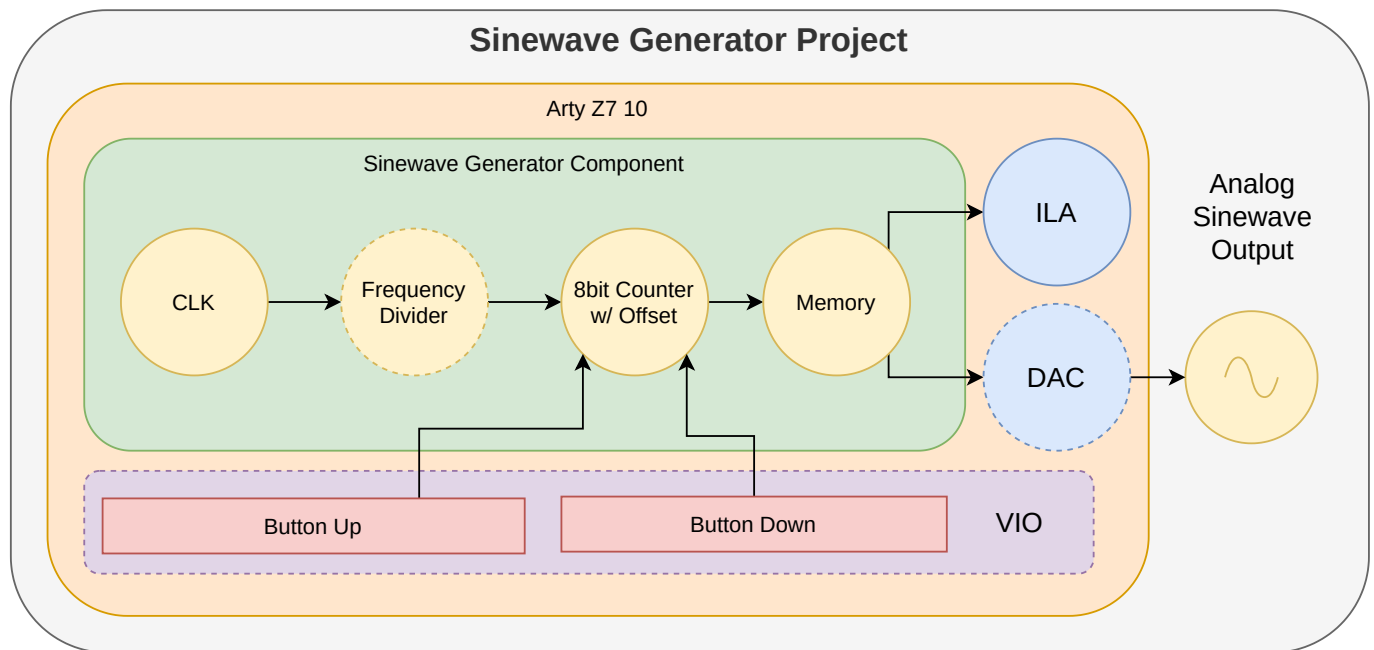


# Circuitos Lógicos Programables: Generador de Señales Senoidales (VHDL)

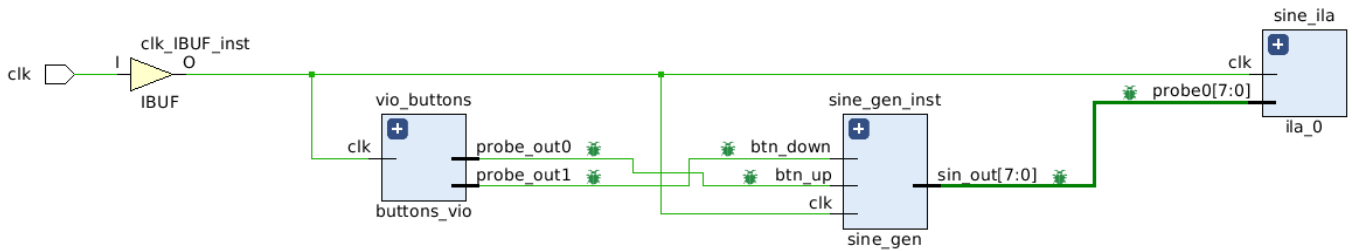
## Descripción

El programa implementado en VHDL tiene por objeto generar señales senoidales de distintas frecuencias. El mismo cuenta con dos entradas que permiten al usuario incrementar/decrementar la frecuencia de salida, ideadas para ser utilizadas con botones físicos, y una única señal de salida, compatible con la entrada de un conversor digital-analógico de 8 bits. Se puede observar a continuación un esquema de alto nivel del sistema.



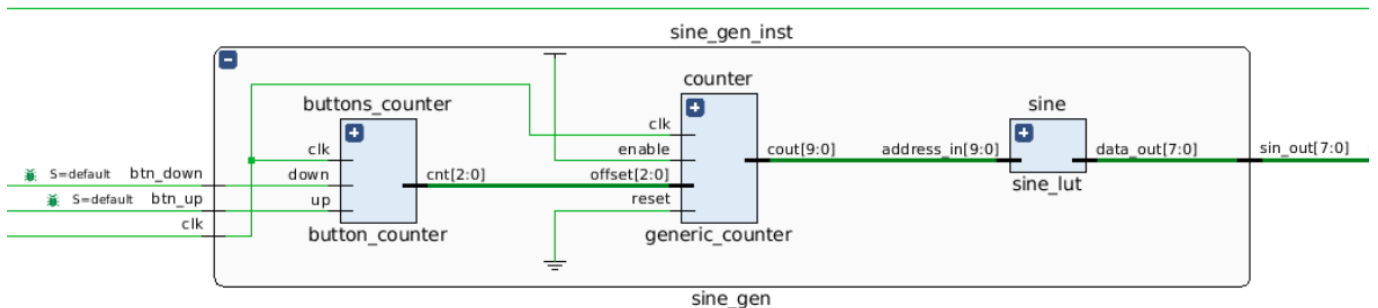
Puede observarse en el diagrama que hay dos componentes que no intervienen directamente en el funcionamiento del programa/sistema: el bloque *ILA* y el bloque *VIO*. Su presencia se debe a que el desarrollo del proyecto fue llevado a cabo sin la disponibilidad del hardware en forma física (se accedió mediante un servidor remoto). Esto no permite utilizar botones, o analizar la señal de salida con un osciloscopio y/o un analizador de señales ordinario, por lo cual, se ha utilizado (1) un bloque de *VIO* para emular los botones y (2) un *ILA* propio del hardware que hace las veces de analizador lógico y permite inspeccionar las señales de salida.

Esto se ve claramente en el esquemático de más alto nivel generado por *Vivado*, presentado a continuación.



## Bloque principal

La arquitectura del bloque principal generador de señales es la siguiente



El bloque principal se descompone en tres sub-bloques:

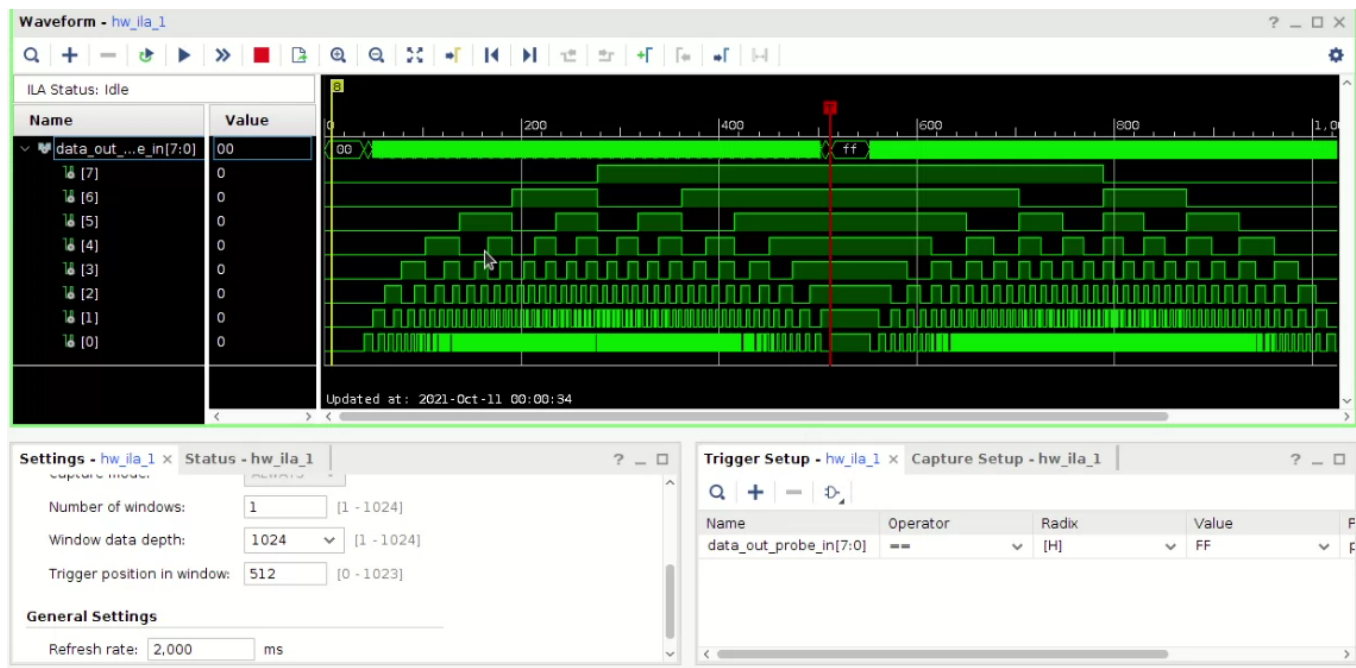
- **buttons\_counter**: un contador up/down con saturación que cuenta hacia arriba al recibir un flanco ascendente en *up* y hacia abajo en *down*. Se utiliza para controlar el *offset* con el que avanza *counter*.
- **counter**: un contador módulo N que se utiliza para recorrer la memoria que contine las muestras de la senoidal. Se incrementa de a  $1 + \text{offset}$ , permitiendo recorrer la tabla de senoidales a mayor velocidad (saltando muestras) obteniendo así señales de salida de mayor frecuencia.
- **sine**: una tabla de valores (implementada en forma de ROM) que retorna las muestras de la senoidal.

## Características de Señal de Salida

Para este trabajo se ha elegido que la señal de salida cuente con 256 niveles (8 bits) y tenga 1024 muestras.

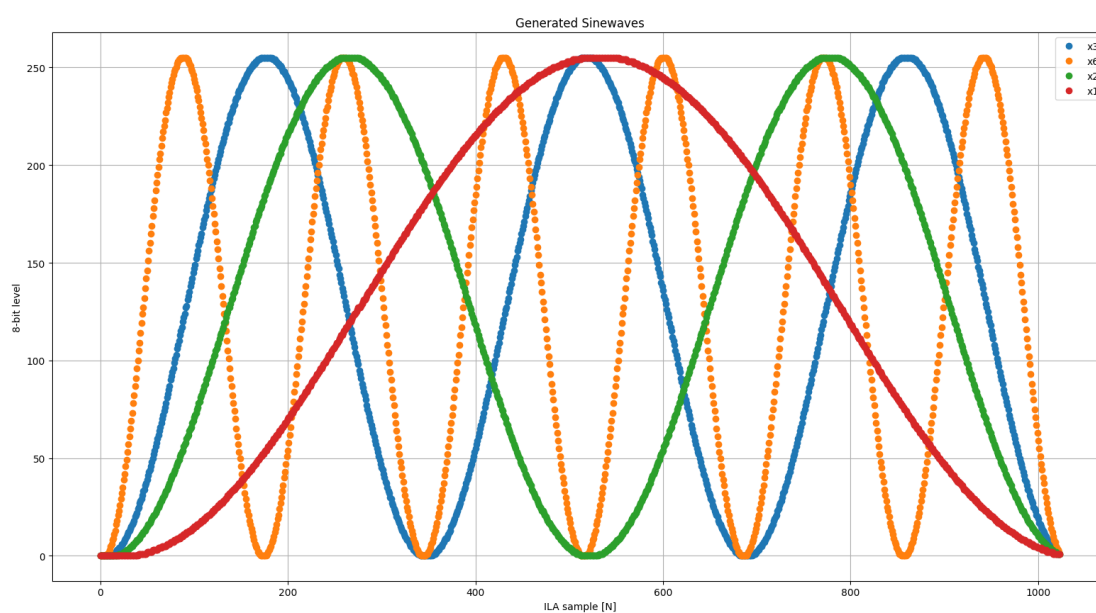
- La cantidad de niveles fue elegida para ser compatible con un DAC de 8 bits.
- La cantidad de muestras fue elegida en base a la cantidad máxima de muestras que puede tomar el *ILA*. De esta forma resulta sencillo evaluar el correcto funcionamiento del programa ya que, al analizar la señal de salida con el analizador lógico integrado, se visualizan multiples enteros de ciclos de senoidal.

Se muestra a continuación una captura del ILA en Vivado utilizando el hardware remoto.



## Senoidales Generadas

Se muestran 4 senoidales de distintas frecuencias generadas por el programa, capturadas por el ILA. En **x6** ya se puede apreciar la degradación de la señal, producto del *salteo de muestras*.



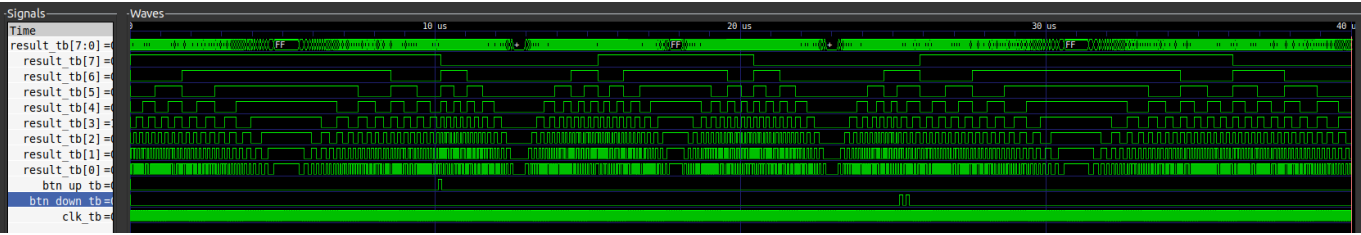
## Simulaciones Relevantes

A continuación se detallan las pruebas, junto a las simulaciones correspondientes, de los bloques más relevantes del sistema.

### Bloque Principal: Sin Gen

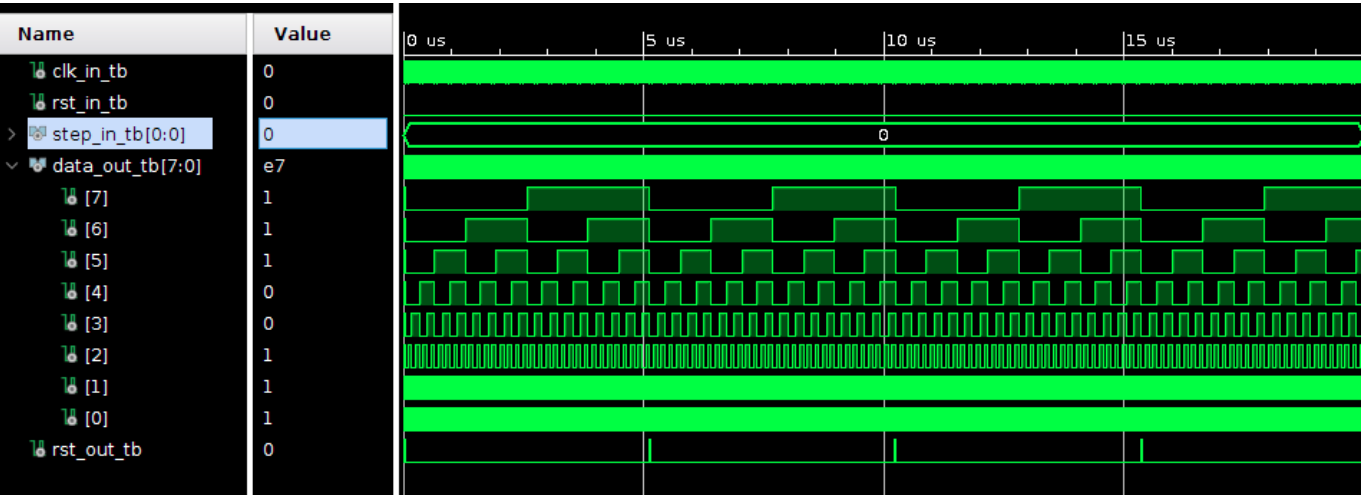
Prueba de generación de una señal senoidal con el bloque principal. En esta prueba se utilizaron las señales de control ("botones") para verificar el cambio de frecuencia en la señal de salida, así como también que las

muestras eran las esperadas.



Contador Módulo N

Prueba en FPGA del módulo contador N utilizado para regular la velocidad de lectura de la tabla de senoidales. En esta prueba se utilizó en modo *Módulo 8*, si bien para la aplicación final se ha utilizado en *Módulo 10*.



Botones + Contador de control de frecuencia

Prueba del contador up/down con saturación, utilizando las señales de botones para corroborar su funcionamiento (incremento, decremento y saturación).

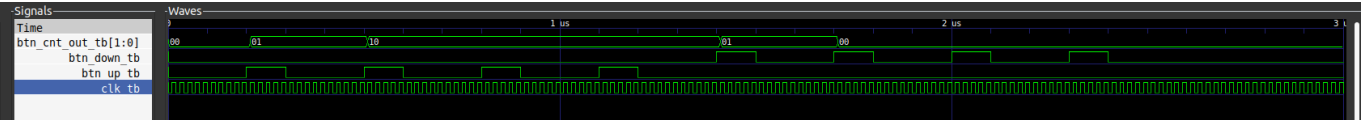
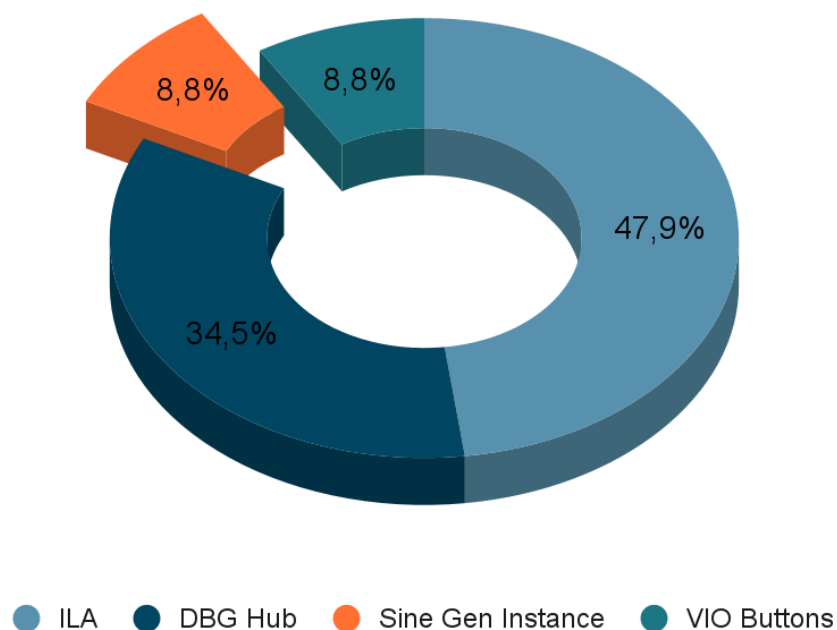


Tabla de uso de recursos

## Utilization (7.77%)



Site Type	Used	Fixed	Available	Util%
Slice LUTs	1367	0	17600	7.77
LUT as Logic	1270	0	17600	7.22
LUT as Memory	97	0	6000	1.62
LUT as Distributed RAM	24	0		
LUT as Shift Register	73	0		
Slice Registers	2149	0	35200	6.11
Register as Flip Flop	2149	0	35200	6.11
Register as Latch	0	0	35200	0.00
F7 Muxes	47	0	8800	0.53
F8 Muxes	19	0	4400	0.43