

**Práctica 7**  
**“Servomotores”**

DR. JUAN CARLOS HERRERA LOZADA

[jlozada@ipn.mx](mailto:jlozada@ipn.mx)



Noviembre 2014

Campo 1: Datos Personales.

Campo 2: Objetivos.

- Síntesis Lógica y Programación de FPGA.

Campo 3: Desarrollo de la Práctica.

**1. (5 puntos)** Los servomotores son ampliamente utilizados en la robótica, éstos se caracterizan por su capacidad para posicionarse de forma inmediata y exacta dentro de su rango de operación y permanecer estables. Para lo anterior, el servomotor espera un tren de pulsos con una frecuencia constante. Cada uno de estos pulsos tiene una duración específica para mover el rotor hacia una posición angular determinada. Se dice que el tren de pulsos es una señal codificada, por lo que cuando ésta cambia en el ancho de sus pulsos, la posición angular del eje o rotor también cambia. Para comprender mejor el funcionamiento, obsérvese la figura siguiente, en donde se aprecian las señales de un servomotor genérico.

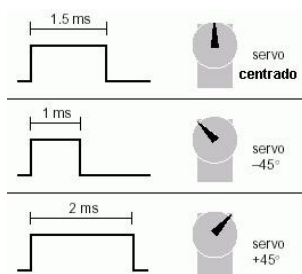


Figura 1. Movimiento de un servomotor estándar.

Cada fabricante proporciona en las especificaciones de la parte (servomotor en cuestión), el desplazamiento del rotor en correspondencia al ancho del pulso. En esta práctica en particular, se utiliza el servomotor referido en la tabla 1. Tiene un rango de movimiento angular de  $-90^\circ$  a  $+90^\circ$  y alimentación nominal de 5 a 6 Volts. Entonces, un servomotor tiene tres líneas de entrada: GND, VCC y la entrada para la señal de control.

Tabla 1. Desplazamiento angular del servomotor Futaba S3003.

Fabricante/ modelo	$-90^\circ$	Centro $0^\circ$	$+90^\circ$	Frec.
Futaba s3003	0.3ms	1.3ms	2.3ms	50Hz



Figura 2. Servomotor Futaba S3003

Para generar la señal de control a través del FPGA, es necesario considerar dos aspectos importantes: debemos garantizar una frecuencia constante de 50Hz (con periodo de 20ms a razón de  $T = 1/F$ ) y dentro de este periodo lograr la variación del ancho del pulso para mover el rotor del servomotor.

El siguiente código está diseñado para trabajar con una tarjeta con oscilador maestro de 50MHz, por lo que de inicio debemos dividir este reloj de manera muy precisa. El proceso *cuenta\_inicial* nos permite obtener una frecuencia de 10KHz, equivalente a un periodo de 0.1ms que es la resolución que requerimos para modificar el ancho de pulso en un rango de operación de 0.3ms a 2.3ms. Para el caso de tarjetas que utilicen osciladores maestros con diferentes frecuencias, será necesario realizar los cálculos correspondientes.

El proceso *servo\_motor* se encarga de generar la señal de control con una frecuencia de 50Hz ( $0.1ms \times 200 = 20ms = 0.02s$ , obteniéndose una frecuencia de 50Hz). En este mismo proceso se logra la variación del ancho del pulso a través de la variable *ancho* cuyo valor se determina en el proceso *deco\_ancho* introduciendo la variable *dato* (de dos bits).

```
--Utilizar un servomotor futaba s3003
LIBRARY IEEE;
USE IEEE.std_logic_1164.ALL;
use IEEE.std_logic_arith.all;
use IEEE.std_logic_unsigned.all;

ENTITY servomotor IS
PORT(
reloj, reset: in STD_LOGIC;
dato: in STD_LOGIC_VECTOR (1 downto 0);
q, frec_10KHz: out STD_LOGIC
);
END servomotor;

ARCHITECTURE arch_servo OF servomotor IS
signal sal, pasa: STD_LOGIC;
signal base: STD_LOGIC_VECTOR (12 downto 0);
signal aux: STD_LOGIC_VECTOR (7 downto 0);
signal ancho:STD_LOGIC_VECTOR (4 downto 0);
begin

deco_ancho: process (dato)
begin
case dato is
when "00" => ancho <= "00011"; -- 0.3ms, extrema izquierda
when "01" => ancho <= "01101"; -- 1.3ms, centro
when "10" => ancho <= "10010"; -- 1.8ms
when "11" => ancho <= "10111"; -- 2.3ms, extrema derecha.
when others => ancho <= "00000"; --F
end case;
end process deco_ancho;

cuenta_inicial: process (reloj, reset, sal, base, aux)
begin
if reset='0' then
base <= "0000000000000";
elsif reloj='1' and reloj'event then
if base /= 4999 then
base <= base + 1;
sal <= '0';
else
base <= "0000000000000";
sal <= '1';
end if;
end if;
frec_10KHz <= sal;
end process cuenta_inicial;

servo_motor: process(reset, sal, aux, ancho, pasa)
begin
if reset='0' then
aux <= "00000000";
elsif (sal='1' and sal'event) then
if aux /= 199 then
aux <= aux + 1;
if aux < ancho then
pasa <= '1';

```

```

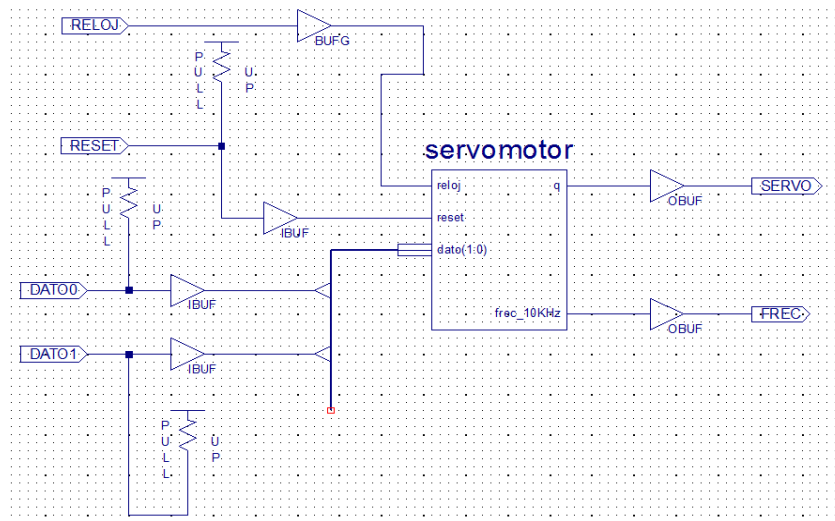
else
    pasa <= '0';
end if;

else
    aux <= "00000000";
    pasa <= '0';
end if;

end if;
q <= pasa;
end process servo_motor;
END arch_servo;

```

En el diagrama esquemático siguiente, el cual está referido a una tarjeta 3S700AN, se aprecian las conexiones para realizar el control del servomotor. Obsérvese que *RELOJ* es la señal de reloj de la tarjeta a 50MHz. En este mismo diagrama, la línea de salida *FREC* es la correspondiente a la señal de 10KHz que nos sirve como unidad de resolución y la salida *SERVO* es la que se debe conectar al servomotor como señal de control.



Para cumplir con este punto de la práctica se recomienda ampliamente que consultes alguna otra referencia para conocer más acerca del funcionamiento de los servomotores. En la página web de la materia está disponible el proyecto completo (3S700AM) para que lo implementes y veas funcionando el servomotor con la tarjeta del laboratorio.

*Para la implementación en una tarjeta 3S500E, debes modificar el diagrama esquemático comenzando con cambiar las resistencias de Pull up, por resistencias de Pull down. Revisa el archivo \*.ucf para saber qué pines del FPGA se utilizan en el proyecto.*

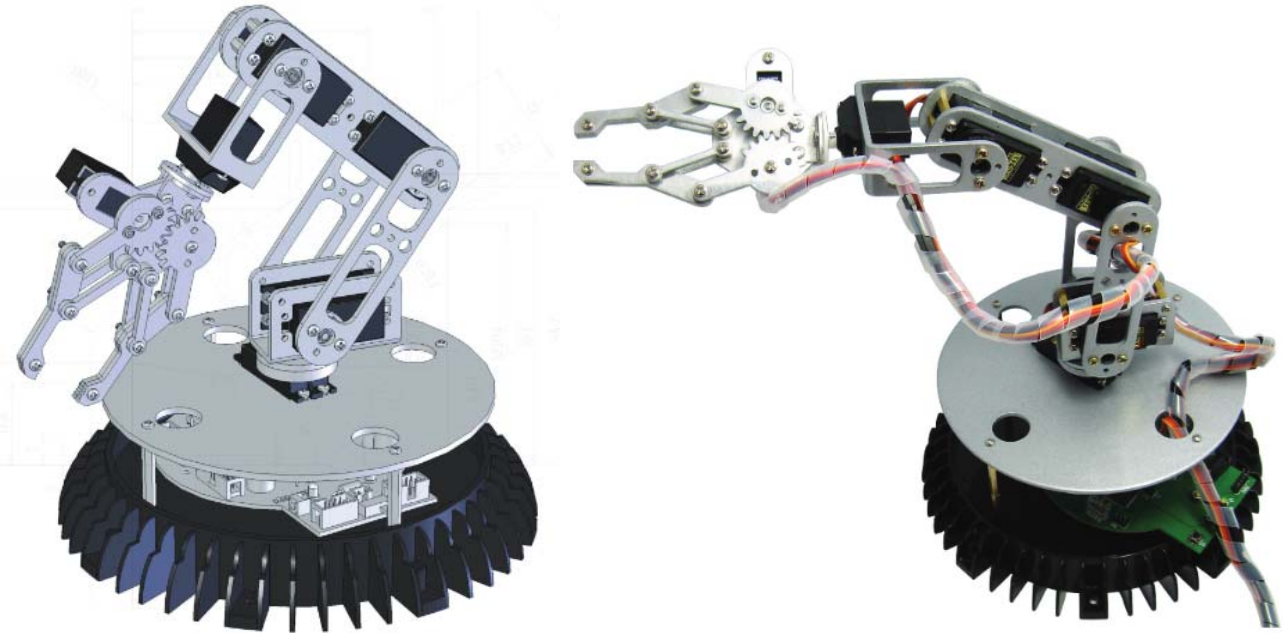
Para la alimentación del servomotor (GND y VCC), aunque el VCC de la tarjeta (3.3V) es suficiente para hacer funcionar el motor, se recomienda utilizar una fuente externa de 5V.

Utiliza un osciloscopio, en el laboratorio de electrónica, para observar las señales de ambas salidas del diseño. Notarás que la salida *FREC* se mantiene constante a 10KHz y que la salida *SERVO* también es constante a 50Hz pero con la variación del ancho del pulso al modificar *DATO0* y *DATO1* (switches). Adiciona a tu reporte algunas imágenes para validar que cumpliste con este punto de la práctica.

**2. (5 puntos)** Utiliza el brazo robótico del laboratorio. Requerirás consultar las características de los servomotores a través del fabricante de los mismos (*Hobbico*). Identifica los rangos de movimiento y el periodo nominal de cada uno de los servomotores con la intención de que programes tres diferentes secuencias de movimiento. Cada secuencia, de las tres que programarás, debe posicionar (mover) al menos tres servomotores al mismo tiempo. Se recomienda utilizar una fuente externa para alimentar los servomotores y sólo el control se realizaría con el FPGA.

*Define qué es un Grado de Libertad, en el área de la robótica; ¿cada articulación del brazo robótico (pudiera ser donde está colocado en la estructura cada servomotor) se consideraría como un Grado de Libertad? Fundamenta tu respuesta.*

---



<https://www.youtube.com/watch?v=DFsTMu4hn04>

Campo 4: Conclusiones individuales.