

TRABAJO PRÁCTICO INTEGRADOR



Alumnos: Gareis Nahuel.
Pighin Nael.
Voegeli Walter.

Diseño de un sistema digital para automatizar
la operación de un lavarropas.

Índice

<i>1- Introducción</i>	<i>Pág 2</i>
<i>2- Análisis y diseño</i>	<i>Pág 4</i>
<i>3- Prueba de funcionamiento</i>	<i>Pág 7</i>
<i>4- Conclusiones</i>	<i>Pág 7</i>

Introducción

El siguiente trabajo propone a través del lenguaje de descripción de circuitos electrónicos VHDL, realizar un circuito digital con sus variables y lógica que permita automatizar la operación de un lavarropas simple.

El lavarropas es un electrodoméstico o máquina industrial que se utiliza para automatizar el proceso de lavado de la ropa con una mínima intervención y esfuerzo, puede también enjuagar y centrifugar dependiendo el modelo.

Gracias a la electrónica y a su miniaturización, se logró automatizar procesos mediante el uso de chips previamente configurados. Esto permite al usuario indicar qué tareas desea que realice la máquina mediante botones que se interpretan como señales de entrada. Así, mediante el uso de lógica, memorias, sensores y un reloj interno se pueden generar secuencias de operaciones de alta complejidad con entradas sencillas.

En el presente trabajo, el diseño del lavarropas debe contar con 7 modos distintos de lavado y uso, que se representarán cada uno con un código interno distinto (FIG 2) .



Código	Programa
000	---
001	Lavado
011	Lavado y enjuague
101	Lavado y centrifugado
111	Lavado, enjuague y centrifugado
010	Enjuague
110	Enjuague y centrifugado
100	Centrifugado

FIG 2: modos de ejecución con su código correspondiente.

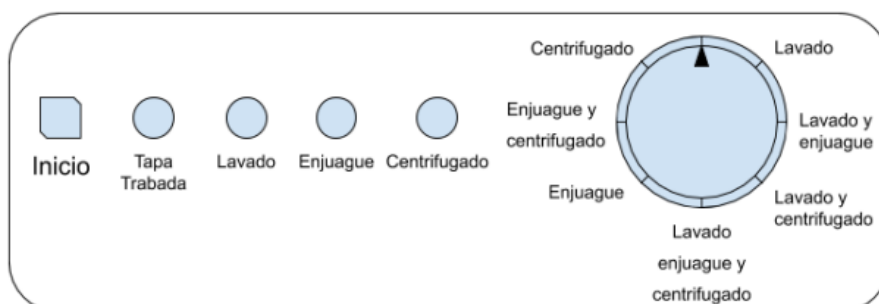


FIG 3: interfaz de usuario con el selector de modos, leds de indicación de estado y un botón de inicio.

Para el diseño del circuito, se siguió el siguiente esquema que representa la mecánica interna del lavarropas (FIG 4).

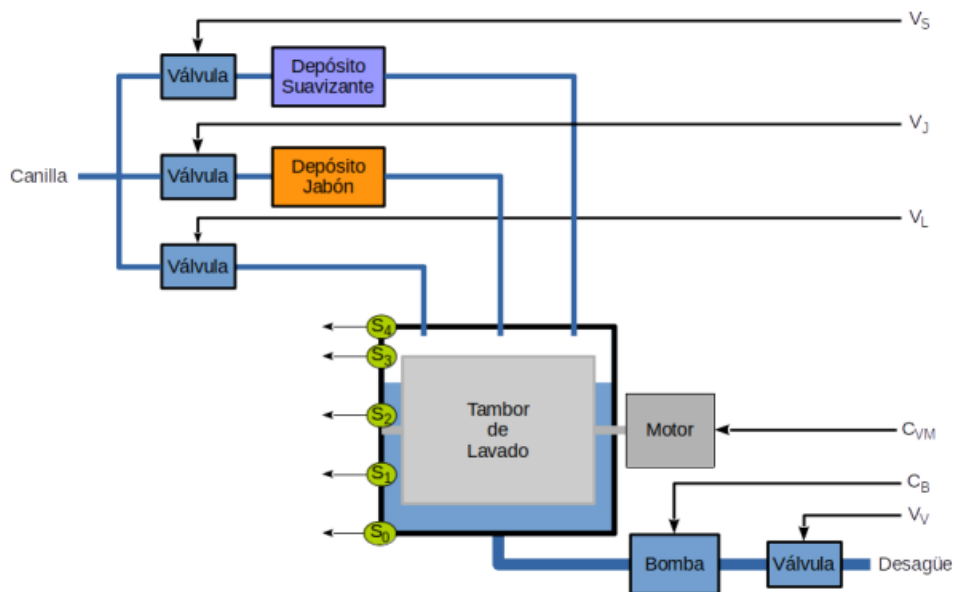


FIG 4: Mecánica interna del lavarropas.

Referencias de la FIG 4:

Válvulas: permiten el flujo o no del agua mediante una señal de entrada que se lo indique.

VS: válvula del suavizante.

VJ: válvula del jabón.

VL: válvula de llenado.

VV: válvula de vacío.

Motor: es el encargado de hacer girar el tambor de lavado, se le indica su velocidad de giro mediante una señal de entrada que se lo indica.

CVM: motor del lavarropas.

Bomba: bombea el agua desde el depósito de lavado para su desagote.

CB: bomba de vaciado.

Para la realización del circuito se basó en el uso de la información proveniente de los sensores y el control del usuario, es decir los modos de lavado y el botón de inicio del programa (FIG 3).

Para finalizar una vez realizado el código del sistema, se realizará una simulación del funcionamiento del testbench.

Análisis y diseño

El lavarropas a diseñar es una máquina abstracta que cuenta con distintos estados de ejecución y que únicamente se ejecuta uno de ellos a la vez. Estos estados serán los distintos pasos que realizará la máquina para completar el programa solicitado, al tener un número finito de estados decimos que es una máquina de estados finitos (FSM).

Hay distintos modelos de máquinas de estado finito, en nuestro caso nos basamos en el modelo Mealy ya que el cambio de estados dependerá del estado actual en el que se encuentra y una señal de entrada que indicará el cambio de estado.

La lógica de nuestro lavarropa consiste en un estado inicial (idle) el cual permite al usuario cargar y retirar la ropa del depósito de lavado, que es donde el lavarropas trabaja con la misma. Para asegurarse que la puerta del depósito no se abra mientras se ejecuta un estado distinto al idle, se utiliza un electroimán que permanecerá activo manteniendo la puerta cerrada.

Cuando el usuario selecciona un programa de ejecución (figura 2) mediante la perilla, se deberá pulsar el botón de inicio para que se produzca un cambio de estado y así comenzar la secuencia de ejecución de estados hasta completarlos para finalmente desagotar el lavarropas, una vez completado el proceso y desagotado, el sistema vuelve al estado inicial idle permitiendo abrir la puerta y retirar la ropa, quedando a la espera de una nueva indicación de ejecución.

Se contemplaron diversos errores físicos que pueden suceder que detendrán el proceso de ejecución de un estado, esto gracias al uso de sensores en el depósito de lavado que nos indicarán el nivel de agua. Un error típico puede ser que falle una válvula de flujo de agua que cargue el depósito provocando que el mismo se llene más de lo debido, nos daremos cuenta de ello si el sensor superior nos indica mediante una señal binaria que eso sucedió. Otro error es si existe una fuga de agua del depósito ya que el sensor inferior del depósito nos indique mediante otra señal binaria que su valor es nulo, referenciando a que no hay líquido dentro del depósito.

El comportamiento del sistema entonces dependerá de la lógica y de los elementos físicos que componen el lavarropas, a continuación se describirán estas entidades.

VÁLVULAS: la válvula es la encargada de permitir o bloquear el paso del agua, esto se logra mediante una señal binaria. Cuando la señal es igual a 1 la válvula se abre, en caso contrario la válvula permanece cerrada.

SENSORES: Son los que nos indican mediante una señal binaria qué cantidad de agua existe en el depósito de lavado, esto se logra instalando varios sensores a distintas alturas y cuando el agua se mantenga en contacto con uno se asumirá dicho nivel de agua en el depósito.

MOTOR: Mecánicamente hace girar el tambor del lavarropas y mediante dos señales independientes (alt y med) se le indicará a qué velocidad debe girar el mismo, para que cumpla con 3 modos distintos de giro. Si ambas señales son '0' entonces el motor permanecerá en reposo, si alt=1 y med=0 entonces girará a altas revoluciones para realizar el centrifugado de la ropa y finalmente si med=1 y alt=0 el motor girará a la velocidad normal de lavado.

BOMBA: Es el componente del lavarropas que bombeará agua del depósito al exterior, permitiendo su desagote, esta se activará por una señal binaria alta en conjunto con la válvula de vacío, para que la bomba se active también debe hacerlo dicha válvula.

ELECTROIMÁN: Este elemento no se encuentra en la figura 3 pero si se contempló en el diseño del circuito. El electroimán es el encargado de mantener la puerta del depósito de lavado cerrada por una fuerza electromagnética que se activará cuando reciba una señal binaria activa.

También existen otros elementos que corresponden a la interacción directa con el usuario (FIG 3).

BOTÓN DE INICIO: Mediante su pulsación en conjunto a la posición dada de la perilla dará comienzo al programa elegido.

PERILLA: Acá el usuario elegirá el modo de funcionamiento del lavarropas, mediante una señal de 3 bits la misma indicará al circuito qué modo se seleccionó y actuará en función de ello.

LEDs: indicarán en qué estado de ejecución se encuentra el lavarropas mediante una señal binaria que cada uno recibe.

Una vez ya establecidas las entidades del sistema y la lógica a seguir, se procedió a diseñar los modos de ejecución (programas, FIG 2) en conjunción a los requisitos que se deben cumplir para que se ejecute cada uno.

- El sistema presenta 6 estados distintos de ejecución, estos estados cambiarán a otro cuando una señal o conjunción de varias se lo indique (por ello es tipo Mealy), se utilizó la lógica de que el sistema se base en un contador a modo de reloj para que cuando el mismo llegue a un determinado valor, se considere que el estado asociado está completado y pase al siguiente que le corresponda.
- El contador aumentará en 1 su valor cada vez que exista un clock del reloj, para fines prácticos se consideró que 1ns equivale a un minuto en la vida real.
- Como hay estados que pueden tomar más de un camino se utilizaron banderas las cuales le indican al estado hacia dónde debe ir dependiendo de cuál es el programa elegido.
- Se utilizó la codificación OneHot para representar cada estado en el código del programa, esto permite evitar que se confunda un error de bits y el estado sea redirigido a otro que no corresponde.
- Para conocer la ubicación del estado actual, se utiliza la variable `state_reg`. Luego dependiendo del programa, la variable `next_state` será asignada con el estado al cual debe seguir la máquina, asignando luego dicho estado a la variable `state_reg`.
- El código del circuito se dividió en distintos componentes que luego serán instanciados en el componente principal "Lavarropa".

El lavarropas cuenta entonces con los siguientes estados de ejecución.

IDLE: Es el estado principal, el estado de reposo del sistema. cuando no se ejecute alguna acción particular en el lavarropas el mismo se encuentra en este estado. En este estado se le permite al usuario abrir la puerta del depósito de lavado y solamente en este aquí el electroimán permanecerá inactivo.

LLENADO: Aquí se ejecutará el proceso de llenado del depósito de la ropa, siempre que se deba ejecutar el estado LAVADO o DESAGOTE previamente se transitará por este estado.

Este estado comprobará los niveles de los sensores para determinar si se ejecuta el estado siguiente dependiendo de la variable `next_state`. también en este estado se comprobará la existencia de errores en el llenado.

LAVADO: En este estado el lavarropas lavará la ropa. Los programas que lo ejecutan son "011", "101" o "111".

Este proceso se ejecutará continuamente hasta que se cumplan 31 minutos desde su inicio.

Una vez terminado seguirá el proceso de DESAGOTE.

Cuando el lavarropas se encuentre en este estado, se encenderá el led "Lavado" y "Tapa trabada" del panel y la señal "med" del motor será igual a 1 (`med=1`, `alt=0`).

DESAGOTE: En este estado el lavarropas se encuentra vaciando el depósito hasta que el sensor S0 sea igual a 0, indicando que no hay agua en la base del mismo.

En este estado la bomba Bv estará activa (Bv=1) la válvula de desagote Vv también (Vv=1), permitiendo el flujo del agua fuera del lavarropa.

ENJUAGUE: Estado similar al de lavado, dispone de un tiempo de ejecución de 31 minutos y para poder ejecutarse se debe llenar el depósito de lavado hasta que el sensor S1=1, esto se logra permitiendo la apertura de la válvula Vs que deja fluir agua por el depósito de suavizante.

Cuando el lavarropas se encuentre en este estado, se encenderá el led “Enjuague” y “Tapa trabada” del panel y la señal “med” del motor será igual a 1 (med=1, alt=0).

Si el sensor S1=0 o S3=1, no se iniciará el proceso ya que se considera que sucedió una falla.

CENTRIFUGADO: Estado en el cual el lavarropas hace girar el tambor de lavado a altas revoluciones para que por medio de centrifugación se escurra el agua de la ropa hacia el depósito de lavado.

Cuando el lavarropas se encuentre en este estado, se encenderá el led “Centrifugado” y “Tapa trabada” del panel y la señal “med” del motor será igual a 1 (med=1, alt=0).

Ya teniendo las entidades definidas y el comportamiento general del sistema, se procedió a realizar un diagrama de estados en el lenguaje gráfico UML, en el cual indicaremos los distintos, valga la redundancia, estados que ejecuta el lavarropa, las transiciones que hay entre cada uno de ellos y qué condiciones deben cumplirse para que sistema cambie de un estado a otro de una manera más fácil de interpretar y documentar.

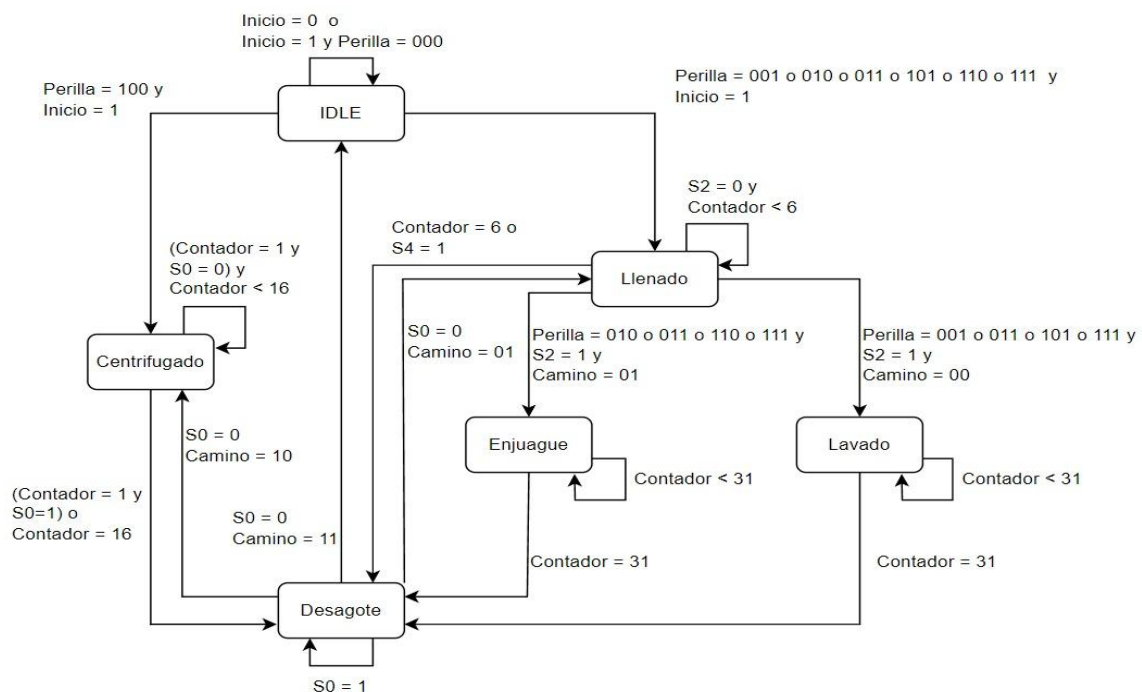


FIG 5: Diagrama de estados del circuito a codificar.

Para la realización del diagrama de estados se tuvo en cuenta qué estados estaban presentes y cómo se relacionaban entre sí, también cómo se ejecuta y cuando se realizará una transición de un estado a otro.

Gracias a la realización del diagrama se puede realizar el código del circuito de forma más ordenada y eficaz, el lenguaje de descripción utilizado es Very High Speed Integrated Circuits (VHDL por sus siglas).

(se adjunta codificación en la entrega)

Pruebas de ejecución

A medida que se avanzaba con el código, se iban realizando pruebas del circuito en el programa de simulación gtkWave, útil para observar los comportamientos de las entradas y salidas del circuito programado.

A continuación se adjuntan imágenes de la ejecución del testbench (prueba del circuito) en el simulador.

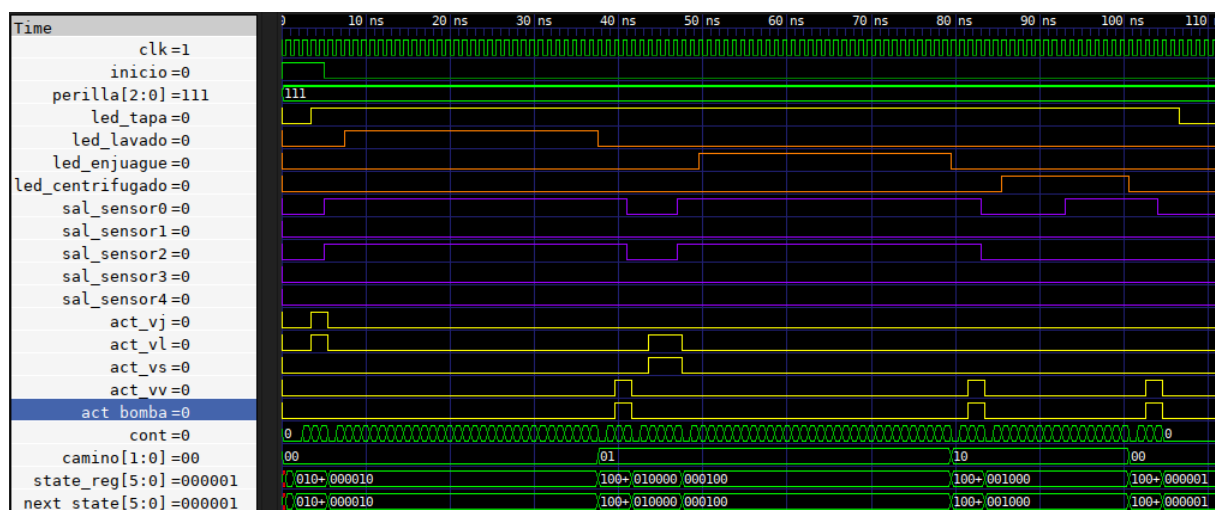


FIG 5: Simulación del circuito.

Para la prueba del circuito (fig 5) se ejecutó el programa 111 (Lavado, enjuague y centrifugado), donde se puede observar la ejecución de los estados, activaciones de los leds, lectura de los sensores, activación de los distintos componentes del sistema cuando su fila se encuentra en alto, es decir recibiendo o emitiendo señal dependiendo de lo que se refiere. nótese que la tapa permanecerá cerrada en todo el proceso hasta que se desagote completamente el lavarropas y el estado actual se encuentre en idle.

Conclusiones

El presente trabajo nos dió noción sobre la importancia de los conceptos y teoría aprendidos en la materia, se pudo lograr diseñar un circuito de un lavarropas completamente funcional y automático el cual se puede impactar en una FPGA para su posterior uso.

Realizar el trabajo no fué tarea sencilla, hay muchas consideraciones a tener en cuenta que permiten un óptimo y correcto funcionamiento del sistema, hay que pensar muy bien la transición entre estados y las causas que lo originan, como así también los posibles errores que pueden surgir y cómo actuar ante ellos.

A pesar de las dificultades para lograr un circuito funcional, consideramos que se pudo implementar todas las tareas solicitadas contemplando también los inconvenientes que pueden surgir.