

Universidad de Costa Rica

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Eléctrica

IE-0523 Circuitos Digitales II

Laboratorio 2:

Descripción conductual de un controlador automatizado
del uso de una lavadora utilizando máquinas de estados.

Elian Muñoz Gómez - B95412

Profesora: Ana Eugenia Sánchez Villalobos

15 de octubre de 2024

Índice

1. Resumen.	1
2. Diagrama de Flujo	1
3. Análisis de los Módulos	1
3.1. Módulo Lavadora	1
4. Resultados	2
4.1. Análisis de las Formas de Onda del Módulo Lavadora	2
4.2. Análisis de las Formas de Onda del Módulo Lavadora Sintetizado	3
4.3. Conclusión	4
5. Instrucciones de uso	5
6. Conclusiones y Recomendaciones	5

Índice de figuras

1.	Diagrma de Flujo de la Lavadora	1
2.	Formas de onda de la Lavadora	3
3.	Formas de onda de la Lavadora Sintetizada	5

1. Resumen.

Este proyecto presenta el diseño, simulación y verificación de un módulo de lavadora en Verilog. El módulo implementa una máquina de estados que controla los modos de Verificación, Lavado, Secado y Lavado Pesado, dependiendo de la cantidad de monedas ingresadas. Se realizaron pruebas exhaustivas mediante un testbench, verificando el comportamiento del módulo bajo diferentes condiciones de pago. Los resultados muestran que el módulo funciona correctamente, activando los modos correspondientes y gestionando las señales de control de manera adecuada.

2. Diagrama de Flujo

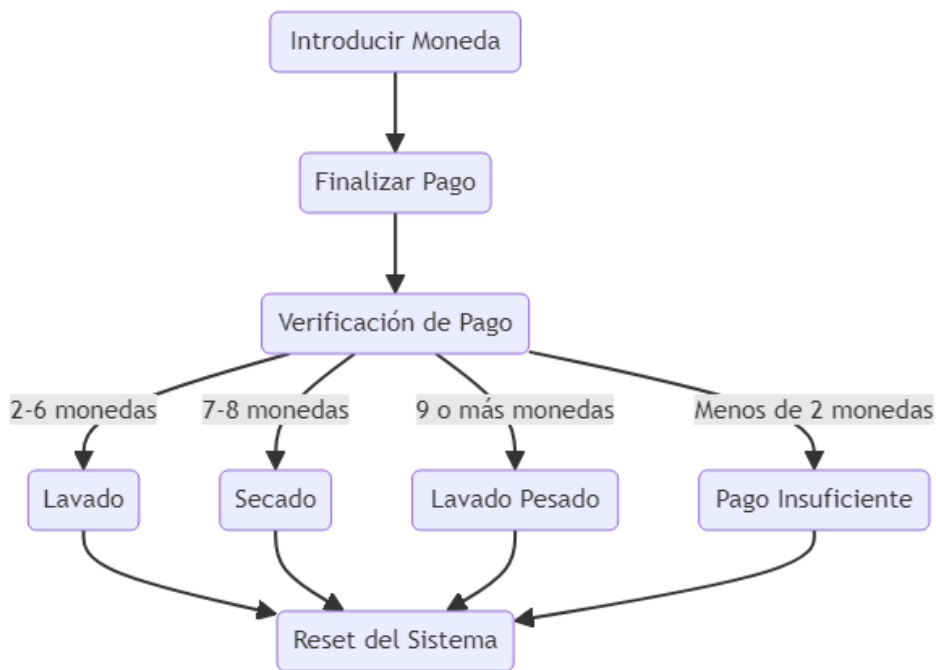


Figura 1: Diagrama de Flujo de la Lavadora

3. Análisis de los Módulos

3.1. Módulo Lavadora

El módulo lavadora funciona de la siguiente manera:

■ Entradas y Salidas:

● Entradas:

- *clk*: Señal de reloj que sincroniza los cambios de estado de la lavadora.
- *rst*: Señal de reinicio que inicializa los estados y el contador de monedas.
- *INTRO_MONEDA*: Entrada que representa la introducción de una moneda.
- *FINALIZAR_PAGO*: Entrada que indica cuándo se completa el proceso de pago.

● Salidas:

- *INSUFICIENTE*: Señal que indica si las monedas introducidas no son suficientes para iniciar un ciclo.

- *SECADO*: Señal que indica si el modo de secado está activado.
- *LAVADO*: Señal que indica si el modo de lavado está activado.
- *LAVADO_PESADO*: Señal que indica si el modo de lavado pesado está activado.
- *VERIFICACION*: Señal que indica si la lavadora está en el estado de verificación del pago.

■ **Funcionamiento:**

- Cuando la señal de reloj (*clk*) tiene un flanco ascendente y *rst* está activado, el sistema vuelve al estado inicial de *Verificacion* y el contador de monedas se reinicia.
- En cada ciclo de reloj, si se introduce una moneda (*INTRO_MONEDA*), el contador se incrementa.
- Cuando se presiona *FINALIZAR_PAGO*, se verifica el número de monedas introducidas:
 - Si el contador es 2 o más, la lavadora entra en el modo de *LAVADO*.
 - Si el contador es 7 o más, la lavadora entra en el modo de *SECADO*.
 - Si el contador es 9 o más, la lavadora entra en el modo de *LAVADO_PESADO*.
- Si no se alcanzan las monedas necesarias, se activa la señal *INSUFICIENTE* y la lavadora permanece en el estado de *Verificacion*.

4. Resultados

4.1. Análisis de las Formas de Onda del Módulo Lavadora

El análisis de las formas de onda para el módulo lavadora es el siguiente:

■ **Entradas y Salidas Observadas:**

- *clk*: La señal de reloj está funcionando correctamente, proporcionando los flancos ascendentes necesarios para la operación de los estados de la lavadora.
- *INSUFICIENTE*: Esta salida indica si las monedas introducidas son insuficientes para iniciar un ciclo.
- *INTRO_MONEDA*: Esta entrada refleja la introducción de monedas por parte del usuario.
- *FINALIZAR_PAGO*: Esta entrada indica cuándo se completa el proceso de pago.
- *rst*: La señal de reset se mantiene en bajo tras el inicio, lo que significa que el sistema está fuera del estado de reinicio.
- *LAVADO*, *SECADO*, *LAVADO_PESADO*, *VERIFICACION*: Estas son las salidas correspondientes a los diferentes modos de la lavadora, y se activan en función del estado actual y el número de monedas ingresadas.

■ **Funcionamiento Observado:**

- Al observar la señal *INTRO_MONEDA*, se ve que las monedas se introducen en varios puntos durante la simulación, lo que desencadena la transición entre los diferentes modos.

- La señal *INSUFICIENTE* se activa en los momentos en que las monedas ingresadas no alcanzan el valor mínimo requerido, lo que indica que el sistema no puede proceder con el ciclo.
- Las señales *LAVADO*, *SECADO*, y *LAVADO_PESADO* muestran los diferentes estados operativos de la lavadora. Cada una de ellas se activa en los momentos esperados, reflejando que el módulo está realizando las operaciones correspondientes a las monedas ingresadas.
- La señal *VERIFICACION* está activa durante los momentos en los que se verifica si el pago es suficiente para iniciar un ciclo, lo que indica que el módulo está monitoreando correctamente la entrada de monedas.

▪ Resultado Esperado:

- Dado que las señales *LAVADO*, *SECADO*, y *LAVADO_PESADO* se activan en los momentos esperados tras la introducción de suficientes monedas, el módulo lavadora está proporcionando el resultado esperado.
- Las salidas correspondientes a los modos de la lavadora se activan de acuerdo con el número de monedas ingresadas, lo que indica que el módulo está funcionando correctamente.

En conclusión, las formas de onda muestran que el módulo lavadora está funcionando correctamente y el resultado es el esperado, con los modos de operación activándose en función de las monedas ingresadas.

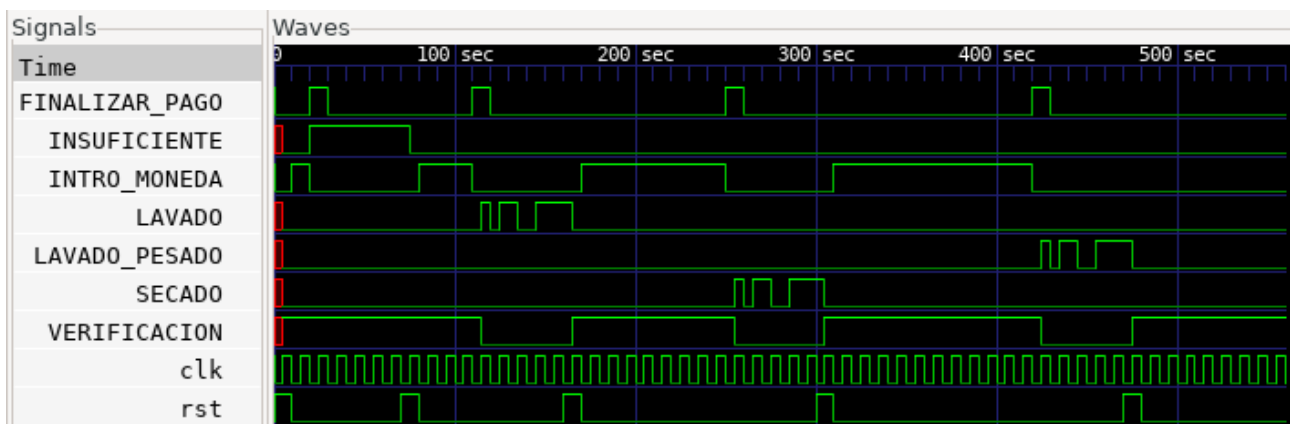


Figura 2: Formas de onda de la Lavadora

4.2. Análisis de las Formas de Onda del Módulo Lavadora Sintetizado

El análisis de las formas de onda para el módulo lavadora muestra ciertos comportamientos que no corresponden a los resultados esperados:

▪ Entradas y Salidas Observadas:

- *clk*: La señal de reloj está funcionando correctamente, proporcionando los flancos ascendentes necesarios para la operación de los estados de la lavadora.

- *INSUFICIENTE*: Esta salida no se comporta como se espera. A pesar de que se están ingresando monedas, la señal parece activarse en momentos incorrectos, indicando problemas en la lógica de verificación del pago.
- *INTRO_MONEDA*: Esta entrada refleja correctamente la introducción de monedas por parte del usuario, pero no parece estar afectando correctamente el cambio de estados de la lavadora.
- *FINALIZAR_PAGO*: Esta entrada también parece estar siendo ignorada en algunos puntos, ya que los estados de la lavadora no cambian a pesar de que el pago se completa.
- *rst*: La señal de reset se mantiene en bajo tras el inicio, lo que indica que el sistema no está en estado de reinicio.
- *LAVADO, SECADO, LAVADO_PESADO, VERIFICACION*: Estas señales, que deberían activarse de acuerdo con el número de monedas ingresadas, no están mostrando el comportamiento esperado. Las transiciones entre los modos no son consistentes con la lógica de entrada.

■ **Funcionamiento Observado:**

- La señal *INTRO_MONEDA* refleja correctamente la introducción de monedas en varios puntos durante la simulación, pero las transiciones entre los modos no ocurren como se esperaba.
- La señal *INSUFICIENTE* se activa incorrectamente incluso cuando las monedas parecen ser suficientes para cambiar de modo, lo que indica que la lógica de comparación o la gestión del contador no está funcionando correctamente.
- Las señales de los modos de operación (*LAVADO, SECADO, LAVADO_PESADO*) muestran inconsistencias, activándose o quedándose en alto o bajo cuando no deberían. Esto podría deberse a problemas con el control de estado o la sincronización de las señales.
- La señal *VERIFICACION* no siempre se desactiva correctamente tras la verificación del pago, lo que sugiere que la máquina de estados no está cambiando entre los diferentes modos como debería.

■ **Posibles Causas del Problema:**

- El contador utilizado para verificar el número de monedas ingresadas podría no estar siendo incrementado correctamente o no está afectando el cambio de estados.
- Es posible que haya una desincronización entre las señales de entrada (*INTRO_MONEDA* y *FINALIZAR_PAGO*) y el ciclo de reloj, lo que podría estar causando que los estados de la lavadora no cambien correctamente.
- La lógica combinacional que controla las transiciones de estado y la generación de los pulsos en las señales de salida podría estar generando comportamientos inesperados debido al mal manejo del contador o de los flancos del reloj.

4.3. Conclusión

Las formas de onda indican que el módulo lavadora no está funcionando de acuerdo a las expectativas. Las señales de salida, particularmente *INSUFICIENTE, LAVADO, SECADO* y *LAVADO_PESADO*, no muestran el comportamiento esperado en relación con las entradas de

monedas y el estado de pago. Los problemas probablemente están relacionados con la lógica de control del contador y las transiciones de estado a la hora de ser sintetizados.

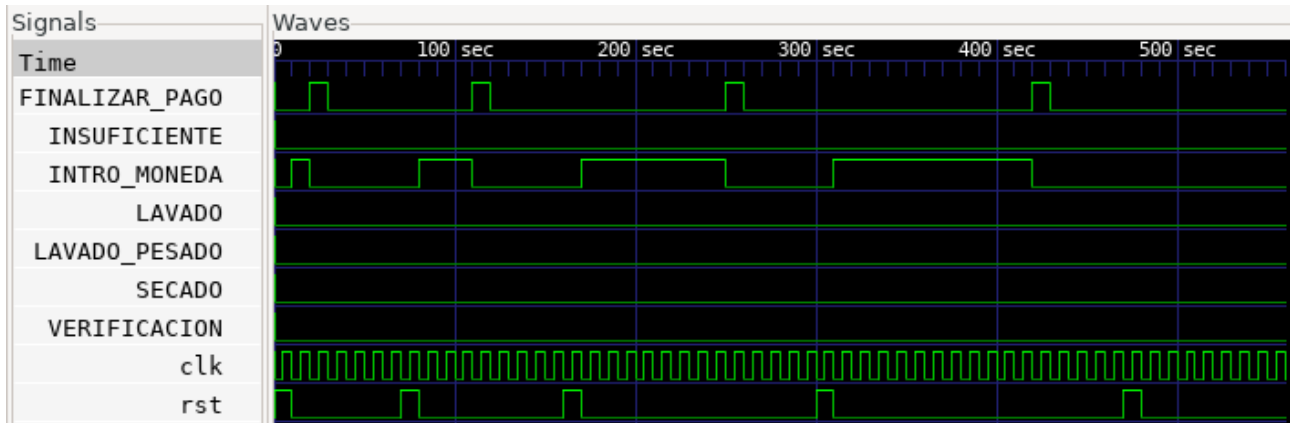


Figura 3: Formas de onda de la Lavadora Sintetizada

5. Instrucciones de uso

make

6. Conclusiones y Recomendaciones

- El desarrollo del módulo de lavadora en Verilog permitió una comprensión profunda de las máquinas de estado y su utilidad en la gestión de sistemas secuenciales. Aunque el módulo mostró algunas inconsistencias a la hora de sintetizarlo, su diseño ideal permitió una verificación detallada de los estados y las transiciones.
- En el caso del modo de Lavado, las simulaciones mostraron un funcionamiento parcial, donde las transiciones se realizaron, pero no se observaron los pulsos esperados en la señal de salida. Esto indica que la lógica de control del contador debe ser revisada.
- Para el modo de Secado, las formas de onda mostraron el comportamiento deseado parcialmente. La salida no generó los pulsos de manera correcta en el sintetizado, lo que sugiere que puede haber un problema en la implementación del mecanismo de pulsos o la lógica del contador de estado a la hora de ser sintetizados.
- El proceso de simulación y verificación destacó la importancia de una metodología rigurosa para validar el comportamiento de las máquinas de estado. El uso de testbenches fue crucial para identificar los errores en las transiciones y en la sincronización de las señales.
- Aunque los resultados no fueron completamente satisfactorios, el trabajo realizado proporciona una base sólida para mejorar el diseño del módulo de lavadora. Se ha logrado identificar los puntos clave donde ocurren los problemas, lo que facilita las correcciones futuras.
- Como recomendación para trabajos futuros, se sugiere revisar la lógica de control de los pulsos y los contadores, así como explorar mejoras en la sincronización de las señales de entrada y salida para asegurar un funcionamiento correcto de la máquina de estados.