



SISTEMAS ELECTRÓNICOS DIGITALES **DISEÑO Y CONTROL CRUCE DE SEMAFOROS.**

CURSO 2023/2024

EUGENIO FERNÁNDEZ HIDALGO - 55837
PEDRO ÁLVAREZ MONTEAGUDO – 55717
DIEGO RAMÍREZ FUENTE – 56049

GRUPO A404

Índice

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
1.1	DISPLAY DE 7 SEGMENTOS.....	4
2.	DINÁMICA DE FUNCIONAMIENTO	5
2.1	MÁQUINA DE ESTADOS PRINCIPAL.....	6
2.1.1	Diagrama Máquina de Estados.....	6
2.1.2	Estados.....	6
2.2	DIAGRAMA DE BLOQUES	8
2.3	ESTRUCTURACIÓN DEL CÓDIGO	8
2.3.1	Entidad Top Principal:	8
2.3.2	Entidad Monoestable:	9
2.3.3	Entidad Delay:	10
2.3.4	Entidad Anclar Entrada:	11
2.3.5	Entidad Control RGB:	11
2.3.6	Entidad Cambio Intensidad:	12
2.3.7	Entidad Top Display:	12
2.3.8	Entidad Countdown (countdown):	12
2.3.9	Entidad Cambio de Dígitos (cambio_digsel):	13
2.3.10	Entidad Buzz (buzz):.....	13
2.3.11	Entidad Debounce (debounce):.....	14
2.3.12	Unidades y Decenas - Display de 7 Segmentos:	14
3.	CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS.....	15

1. INTRODUCCIÓN

En esta memoria se documentarán todos los pasos seguidos, para el diseño del circuito de control de un cruce de regulado por semáforos entre coches y peatones.

Para ello, nos hemos ayudado de la placa de desarrollo FPGA Nexys 4 DDR Artix-7 de Digilent. Esta, es compatible con el sistema de Vivado, programa en el que se ha realizado todo el trabajo. Hemos utilizado varias de las entradas y salidas que nos ofrece la placa, además de la implementación de un módulo que se detallará más adelante.

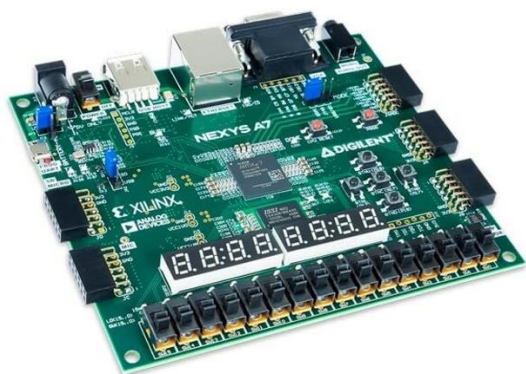


Ilustración 1 Nexys 4DDR



Ilustración 2 Módulo Zumbador

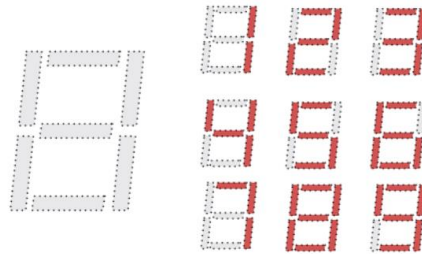
Algunas de las características más importantes que nos ofrece la placa son las siguientes:

- 16 switches de usuario
- Puente de USB a UART
- Salida VGA de 12 bits
- Acelerómetro de 3 ejes
- DDR2 de 128 MiB
- Pmod para señales XADC
- 16 leds de usuario
- Dos LED tri-color
- Salida de audio PWM
- Sensor de temperatura
- Flash serial
- Puerto USB a JTAG Digilent para programación y comunicación FPGA
- Dos pantallas de 7 segmentos de 4 dígitos
- Conector de tarjeta micro SD
- Micrófono PDM
- 10/100 Ethernet PHY
- Cuatro puertos Pmod
- Host USB HID para mouse, teclados y memoria extraíble

En nuestro caso, con el fin de simular el comportamiento de una forma lo más parecido a la realidad, hemos empleado el display de 7 segmentos, ambos leds RGB, leds de usuario y algunos de los botones disponibles. Asimismo, conectamos un módulo zumbador como el de la ilustración 2, con la finalidad de indicar a personas ciegas que el semáforo se encuentra en verde.

1.1 DISPLAY DE 7 SEGMENTOS

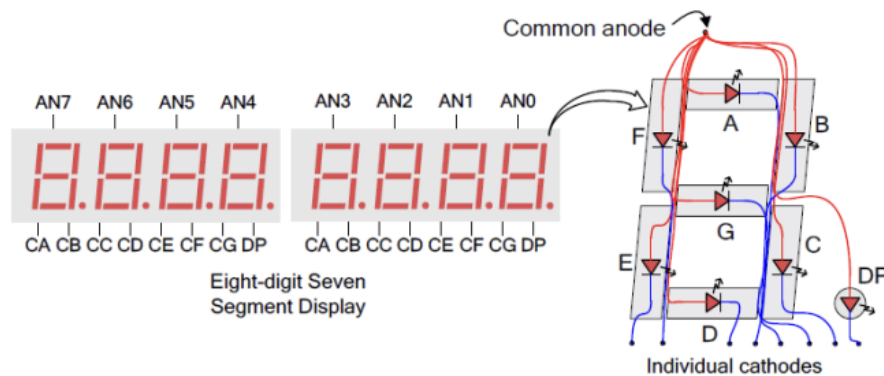
Como se ve en la ilustración 1, la Nexys4 DDR contiene en su parte inferior dos pantallas led de 7 segmentos, configurados para comportarse como una sola pantalla de 8 dígitos.



Fuente: Xilinx, 2016.

Ilustración 3 Iluminación display

Cada dígito está formado por siete LEDs unidos por un ánodo común, no obstante, sus cátodos como se ve en la ilustración 4 son independientes. Un aspecto a tener en cuenta es que las señales AN7, AN6, AN5...AN0 que vemos en la ilustración 4 son activas a baja. Para iluminar un segmento, el ánodo debe conectarse mientras el cátodo está sin conectar.



Fuente: Xilinx, 2016.

Ilustración 4 Ánodo común display

2. DINÁMICA DE FUNCIONAMIENTO

El sistema diseñado representa una solución completa para la gestión eficiente del cruce de peatones y vehículos, proporcionando un control preciso del flujo de tráfico y peatones mediante semáforos y señales luminosas. Con una estructura modular, diversos módulos y procesos trabajan de manera coordinada para asegurar un funcionamiento óptimo y seguro del cruce.

En este contexto, la "Máquina de Estados Principales" es la pieza central encargada de controlar el estado general del sistema, respondiendo a eventos como la pulsación de botones y el transcurso del tiempo. Define estados como Rojo para Coches y Peatones, Verde para Coches, Amarillo para Coches, Verde para Peatones, Parpadeo para Peatones, entre otros, y gestiona transiciones fluidas entre ellos.

El sistema implementado no solo busca regular el tráfico de forma eficiente, sino que también prioriza la seguridad y la comodidad de los usuarios. Se han implementado un estado en consecuencia, como es el caso del "Rojo Rojo", diseñado estratégicamente para evitar confusiones y prevenir posibles accidentes entre coches y peatones; tratando de que la vía esté vacía de cara al siguiente tramo.

Para facilitar la adaptación de los usuarios al sistema, se ha introducido un contador visible para los peatones, indicando claramente el tiempo disponible para cruzar. Este enfoque permite a los peatones tomar decisiones informadas sobre cuándo iniciar su cruce, mejorando la seguridad y la armonía en el flujo de peatones y vehículos. Además, se ha incorporado una salida sonora que complementa esta información visual, proporcionando una señal auditiva que varía en frecuencia conforme disminuye el tiempo disponible. Este aspecto no solo agrega un elemento de accesibilidad para personas con diferentes necesidades, sino que también contribuye a la conciencia situacional de cualquier usuario, evitando complicaciones innecesarias.

La interacción entre peatones y el sistema se ha potenciado aún más al permitirles adelantar el estado en que el semáforo les deja paso, mediante el uso de un botón para este propósito; mas no de forma inmediata, por mera seguridad vial. Mediante una salida luminosa específica, el sistema indica claramente a los peatones cuando no es necesario volver a pulsar el botón, ya que el semáforo está activo gracias a la presencia de otros usuarios.

En resumen, este sistema de semáforos va más allá de la simple regulación del tráfico; busca crear una experiencia segura, intuitiva y adaptativa para todos los usuarios, priorizando la seguridad y la accesibilidad en cada interacción.

En lo referido a especificaciones del código, se han introducido entidades de gran importancia estructural, como es el caso del "Monoestable". Este aporta una capa funcional al sistema generando salidas de duración fija al activarse por eventos específicos. Mientras tanto, el "Anclaje de Entrada" controla la duración de ciertos estados mediante una señal de entrada y un temporizador, contribuyendo a una gestión precisa del tiempo.

En el ámbito de la regulación lumínica, los módulos "Control RGB," "Cambio de Intensidad," y "Top RGB" se encargan de gestionar la lógica de control y la intensidad de las señales de color para los semáforos de vehículos y peatones. La "Decodificación RGB" desempeña un papel crucial al convertir una entrada de selección en señales RGB específicas, permitiendo un control preciso de las luces de diferentes colores.

La interacción efectiva entre estos módulos resulta en un sistema integral que responde eficientemente a eventos y temporizadores, garantizando una regulación precisa y segura del cruce de peatones y vehículos.

2.1 MÁQUINA DE ESTADOS PRINCIPAL

La máquina de estados principal controla el funcionamiento del sistema de control de semáforos y peatones.

2.1.1 Diagrama Máquina de Estados

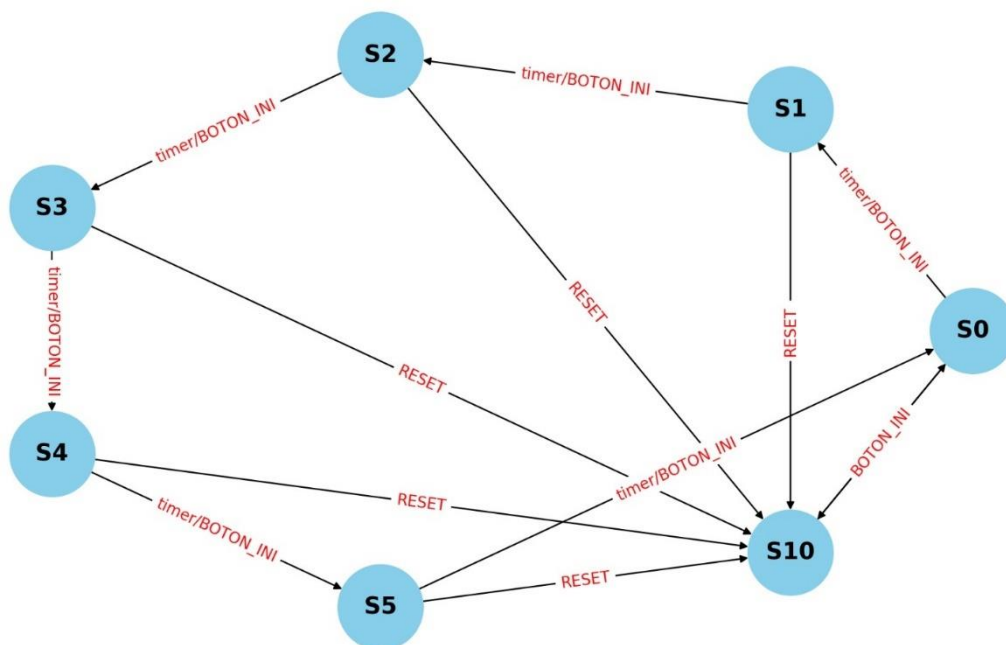


Ilustración 5 Diagrama Principal de Estados

A continuación, se detallan los estados y las transiciones asociadas:

2.1.2 Estados

S10 (Estado de Excepción)

Descripción: Estado especial activado al pulsar el botón de reset (RESET). En este estado, se detienen todas las operaciones normales y se espera la activación del botón de inicio (BOTON_INI) para volver al estado inicial (S0).

Transición a: S0 al pulsar el botón de inicio (BOTON_INI).

S0 (Estado Inicial):

Descripción: Estado inicial del sistema. En este estado, ambos semáforos (coches y peatones) están en rojo, y se espera la activación del temporizador para avanzar al siguiente estado.

Transición a: S1 al cumplirse el tiempo de espera o pulsar el botón de inicio (BOTON_INI).

S1 (Semáforo Verde Coches):

Descripción: Activa el semáforo verde para los coches, indicando que es seguro avanzar.

Transición a: S2 al cumplirse el tiempo de verde para coches o pulsar el botón de inicio (BOTON_INI).

S2 (Semáforo Ámbar Coches):

Descripción: Indica que el semáforo para coches cambiará en breve. Los coches deben prepararse para detenerse.

Transición a: S3 al cumplirse el tiempo de ámbar o pulsar el botón de inicio (BOTON_INI).

S3 (Semáforo Rojo Coches):

Descripción: Los coches deben detenerse, semáforo en rojo para coches.

Transición a: S4 al cumplirse el tiempo de rojo o pulsar el botón de inicio (BOTON_INI).

S4 (Semáforo Verde Peatones):

Descripción: Activa el semáforo verde para peatones, indicando que es seguro cruzar.

Transición a: S5 al cumplirse el tiempo de verde para peatones o pulsar el botón de inicio (BOTON_INI).

S5 (Semáforo Intermitente Peatones):

Descripción: Indica que el semáforo para peatones cambiará pronto. Los peatones deben prepararse para detenerse.

Transición a: S0 al cumplirse el tiempo intermitente o pulsar el botón de inicio (BOTON_INI).

Transiciones Especiales:

Desde cualquier estado a: S10 al pulsar el botón de reset (RESET), llevando la máquina a un estado de excepción.

Temporizadores

Los temporizadores controlan la duración de cada fase del ciclo.

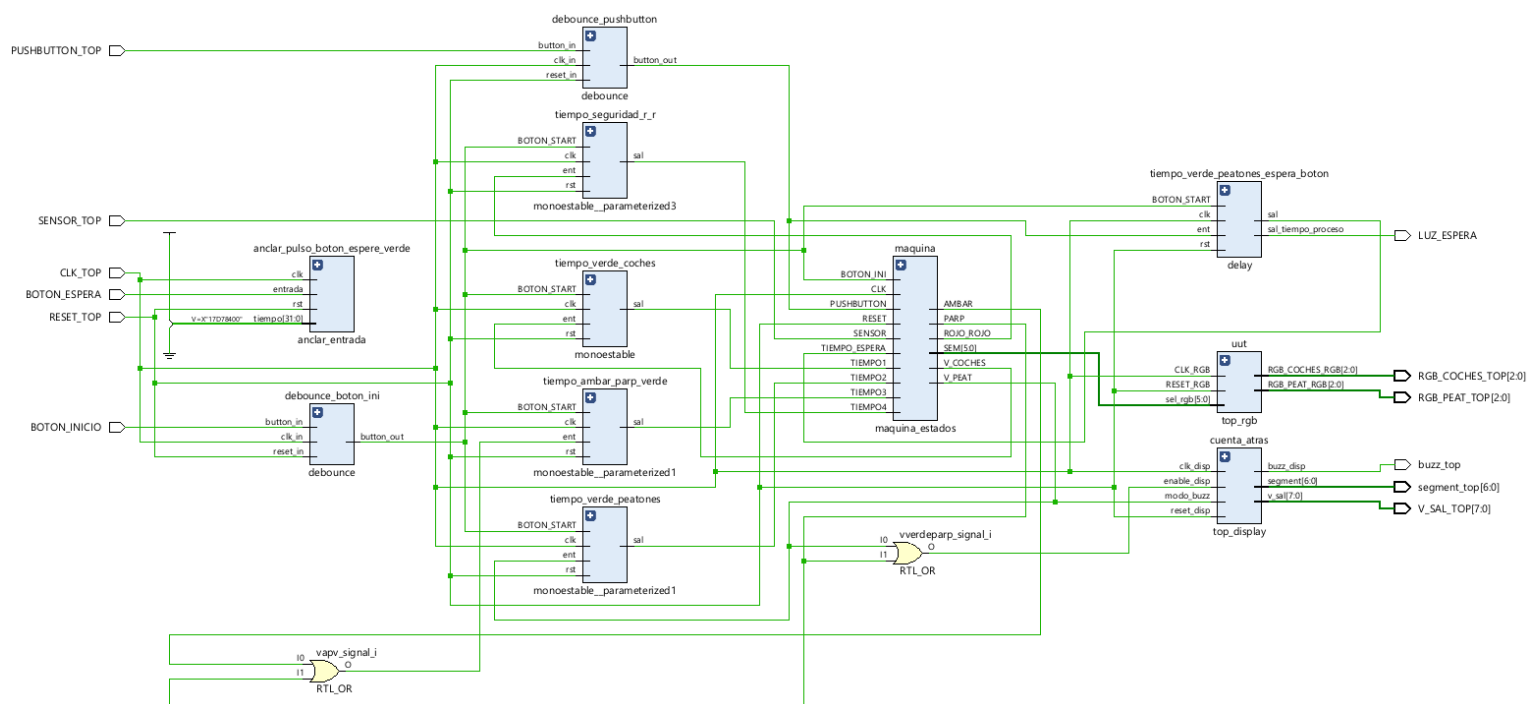
TIEMPO1: Controla la transición de la fase inicial (S0) a la fase de movimiento de vehículos (S1).

TIEMPO2: Controla la transición de la fase de movimiento de peatones (S4) a la fase de parpadeo (S5).

TIEMPO3: Controla la transición de la fase de parpadeo de peatones (S5) al estado de espera inicial (S0).

TIEMPO4: Representa el tiempo de espera general utilizado para regular los estados de tiempos de seguridad asociados a transiciones de estados “rojo-rojo”.

2.2 DIAGRAMA DE BLOQUES



2.3 ESTRUCTURACIÓN DEL CÓDIGO

2.2.1 Entidad Top Principal:

Descripción General:

Entidad principal que coordina y conecta todas las subentidades del sistema. Recibe señales de entrada relacionadas con el sistema de botones, control RGB y gestión de peatones, y genera

salidas para displays, LEDs RGB, buzzer y señales de estado para el botón de espera de peatones.

Entradas Principales:

BOTON_RESET: Señal de botón para salir del estado de reset.

BOTON_RESET_PLACA: Señal de botón de reset de la placa.

BOTON_ESPERA_PEATONES: Señal de botón para acelerar el ciclo de espera de peatones.

Salidas Principales:

Displays de 7 segmentos.

LEDs RGB para la regulación de intensidad y control visual.

BUZZER: Señal acústica para indicar eventos.

SALIDA_BOTON_ESPERA_PEATONES: Salida que indica que el botón de espera de peatones está activo.

Relaciones:

Coordina y conecta las subentidades (countdown, cambio_digsel, monoestable, etc.).

Gestiona la entrada de los botones y controla la lógica principal del sistema.

2.3.2 Entidad Monoestable:

Descripción General:

Implementa un monoestable para gestionar la activación de eventos temporales.

Entradas/Salidas Principales:

CLK: Reloj principal del sistema.

SET: Habilita el estado monoestable.

Q: Salida del estado monoestable.

Relaciones:

Utilizado para gestionar eventos temporales en el sistema.

Uso de genéricos para reutilización de código:

En la entidad monoestable, se incluye un integer genérico llamado temp que permite la reutilización de la misma para instanciar los distintos temporizadores que se van a utilizar simplemente cambiando el valor del tiempo.

RESET_DELAY: Señal de reset del módulo de delay.
 START: Inicia el conteo del delay.
 DONE: Indica la finalización del delay.

Relaciones:

Usado para introducir retardos en eventos específicos.

2.3.4 Entidad Anclar Entrada:

Descripción General:

Controla el anclaje de una entrada en la máquina de estados.

Entradas/Salidas Principales:

ENABLE_ANCLAR: Habilita la funcionalidad de anclaje.
 ENTRADA: Señal de entrada a ser anclada.

Relaciones:

Permite la retención temporal de una entrada en la máquina de estados.

2.3.5 Entidad Control RGB:

Descripción General:

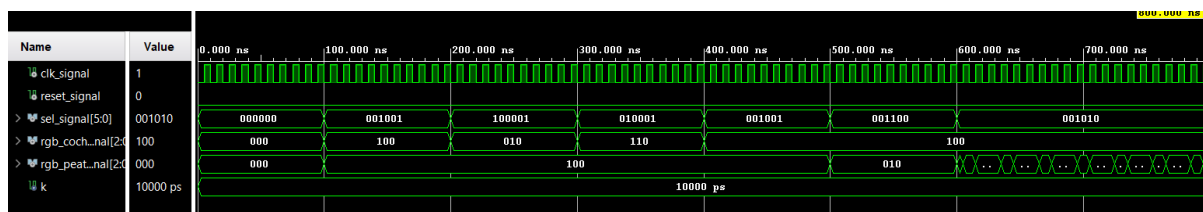
Regula la intensidad de los LEDs RGB mediante técnicas de modulación por ancho de pulso (PWM).

Entradas/Salidas Principales:

PWM_IN: Señal de modulación por ancho de pulso.
 RGB_OUT: Salida de control para los LEDs RGB.

Relaciones:

Contribuye a ajustar la intensidad de los LEDs RGB.



Simulación de la entidad de los RGB.

2.3.6 Entidad Cambio Intensidad:

Descripción General:

Gestiona el cambio de intensidad en la visualización y control RGB.

Entradas/Salidas Principales:

INTENSIDAD_IN: Entrada de intensidad.

INTENSIDAD_OUT: Salida de intensidad ajustada.

Relaciones:

Colabora en la regulación de intensidad en la visualización y control RGB.

2.3.7 Entidad Top Display:

Descripción General:

Controla la visualización del tiempo restante en dos displays de 7 segmentos y maneja el buzzer.

Entradas/Salidas Principales:

CLK_DISP: Reloj principal del sistema de visualización.

RESET_DISP: Señal de reset del sistema de visualización.

V_SAL: Salida de los displays de 7 segmentos.

SEGMENT: Salida de segmentos activos en los displays.

ENABLE_DISP: Habilita la visualización.

MODO_BUZZ: Modo del buzzer.

BUZZ_DISP: Salida del buzzer.

Relaciones:

Instancia entidades countdown, cambio_digsel, decoder, y buzz. Coordina la visualización del tiempo restante y el estado del buzzer.

2.3.8 Entidad Countdown (countdown):

Descripción General:

Cuenta el tiempo descendente y genera señales de control para el display de 7 segmentos.

Entradas/Salidas Principales:

CLK: Reloj principal del contador.
RESET: Señal de reset del contador.
ENABLE: Habilita el contador.
SEGUNDOS: Salida de la cuenta en segundos.
FIN: Indica el final de la cuenta.

Relaciones:

Se utiliza para contar el tiempo total y generar señales de control para el display.

2.3.9 Entidad Cambio de Dígitos (cambio_digsel):**Descripción General:**

Gestiona el cambio de dígitos en los displays de 7 segmentos.

Entradas/Salidas Principales:

CLK: Reloj principal del sistema de visualización.
ENABLE_DIGSEL: Habilita el cambio de dígitos.
SEGMENT_UNI_IN: Entrada de los segmentos para las unidades.
SEGMENT_DEC_IN: Entrada de los segmentos para las decenas.
DIGSEL: Salida de la selección de dígitos.
SEGMENT_OUT: Salida de segmentos activos en los displays.

Relaciones:

Coordina el cambio de dígitos en los displays de 7 segmentos.

2.3.10 Entidad Buzz (buzz):**Descripción General:**

Controla el buzzer para indicar eventos específicos.

Entradas/Salidas Principales:

MODO: Modo de operación del buzzer.
ENABLE_BUZZ: Habilita el buzzer.
CLK: Reloj principal del sistema de visualización.
BUZZER: Salida del buzzer.

Relaciones:

Se utiliza para generar señales auditivas indicando eventos específicos.

Nota Adicional:

La máquina de estados principal, que coordina la lógica de semáforos y la visualización del tiempo restante, está ubicada en la entidad principal (top_rgb). Las entidades secundarias, como monoestable y las relacionadas con el display (countdown, cambio_digsel, etc.), contribuyen a la funcionalidad general del sistema. La regulación de intensidad se logra mediante las entidades control_rgb y cambio_intensidad, que gestionan el brillo de los LEDs RGB.

2.3.11 Entidad Debounce (debounce):

Descripción General:

Implementa el mecanismo de debounce para evitar rebotes en la señal del botón de inicio.

Entradas/Salidas Principales:

CLK_IN: Reloj de entrada del sistema.
RESET_IN: Señal de reset del sistema.
BUTTON_IN: Señal de entrada del botón de inicio.
BUTTON_OUT: Salida de la señal del botón de inicio después de aplicar debounce.

Relaciones:

Se utiliza para evitar problemas de rebotes en la señal del botón de inicio al inicio del sistema.

2.3.12 Unidades y Decenas- Display de 7 Segmentos:

Descripción General:

Displays de 7 segmentos para visualizar las unidades y decenas de los segundos restantes.

Entradas/Salidas Principales:

CLK_DISP: Reloj principal del sistema de visualización.
RESET_DISP: Señal de reset del sistema de visualización.
V_SAL_DISP: Salida de los displays de 7 segmentos.
SEGMENT_DISP: Salida de segmentos activos en los displays.
ENABLE_DISP: Habilita la visualización.
MODO_BUZZ_DISP: Modo del buzzer para el sistema de visualización.
BUZZ_DISP: Salida del buzzer para el sistema de visualización.

Relaciones:

Integra las entidades relacionadas con el display para mostrar las unidades y decenas de los segundos restantes.

3. CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS

En conclusión, el sistema de control de cruce ha sido diseñado con un enfoque técnico robusto, integrando eficientemente módulos especializados para garantizar la seguridad y la usabilidad. Desde la gestión del rebote en la entrada del botón hasta la regulación de la intensidad de las señales RGB, cada componente está cuidadosamente coordinado para ofrecer una solución efectiva.

Como trabajo futuro, el diseño estructurado del sistema sienta las bases para la implementación de controles inteligentes en cruces interconectados. La estructura preparada, particularmente con el control del botón de espera de los peatones, permite la expansión hacia un control más dinámico, como la apertura simultánea de varios semáforos en caso de requerir la vía.

Además, la detección de vehículos podría integrarse para favorecer la apertura de los semáforos, promoviendo así una mayor eficiencia en el flujo vehicular. Estas perspectivas abren la puerta a futuras mejoras y adaptaciones, haciendo del sistema un punto de partida sólido para soluciones de control de tráfico más avanzadas.