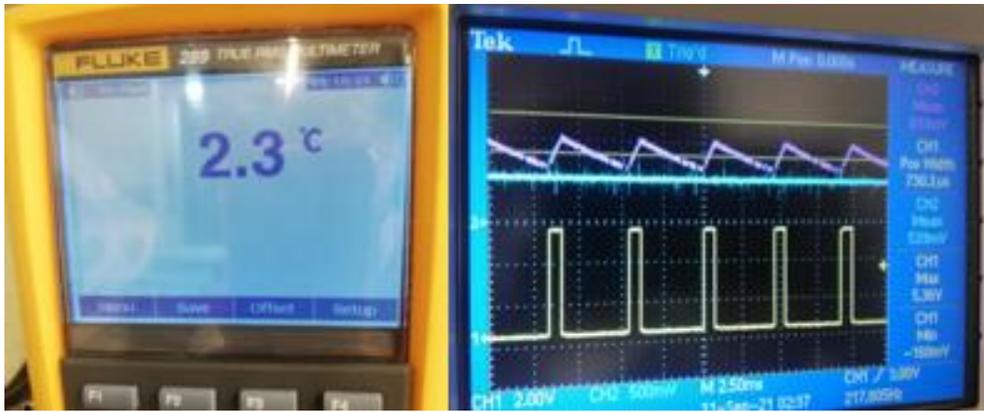


Figura 25. Ejemplo de medición para 2.3°C

Para el circuito del *level shifter* lo primero que hice fue retrabajar la *pcb* quitando el *solder mask* de los trazos para obtener las mediciones más cercanas entre nodo, punto de prueba o trazo con el fin de que no haya ruido ni alteraciones en las mediciones. Se usó un conector con cables soldados en los nodos lcd0, lcd1, lcd2, lcd3, lcd4, lcd5, lcd6, lcd7, en este conector se colocaron las puntas del osciloscopio y se procedió a tomar todas las mediciones de los pines en su respectivo lado (microcontrolador – *level shifter*, *level shifter* – LCD), verificando alguna distorsión o que los límites altos o bajos no fueran rebasados por las señales de salida.

Posteriormente, se procedió a hacer la prueba en la fuente de voltaje de 5V y 3.3V cambiando el diodo, antes de cambiar el diodo hice una comparativa entre varios alternos que tuvieran las mismas características (voltaje de entrada, tiempo de recuperación, tiempo de voltaje de polarización directa), después que se escogió el diodo se realizaron las mediciones correspondientes. Para todas las pruebas anteriores construí las configuraciones de equipos, por ejemplo, para la prueba de sonido arme los paneles ensamblando todas sus piezas mecánicas y eléctricas, así como la tarjeta electrónica, y a la tarjeta electrónica le realice retrabajos para colocar los zumbadores en sus áreas correspondientes, después instale el panel a un metro del sonómetro.

El mismo caso, para la prueba de contraste, ensamble el panel con su parte mecánica y después lo conecte a la configuración de equipos que realice (osciloscopio, multímetro, fuente de alimentación, cámara de simulación termográfica), con ayuda del técnico de laboratorio programamos la cámara con la rampa, mostrada en la sección de metodología (figura 16) y procedí a tomar los resultados.

En el equipo de rediseño e ingeniería de componentes no solo realice pruebas, sino que además me dedique buscar alternos y reemplazos directos para diferentes componentes, principalmente: capacitores, diodos, sensor de temperatura, circuitos integrados, *level shifter*. Realice los reportes de comparación, y una vez definido el alternativo me dedique a tocar base con los fabricantes para conseguir muestras y poder realizar las pruebas de funcionalidad con cada uno de los componentes que necesitaban cambio o adición de otro proveedor.

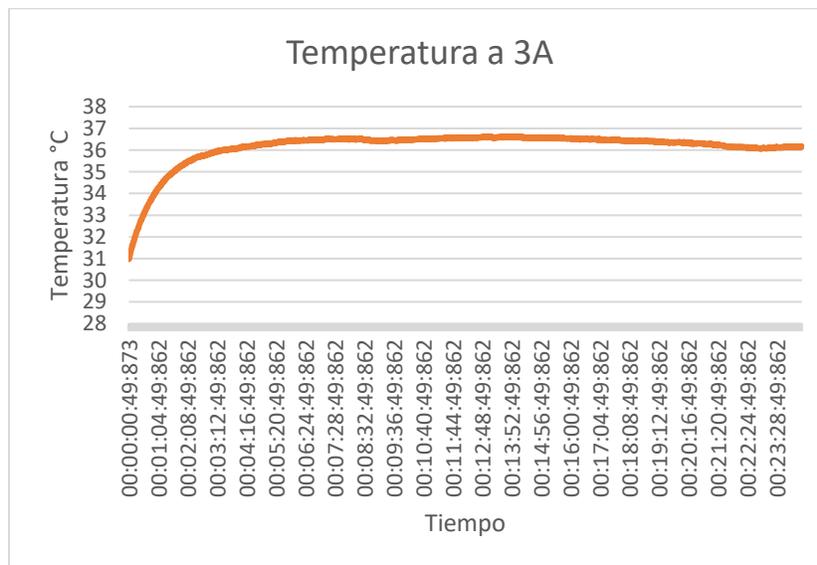
8.Resultados

8.1 Pruebas de temperatura

Para obtener los resultados se hizo un muestreo de resultados en un tiempo de 24 h, tomando un resultado a cada minuto con dos tipos de cargas, dependiendo la carga dada al panel, el microcontrolador no debe sobrepasar un límite de temperatura de unión: 45° C para modo *stand by* y 55°C para modo alarma. Como se muestra en las tablas 3 y 4, solo se pusieron 10 ejemplos de resultados, el microcontrolador fue aceptado para el rediseño del panel, ya que no sobrepasa los límites permitidos. En la gráfica 1 se observa como la temperatura se mantuvo constante en los dos modos de operación del panel.

Tabla 3. Resultados de temperatura de microcontrolador con una carga de 3A

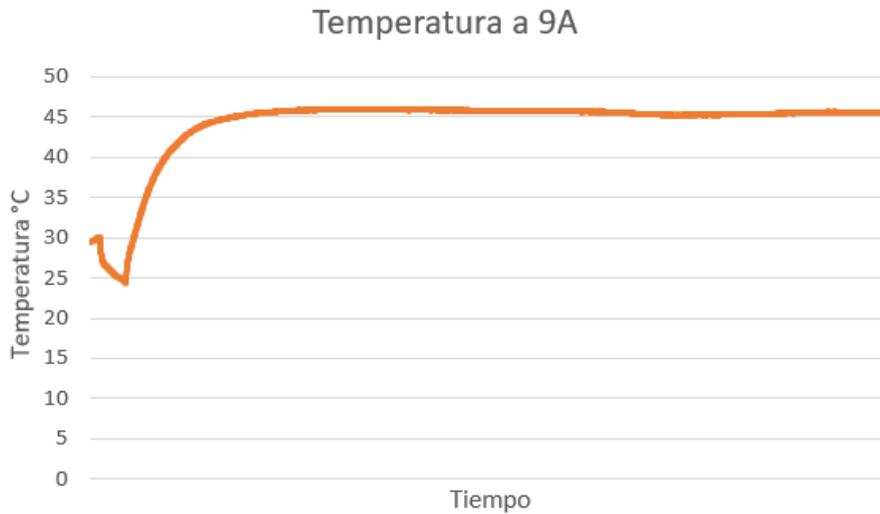
Número de medición	Tiempo	Temperatura °C
1	00:00	30.971
2	02:40	36.122
3	05:20	36.335
4	08:00	36.508
5	10:40	36.511
6	13:20	36.607
7	16:00	36.538
8	18:40	36.42
9	20:20	36.307
10	23:00	36.088



Grafica 1. Resultados de prueba de temperatura para 3 amper

Tabla 4. Resultados de temperatura de microcontrolador con una carga de 9A

Número de medición	Tiempo	Temperatura
1	00:00	30.971
2	02:40	36.122
3	05:20	36.335
4	08:00	36.508
5	10:40	36.511
6	13:20	36.607
7	16:00	36.538
8	18:40	36.42
9	20:20	36.307
10	23:00	36.088

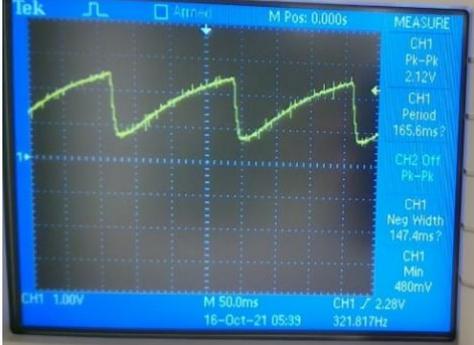
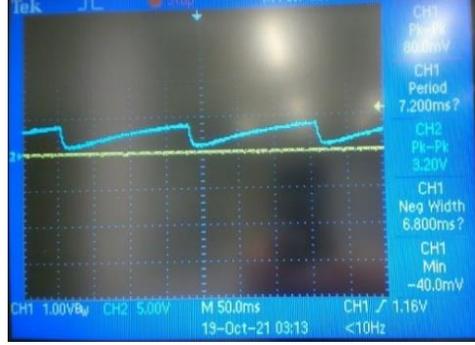
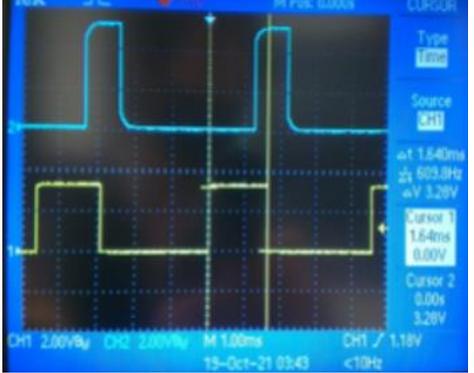
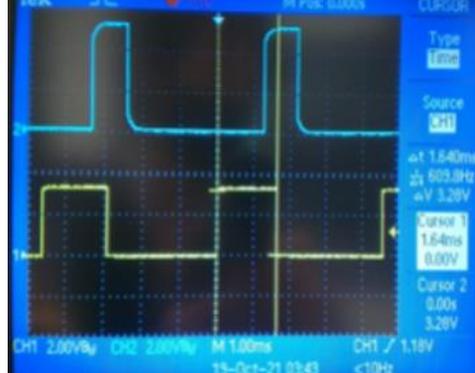
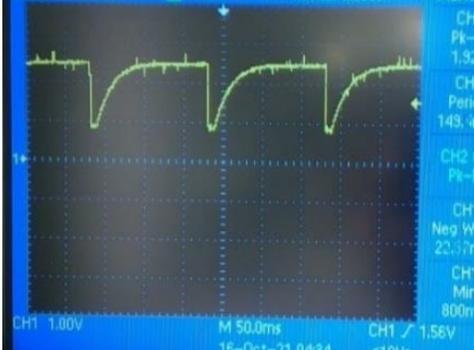


Grafica 2. Resultados de prueba de temperatura para 9 ampers

8.2 Prueba del Watch Dog Timer

Para la prueba del *WDT* se realizaron las mediciones a la *PCB* original y a la del rediseño, se midieron en los diferentes puntos de pruebas del circuito (nodo1, nodo2, nodo3, nodo4, nodo5) como se observa en la tabla 5, el resultado de esta prueba era comprobar en cuanto el tiempo había crecido cuando se cambió la fuente de voltaje.

Tabla 5. Salidas del Watch Dog

Nodos	WATCHDOG en Rediseño	WATCHDOG en <i>pcb</i> original
Nodo 1		
Nodo 2		
Nodo 3		
Nodo 4		



Para cada nodo se revisaron los tiempos y se observó lo siguiente:

- Nodo 1, voltaje de capacitor C2: Dispara la oscilación del *WDT*.
- Nodo 2, descarga del capacitor cuando está oscilando el *WDT*.
- Nodo 3, deshabilitador digital del microcontrolador al *WDT*: señal de *WDT*.
- Nodo 4, Salida de *WDT*.
- Nodo 5, voltaje que tiene el capacitor C2 cuando esta activado el *WDT*.

8.3 Prueba de compensación de temperatura en el *LCD*

Con esta prueba se obtuvieron los voltajes del sensor de temperatura, la salida de voltaje del opam para la compensación de temperatura y el *PWM* dependiendo la temperatura a la que estuvo expuesta la tarjeta, para esto se midió con el osciloscopio lo que se muestra en la tabla 6, conforme al incremento de temperatura existieron variaciones tanto del *PWM*, voltaje de salida, y voltaje del sensor.

Tabla 6. Compensación de temperatura

Temperatura [°C]	Sensor [mV]	Opam output[V]	PWM [us]
2.3	533	833m	730.3
6.5	568	838m	730.3
10.9	609	824m	730.2
14.8	647	1.04	919.09
18.4	687	1.04	920.3
22.8	719	1.04	920.1
27	763	1.04	910.2
30	795	1.04	920.2
34.5	833	1.04	920.2
40.6	925	1.04	910.2
45.2	975	1.04	920.2
48.2	1.01V	1.47	1.290m

En la figura 26, se observa un ejemplo de cómo la gráfica se veía dependiendo a la temperatura a la que se estaba programando la cámara de simulación termográfica, en este caso se está a una temperatura de 14.8° C. La amarilla representa el *PWM* de la señal del microcontrolador:

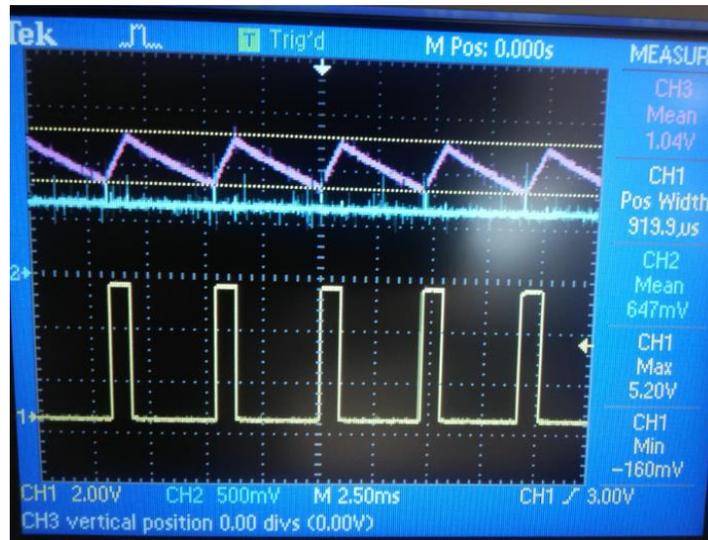


Figura 26. Salidas de compensación de temperatura a 14.8°C

La figura 27, es cuando la cámara de simulación de termográfica da una temperatura de 30° C, como puede verse la comparación entre las figuras 26 y 27, así como en la tabla 6, el cambio de *PWM* entre las diferentes temperaturas creció en 1 microsegundo.

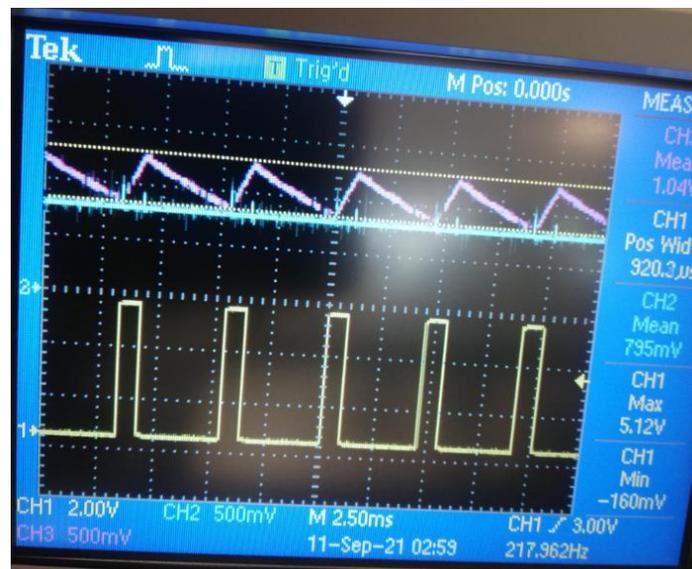


Figura 27. Salidas de compensación de temperatura a 30°C

8.4 Prueba de Audio

Para esta prueba se hicieron las mediciones en 3 diferentes modelos del panel con dos diferentes zumbadores (muestra 1, 2 y 3), referencia en tabla 1. Se tomaron en 5 direcciones las mediciones, para obtener el promedio de audio que proporcionaban los zumbadores y así cumplir con el

requerimiento de 70dB con el panel instalado, para la tabla 7, se realizó con la muestra 1 que era el zumbador como primera opción de elección, verificado con los resultados se comprobó que no era la mejor opción y se optó por tomar mediciones de otros 2 zumbadores (muestra 2 y 3), tabla 8 y 9.

Ya con los resultados obtenidos se definió que la muestra 2 es el mejor candidato para agregarlo en el rediseño porque sus rangos de audición captados fueron mucho mayores a comparación de los otros 2 y el zumbador que se usa en el *pcb* del diseño original.

Tabla 7. Resultados de audio para muestra 1

Muestra 1		
Dirección	Nuevo zumbador	Zumbador original
Arriba	63.9dB	56.4dB
Abajo	61.5dB	57.9dB
De frente	65.4dB	54.5dB
Derecha	69.8dB	62dB
Izquierda	64.7dB	63.5dB

Tabla 8. Resultados de audio para muestra 2

Muestra 2		
Dirección	Nuevo zumbador	Zumbador original
Arriba	70.4dB	65.5dB
Abajo	72.5dB	66.8dB
De frente	67.2dB	64.3dB
Derecha	69.4dB	65.3dB
Izquierda	67.7dB	59.5dB

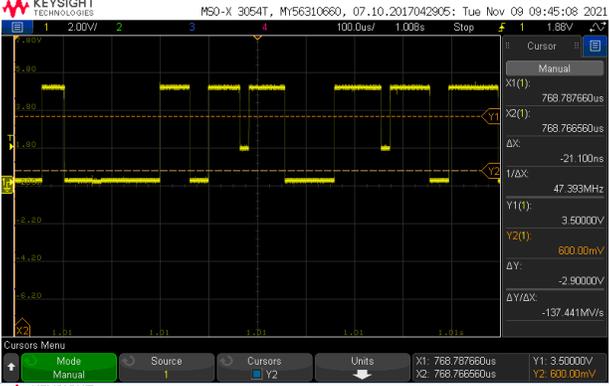
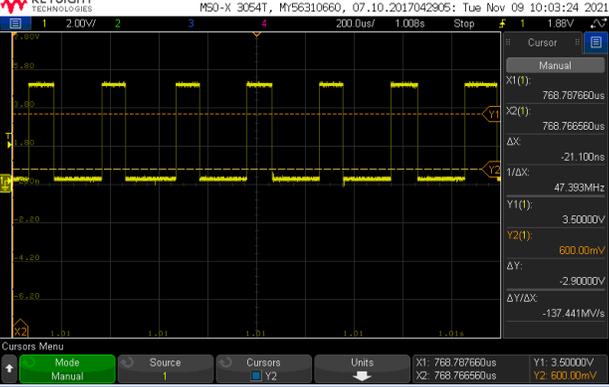
Tabla 9. Resultados de audio para muestra 3

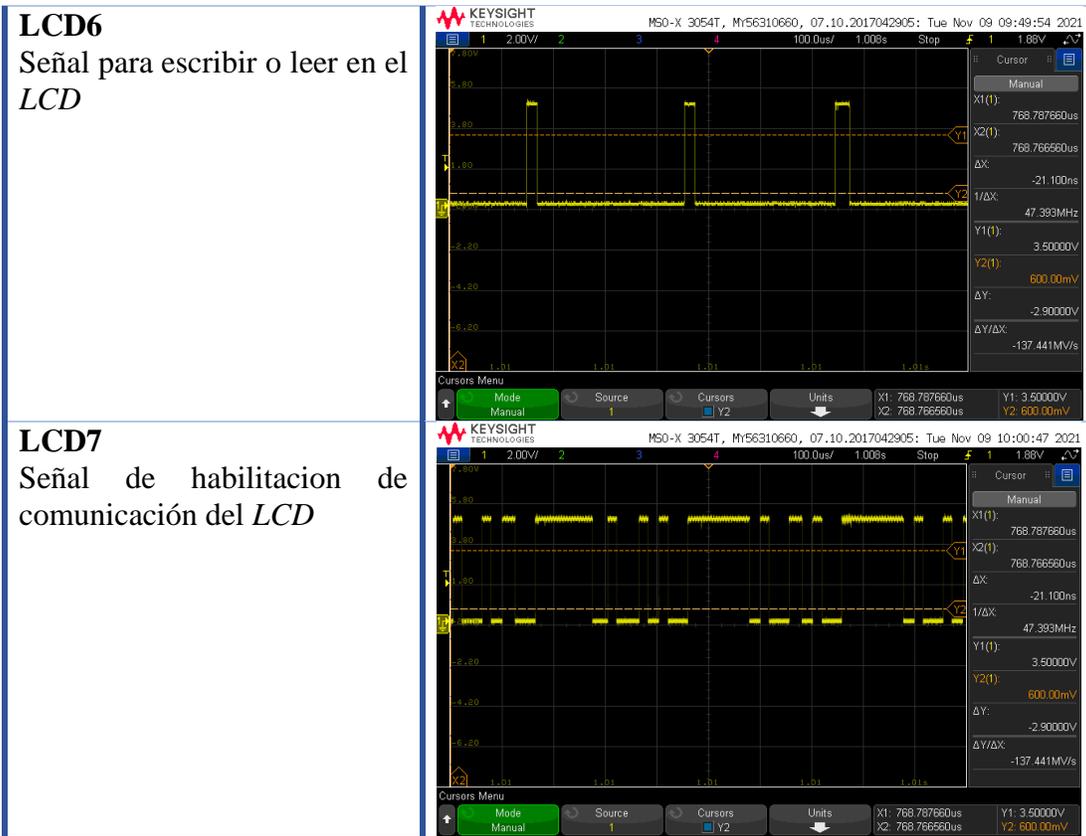
Muestra 3		
Dirección	Nuevo zumbador	Zumbador original
Arriba	61.5dB	64.7dB
Abajo	62.1dB	61.9dB
De frente	62.8dB	58.1dB
Derecha	65.3dB	60.3dB
Izquierda	65.4dB	64dB

8.5 Prueba para especificaciones eléctricas de las señales

A continuación, se muestran las siguientes dos tablas (10 y 11) de la toma de resultados entre la comunicación microcontrolador/level shifter y viceversa aquí se revisó que las señales no tuvieran distorsión o desfases de tiempo para obtener mensajes sin errores en el *LCD* cuando se le cargara el programa al microcontrolador.

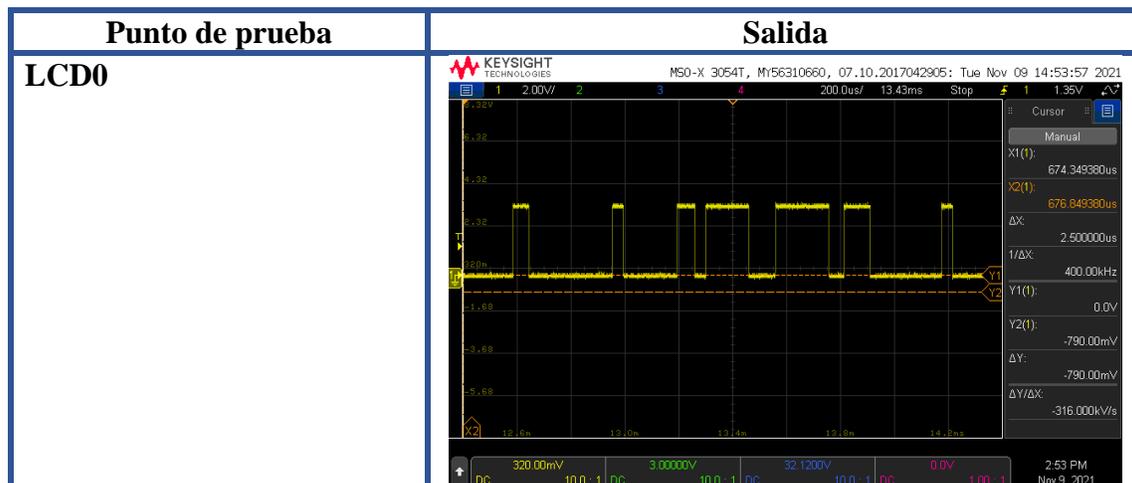
Tabla 10. Comunicación de Level Shifter al LCD

Punto de prueba	Salida
<p>LCD0, LCD1, LCD2, LCD3</p> <p>Datos de caracteres y comandos para el <i>LCD</i> Se verifico que los tiempos y los niveles de voltaje fueran a la especificación de una señal TTL, 5V.</p>	
<p>LCD4</p> <p>Señal de comando o datos para elegir si lo que se envía al <i>LCD</i> es un dato o comando</p>	
<p>LCD5</p> <p>Señal de habilitación del <i>LCD</i> de comunicaciones del <i>LCD</i></p>	

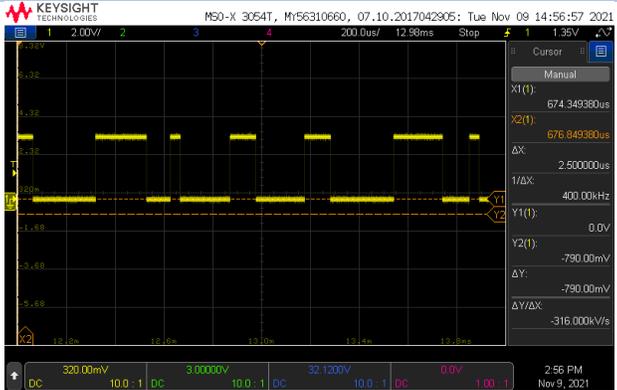


En la tabla 11 se puede observar que las imágenes (lcd0, lcd1, lcd2, lcd3, lcd4, lcd6) no cumplen con la especificación de la parte baja del LCD, la parte baja debe de estar en 0.6mV máximo, como se observa en las imágenes el bajo supera el límite máximo de voltaje porque lo hay un error dentro de esos pines. Para el lcd7, se observa que está dentro de los rangos máximos y aunque no es el mejor caso, se considera que la señal del pin está correcta.

Tabla 11. Comunicación microcontrolador – level shifter



LCD1



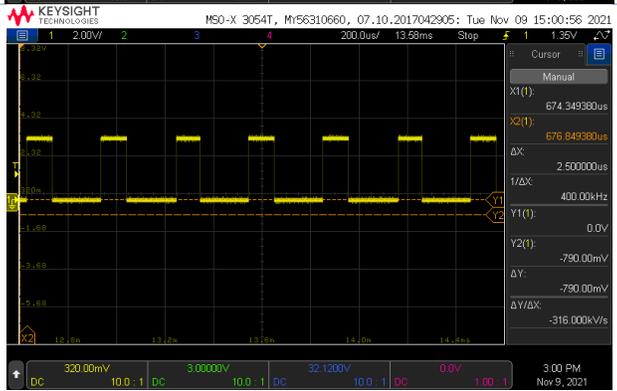
LCD2



LCD3



LCD4

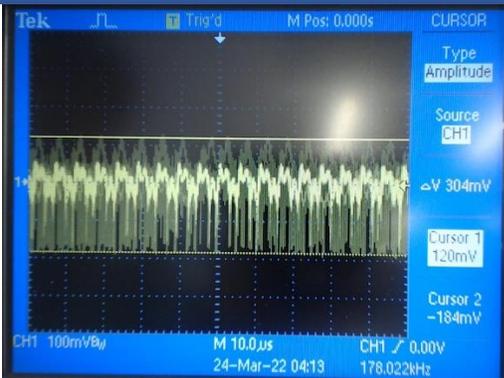
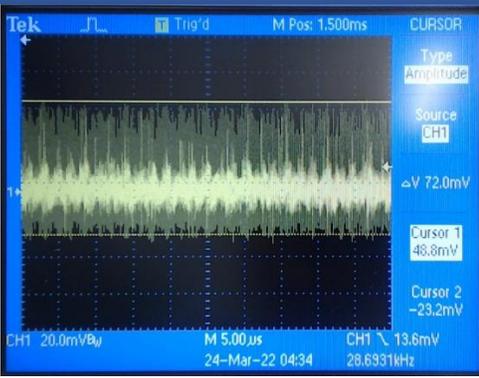
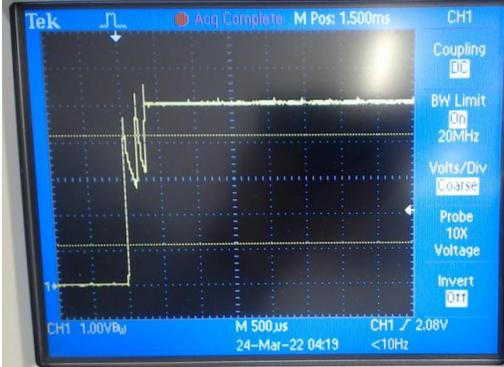
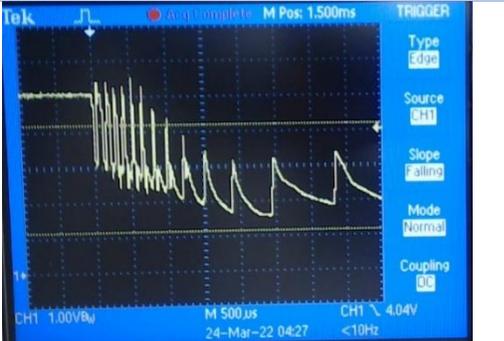
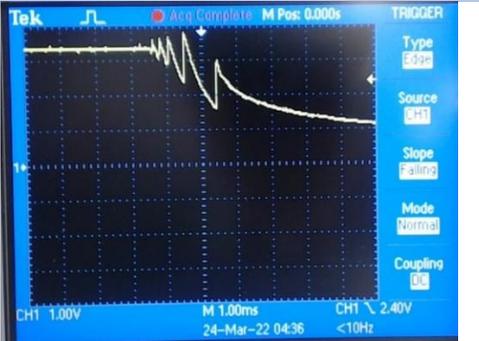




8.6 Prueba fuente de alimentación (5V-3.3V)

Se monitoreo el desempeño de la fuente de voltaje de 5V y de 3.3V, se comprobaron que los voltajes generados en el estado transitorio, cuando la tarjeta es energizada, se dieran en los límites de los componentes que se alimentan de esta fuente.

Tabla 12. Resultados de fuente de voltaje a 5V

Respuesta	5V	3.3V
Voltaje de rizo		
Encendido de la fuente de voltaje		
Apagado de la fuente de voltaje		

9. Conclusiones

Uno de los principales retos que tuve dentro del programa de prácticas profesionales fue desarrollarme y generar experiencia en el área de electrónica analógica y pruebas electrónicas, principalmente, al interactuar con las todas las configuraciones de los equipos y aprender a utilizarlos, en el área de pruebas, además generar conocimientos y reforzamiento sobre temas de electrónica, por ejemplo: *watch dog timer*, divisores de voltaje, comparadores, circuitos detectores de falta de pulso. Gracias a esto pude ser parte de otros proyectos y formar parte oficialmente de mi equipo actual.

Aprendí, además, a proponer alternos de componentes de manera rápida y tomando en cuenta los parámetros relevantes de cada componente, por ejemplo, sensibilidad de temperatura, rango de

detección de temperatura, corriente, voltaje. Una vez ubicado, el alterno potencial debe ser validado y aceptado como componente en la lista de materiales. Para el rediseño del panel, puse en práctica lo aprendido en ambos equipos y actividades, tanto la parte de pruebas como la de ingeniería de componentes, lo cual resulto crucial para garantizar el lanzamiento del producto en tiempo

En cuanto a las pruebas, la mayoría de estas se realizaron en las primeras fases del proyecto, por lo que, en la mayoría de estos valores, gráficas, señales obtenidas son parte del estudio que se le realizó al panel anterior, y que más adelante se comprobaría con pruebas ya en el rediseño, como es el caso del contraste en el *LCD* y el *WDT*. Para la prueba de especificaciones eléctricas en las señales del *LCD* se logró detectar a tiempo errores en la comunicación entre el *level shifter*, microcontrolador y *LCD* a tiempo, pudiendo arreglarlas, actualmente el diseño ya no se enfrenta a ese problema.

De ambos equipos con los que trabaje en este periodo me lleve un gran aprendizaje y además comencé a detectar en que áreas puedo especializarme en mi vida laboral, por lo que espero que ese aprendizaje siga creciendo de la misma manera.

10. Referencias

[1] Sensoray, & Lamberson, J. (2012). Application Note Single and Multistage Watchdog Timers. https://www.sensoray.com/downloads/appnote_826_watchdog_1.0.0.pdf

[2] Zeidman, B. (2002). Designing with FPGAs and CPLDs. Elsevier.

[3] Pull-up and Pull-down Resistors. (s. f.). EEPower. Recuperado 5 de junio de 2022, de <https://eepower.com/resistor-guide/resistor-applications/pull-up-resistor-pull-down-resistor/#>

[4] Texas Instrument. (2017). Logic Guide.

[5] OTO Technology. (2022). PUSH - PULL vs. OPEN DRAIN HOW TO CHOOSE THE BEST OUTPUT CONFIGURATION IN DIGITAL SENSING APPLICATIONS.

[6] Singh, D. K. B. (s. f.). Transistor-Transistor-Logic (TTL). <http://www.lscollge.ac.in/sites/default/files/e-content/Dr%20K%20B%20Singh%20Lecture%20Notes%20PG%20III%20Sem%20TTL.pdf>

[7] Xinghao, C. N. A., & Touba, N. A. (2009). Electronic Design Automation. Elsevier.

[8] Texas Instrument. (2014). Voltage Level Translation Guide. <https://ti.com/voltageleveltranslation>

[9] Dasari, D., & Nelis, V. (2012). An Analysis of the Impact of Bus Contention on the WCET in Multicores. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6332348>

[10] Ejury, J. (2013). Buck Converter Design.

[11] Texas Instrument. (1999). Understanding Buck power converter Stages in SwitchMode Power Supplies (Mixed Signal Products ed.). Texas Instrument.