

Sistema de monitoreo de temperatura

Especificaciones

V1.0 — Enero 2026

Erika Garcia

Diseño Digital II

Índice

Indice	2
1. Introducción	3
2. Especificaciones del Sistema	3
2.1. Parámetros de Operación	3
2.1.1. Rango de Temperatura y Escalado	3
2.1.2. Resolución y Precisión	3
2.2. Lógica de Control	4
2.2.1. Estados del Sistema	4
2.2.2. Condiciones de Transición	4
2.2.3. Lógica de persistencia (Parámetro N)	4
2.2.4. Lógica de alerta automática	4
3. Arquitectura general	5
3.1. Jerarquía de diseño	5
3.2. Microarquitectura	5
3.3. Descripción de Módulos	5
3.3.1. Modulo: registro_temp	5
3.3.2. Modulo: verificado_temp	5
3.3.3. Modulo: contador_persistencia	5
3.3.4. Modulo: estado_temp	5
4. Interfaz y descripción de puertos	6
4.1. Tabla de puertos del Sistema	6
5. Verificación	6
5.1. Estrategia de verificación	6
5.1.1. Cobertura de estados	6
5.1.2. Estados verificable	6
5.2. Casos de Prueba Críticos	7
5.3. Testbench	7
5.4. SystemVerilog Assertions (SVA)	7
6. Análisis y discusión	7

7. Conclusiones	7
8. Apéndices	7
8.1. comparador_temp	7

Índice de figuras

1. Microarquitectura del sistema de monitoreo de temperatura	5
--	---

Índice de cuadros

1. Rangos operativos del sistema	3
2. Estados de operación del sistema	4
3. Cobertura de estados	6
4. Casos de prueba críticos	7

1. Introducción

Este documento presenta las especificaciones de un sistema digital de monitoreo de temperatura con arquitectura jerárquica de FSM, implementado en SystemVerilog para aplicaciones de control térmico en invernaderos y sistemas embebidos. EL propósito es:

- Proporcionar los requisitos del sistema.
- Describir la arquitectura implementada (procesamiento, temporización, control).
- Especificar los estados de la máquina de estados finitos (FSM) y condiciones de transición.
- Documentar el mecanismo de contador de persistencia para filtrado de transitorios.
- Proporcionar la estructura de RTL y metodología de verificación.

2. Especificaciones del Sistema

2.1. Parámetros de Operación

2.1.1. Rango de Temperatura y Escalado

El sistema opera en el rango típico de sensores comerciales de temperatura de propósito general (-40.0°C a 85.0°C), con una resolución de 0.1°C, utilizando escalado $\times 10$ para convertir a valores enteros (-400 a 850).

Los umbrales implementados en el diseño están específicamente enfocados para monitoreo ambiental en invernaderos, donde temperaturas inferiores a 18.0°C o superiores a 25.0°C pueden afectar el crecimiento vegetal.

$$\text{Valor procesado} = \text{Temperatura (°C)} \times 10$$

Condición	Rango Real (°C)	Rango Escalado
BAJO	$T < 18,0$	$T < 180$
NORMAL	$18,0 \leq T \leq 25,0$	$180 \leq T \leq 250$
ALTO	$T > 25,0$	$T > 250$

Cuadro 1: Rangos operativos del sistema

2.1.2. Resolución y Precisión

- **Resolución:** 0.1°C
- **Representación:** 11 bits con signo en complemento a 2
- **Ancho de entrada:** 11 bits (rango -1024 a 1023)
- **Rango de interés:** -400 a 850

2.2. Lógica de Control

2.2.1. Estados del Sistema

Estado	Código	Calefactor	Ventilador	Alerta
NORMAL	00	0	0	0
BAJA	01	0	0	0
ALTO	10	0	0	0
ALERTA	11	Dependiente de T	Dependiente de T	1

Cuadro 2: Estados de operación del sistema

Nota: En el estado ALERTA es donde se toma la decisión: si $T < 180$ se activa Calefactor=1, si $T > 250$ se activa Ventilador=1.

2.2.2. Condiciones de Transición

- **NORMAL a BAJA:** Cuando temperatura < 180 (18.0°C)
- **NORMAL a ALTO:** Cuando temperatura > 250 (25.0°C)
- **BAJA a NORMAL:** Cuando temperatura retorna a $[180, 250]$
- **ALTO a NORMAL:** Cuando temperatura retorna a $[180, 250]$
- **BAJO a ALERTA:** Después de N ciclos en estado BAJA
- **ALTO a ALERTA:** Después de N ciclos en estado ALTO
- **ALERTA a NORMAL:** Cuando temperatura retorna a rango normal

2.2.3. Lógica de persistencia (Parámetro N)

- **Propósito:** Filtrar transitorios breves del sensor
- **Valor por defecto:** $N = 5$ ciclos de reloj (esta por definirse)
- **Contador:** Incrementa mientras temperatura está fuera de rango normal
- **Reset :** Cuando temperatura vuelve a rango normal

2.2.4. Lógica de alerta automática

Características:

- Alerta se activa cuando la condición de temperatura baja o alto se mantiene durante N ciclos consecutivos, descartando eventos transitorios aislados.
- Se desactiva automáticamente al volver a temperatura normal.

3. Arquitectura general

3.1. Jerarquía de diseño

3.2. Microarquitectura

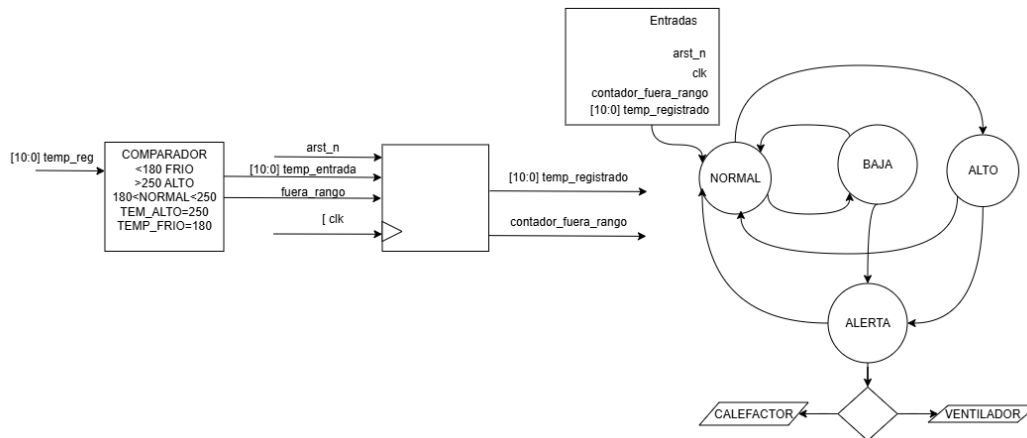


Figura 1: Microarquitectura del sistema de monitoreo de temperatura

3.3. Descripción de Módulos

3.3.1. Módulo: registro_temp

- Diagrama de bloques interno - Descripción funcional

3.3.2. Módulo: verificado_temp

- Lógica de comparación - Señalización de estado

3.3.3. Módulo: contador_persistencia

- Diagrama de estados del contador - Condiciones de reset/incremento

3.3.4. Módulo: estado_temp

- FSM: Diagrama de estados completo - Tabla de transiciones - Lógica de salida (actuadores)

4. Interfaz y descripción de puertos

4.1. Tabla de puertos del Sistema

Señales Internas

5. Verificación

5.1. Estrategia de verificación

5.1.1. Cobertura de estados

Estado	Entradas	Salidas	Ciclos
NORMAL	Temperatura [180,250]	calef=0, vent=0, alerta=0	por definir
BAJO	Temperatura < 180	transición a ALERTA	por definir
ALTO	Temperatura > 250	transición a ALERTA	por definir
ALERTA	Contador $\geq N$	alerta=1: si $T < 180$ calefactor =1, si $T > 250$ ventilador =1	por definir

Cuadro 3: Cobertura de estados

5.1.2. Estados verificable

1. NORMAL \rightarrow BAJO ($T < 180$)
2. NORMAL \rightarrow ALTO ($T > 250$)
3. BAJO \rightarrow NORMAL (T vuelve a [180,250])
4. ALTO \rightarrow NORMAL (T vuelve a [180,250])
5. BAJO \rightarrow ALERTA (contador $\geq N$)
6. ALTO \rightarrow ALERTA (contador $\geq N$)
7. ALERTA \rightarrow NORMAL (T vuelve a rango)
8. BAJO \rightarrow ALTO (cambio directo $T > 250$)
9. ALTO \rightarrow BAJO (cambio directo $T < 180$)

5.2. Casos de Prueba Críticos

No.	Descripción	Estímulo	Resultado Esperado	Tiempo
Casos normales				
1	Operación normal persistente	T=200 por — ciclos	estado=NORMAL, sin alerta	por definirse
2	Detección baja inmediata	T=150 en ciclo —	estado=BAJO en ciclo x	por definirse
3	Detección alto inmediata	T=300 en ciclo –	estado=ALTO en ciclo x	por definirse
Persistencia y alertas				
4	bajo persistente (N=5)	T=150 por 5 ciclos	ALERTA en ciclo 6	por definirse
5	alto persistente (N=5)	T=300 por 5 ciclos	ALERTA en ciclo 6	por definirse
6	Transitorio bajo ($< N$)	T=150 por 3 ciclos	No alerta	por definirse
7	Transitorio alto ($< N$)	T=300 por 3 ciclos	No alerta	por definirse
Retorno a NORMAL y Reset				
8	Recuperación automática	T=150×5, luego T=200	ALERTA→NORMAL en 1 ciclo	por definirse
9	Reset durante ALERTA	arst_n=0 en ALERTA	Reset completo	por definirse
Valores Límite				
10	Límite exacto frío	T=179→180	BAJO→NORMAL	por definirse
11	Límite exacto calor	T=250→251	NORMAL→ALTO	por definirse
12	Alternancia rápida	T=150,300,150,300	Contador acumula	por definirse
13	Valor máximo de temperatura	T=850 (85.0°C)	Estado ALTO	por definirse
14	Valor mínimo de temperatura	T=-400 (-40.0°C)	Estado BAJO	por definirse

Cuadro 4: Casos de prueba críticos

5.3. Testbench

- Arquitectura del testbench - Secuencias de prueba

5.4. SystemVerilog Assertions (SVA)

- Propiedades verificadas - Resultados de cobertura

6. Análisis y discusión

7. Conclusiones

Logros del Proyecto Posibles Extensiones

8. Apéndices

Apéndice A

8.1. comparador_temp

Listing 1: Unidad de Control