



# DISEÑO DE UN DETECTOR DE ENERGÍA EN SIMULINK Y SU IMPLEMENTACIÓN SOBRE FPGA.

AUTORES:

---

MÉLANY GUTIERREZ HERNÁNDEZ

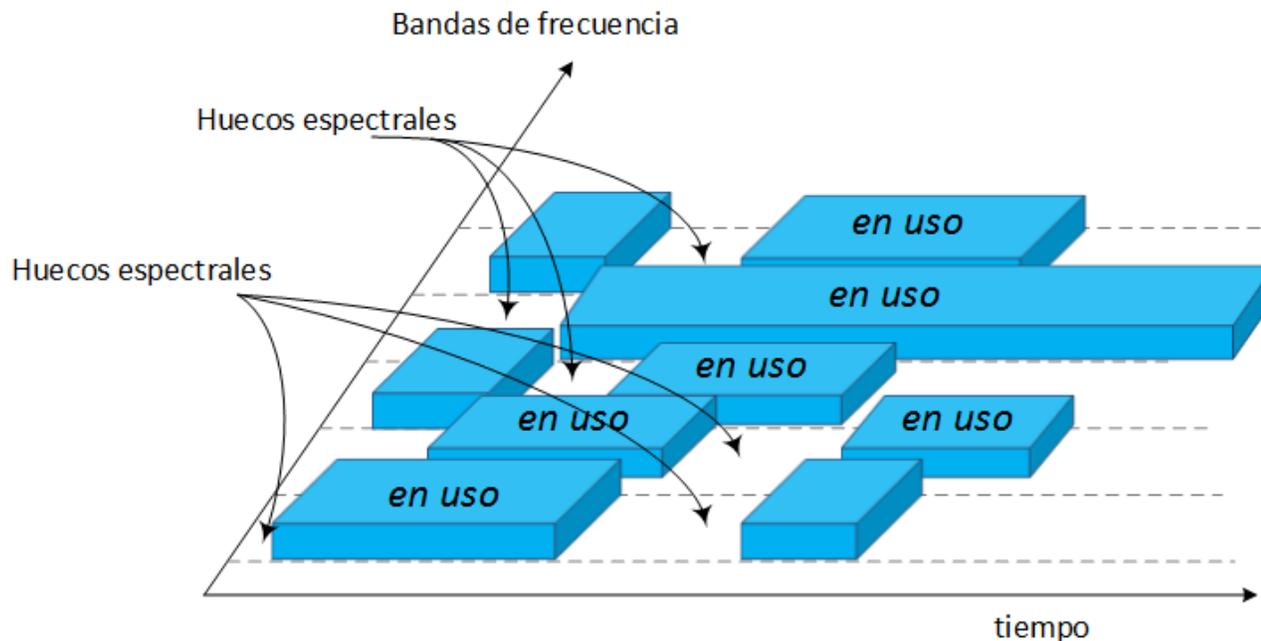
DR.C. JORGE TORRES GÓMEZ

ING. LISET MARTÍNEZ MARRERO

ING. ELIAS A. PERDOMO HOURNÉ

# INTRODUCCIÓN

Reportes recientes muestran que el espectro no está siendo usado eficientemente, o sea, unas bandas de frecuencias son bastante utilizadas (95% del tiempo), mientras que otras se mantienen prácticamente inactivas (2% del tiempo) <sup>1</sup>.



<sup>1</sup> General survey of radio frequency bands–30 MHz to 3 GHz. Report no. 20100323. Vienna, VA: shared spectrum company, 2010.

# RADIO COGNITIVA

---

La Radio Cognitiva permite seleccionar de forma dinámica la frecuencia de trabajo y ajustar los parámetros de transmisión con el fin de hacer un mejor uso del espectro.

- Capacidad cognitiva
  - ✓ Reconocer la información del medio e interactuar con la misma.
- Capacidad de aprendizaje
  - ✓ Aprender de los resultados obtenidos en la medición del espectro.
- Reconfigurabilidad
  - ✓ Ajustar parámetros de transmisión sin realizar ningún tipo de modificación en los componentes de hardware.

# RADIO DEFINIDA POR SOFTWARE

---

Define una colección de tecnologías de hardware y software donde algunas o todas las funciones operativas de la radio están implementadas con software o firmware modificables, operando sobre tecnología de procesamiento programable.

- Arreglos de compuertas programables (FPGAs)
- Procesadores de Propósito General (GPP)
- Procesadores Digitales de Señal (DSP)

# TÉCNICAS DE DETECCIÓN

---

- Filtro adaptado
  - ✓ Maximiza relación señal-ruido.
  - ✓ Mayor complejidad (receptor dedicado).
- Detector de rasgos
  - ✓ Procesos con periodicidades (ciclo estacionarios).
  - ✓ Robustez ante la incertidumbre en la potencia de ruido.
  - ✓ Permite clasificar las diferentes señales.
- Detector de energía.
  - ✓ Baja complejidad.
  - ✓ Fácil y bajo costo de implementación.
  - ✓ Más utilizado en la Bibliografía para sistemas de comunicaciones inalámbricas heterogéneas.

The diagram uses blue curly braces on the right side to group the detection techniques. The top brace groups 'Filtro adaptado' and 'Detector de rasgos' under the label 'Coherentes'. The bottom brace groups 'Detector de energía' under the label 'No Coherentes'.

Coherentes

No Coherentes

# ESTADÍSTICA DE PRUEBA

---

La métrica de decisión para el ED es, en principio, el contenido energético de la señal recibida. Sin embargo, existe una notable ambigüedad en la definición de la estadística de prueba para este método de medición.

$$\hat{v} = \sum_{n=0}^{N-1} |y[n]|^2$$

$$\hat{v} = \sum_{n=0}^{N-1} \left| \frac{y[n]}{N} \right|^2$$

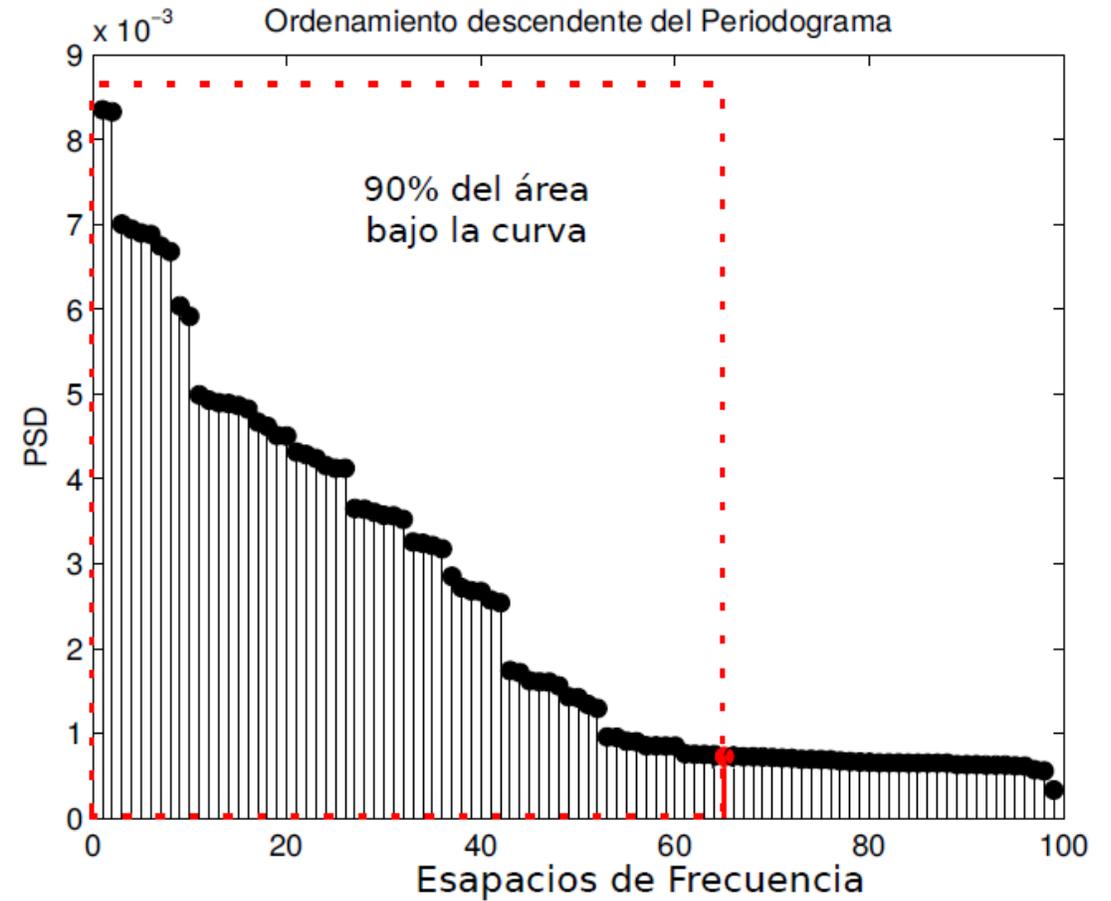
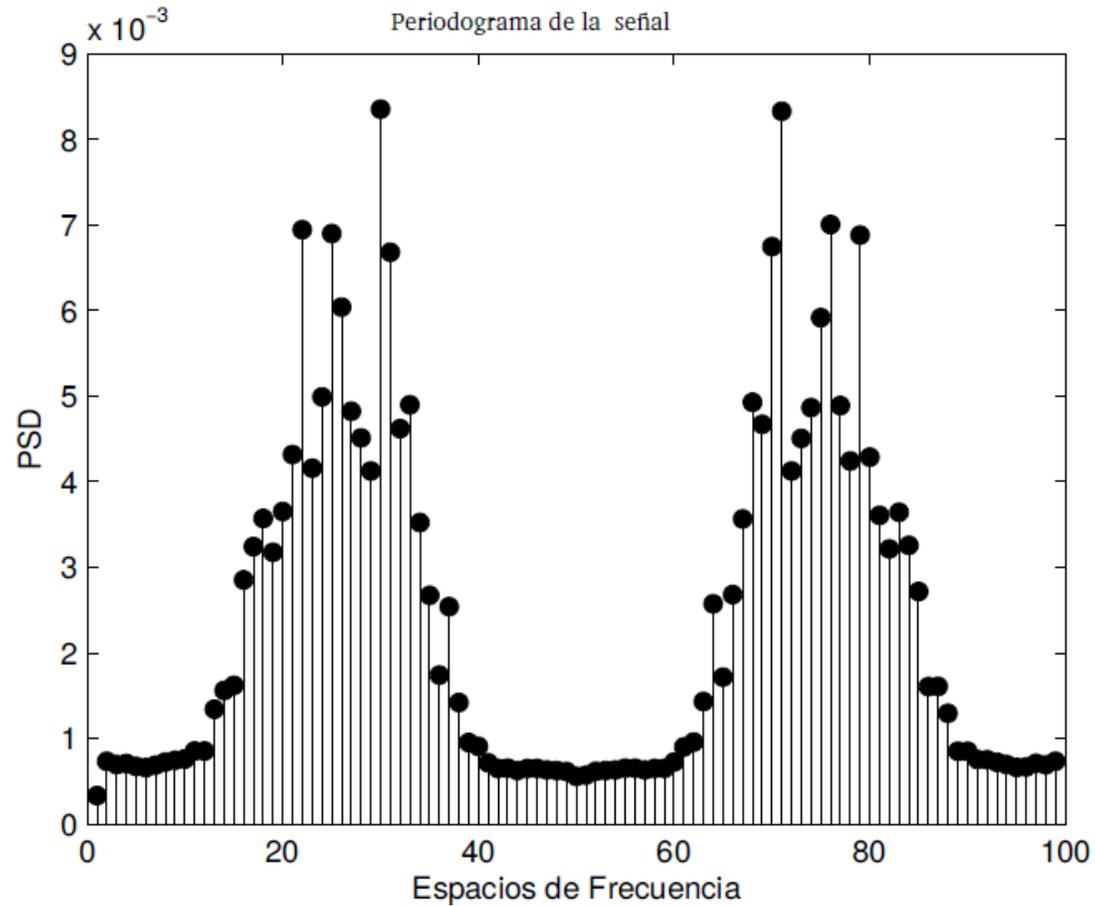
$$\hat{v} = \sum_{n=0}^{N-1} \left| \frac{y[n]}{\hat{\sigma}_n} \right|^2$$

# TÉCNICAS PARA LA MEDICIÓN DE LA POTENCIA DE RUIDO

---

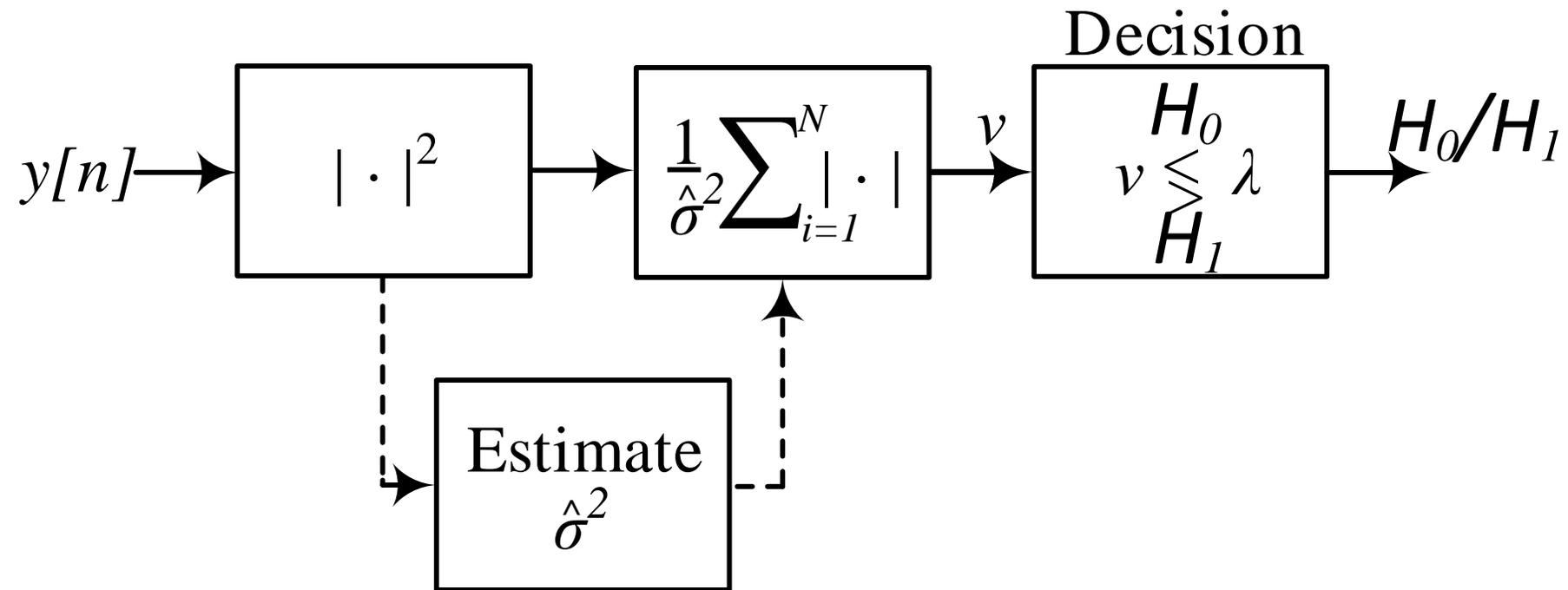
- **Filtrado de Rango de Orden**
  - ✓ Subclase Filtros de orden estadísticos, prácticos para alisado de la señal.
  - ✓ Mejor trabajo por preservar bordes y aplanar el ruido.
  - ✓ Exigen un alto procesamiento.
- **Método del 90%**
  - ✓ Propuesto por el grupo de investigación.

# MÉTODO DEL 90%



# DETECTOR DE ENERGÍA

---



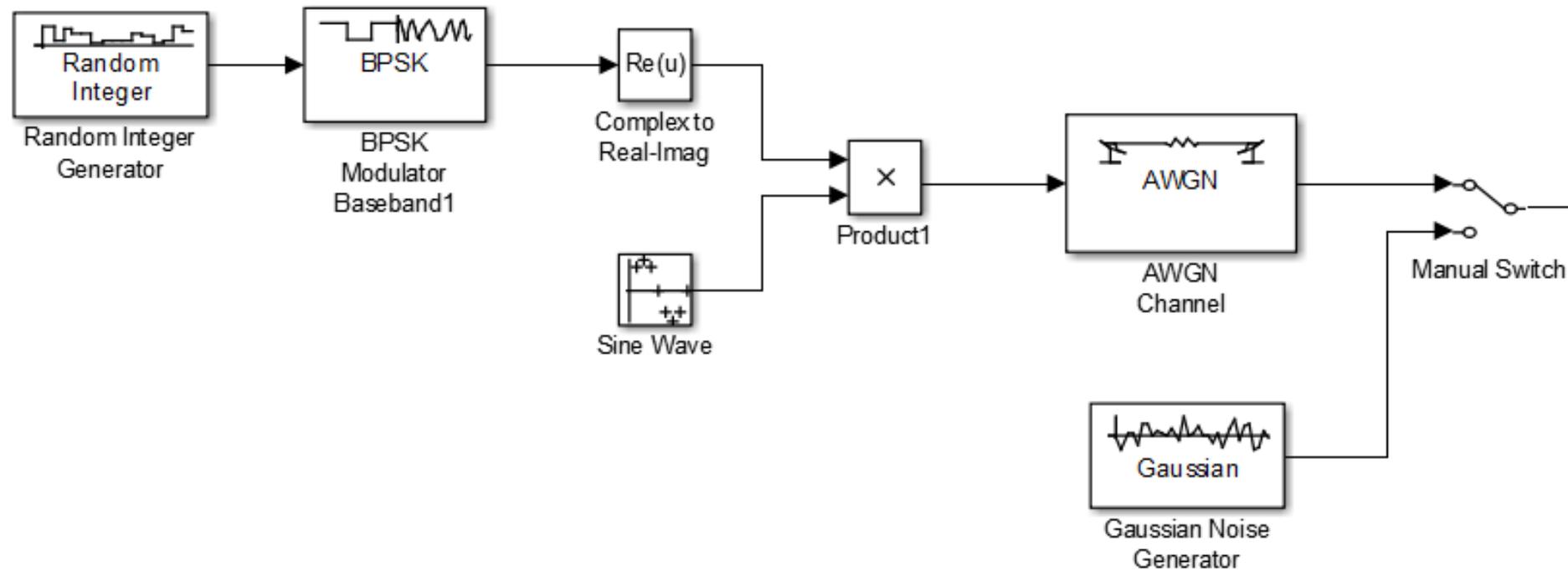
# UMBRAL DE DETECCIÓN

---

El umbral de detección es determinado a partir del criterio de Neyman-Pearson:

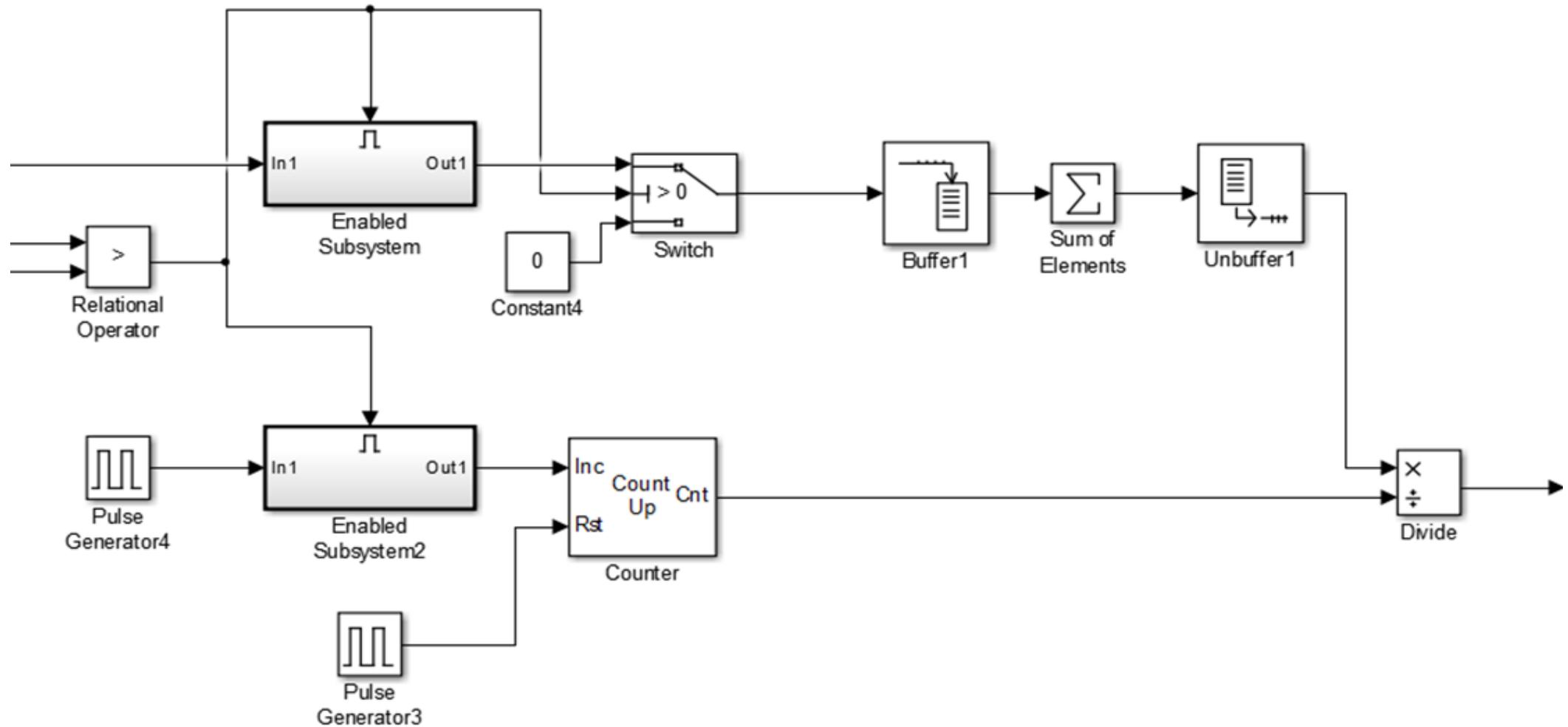
$$\lambda = \sqrt{2N} Q^{-1}(P_{fa}) + N \quad Q(x) = (1/\sqrt{2\pi}) \int_x^{+\infty} \exp(-t^2/2) dt$$

# SIMULACIÓN Y RESULTADOS

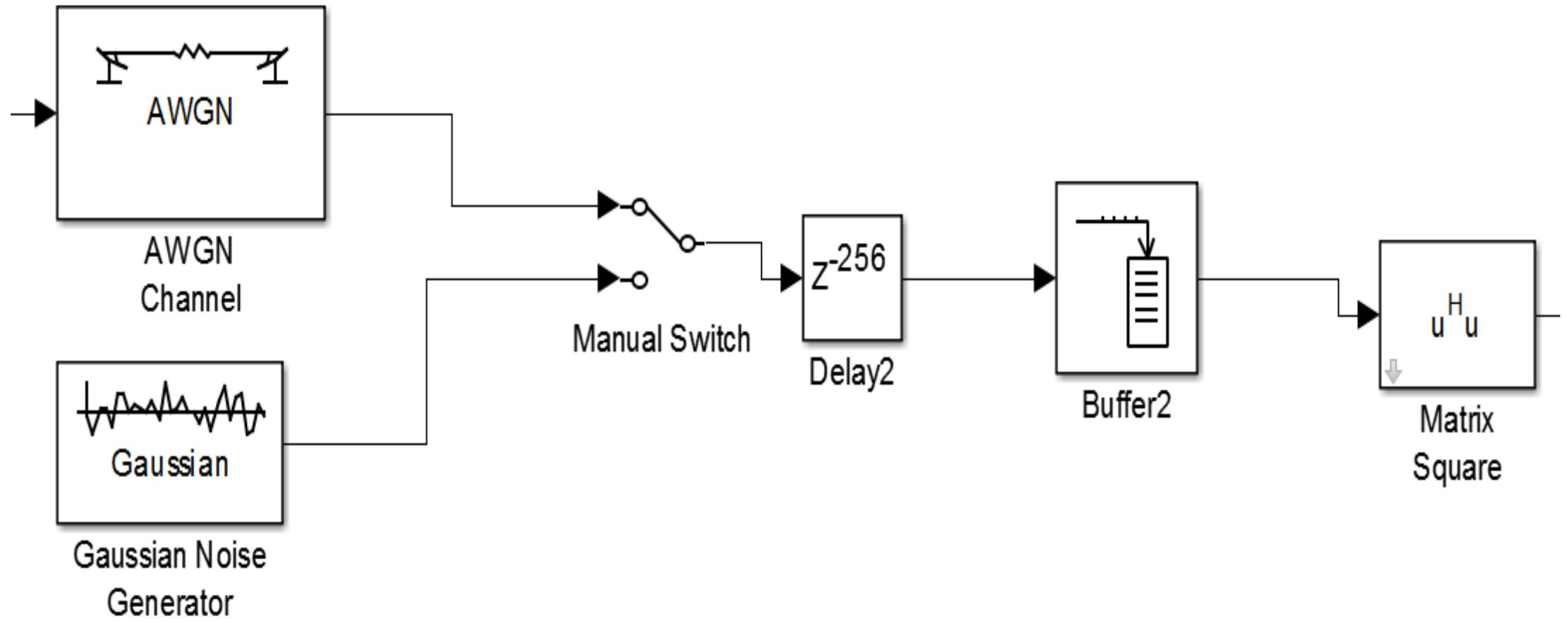




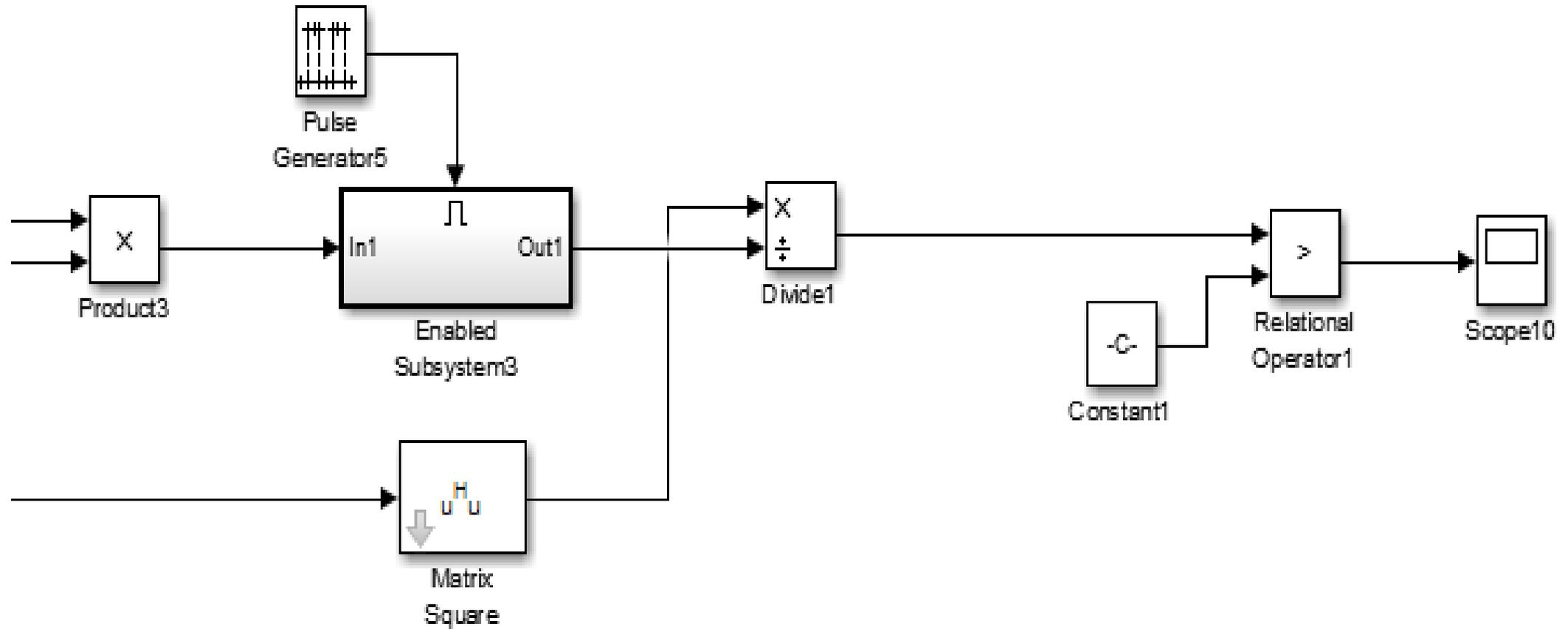
# PROMEDIO DE LAS MUESTRAS DE RUIDO



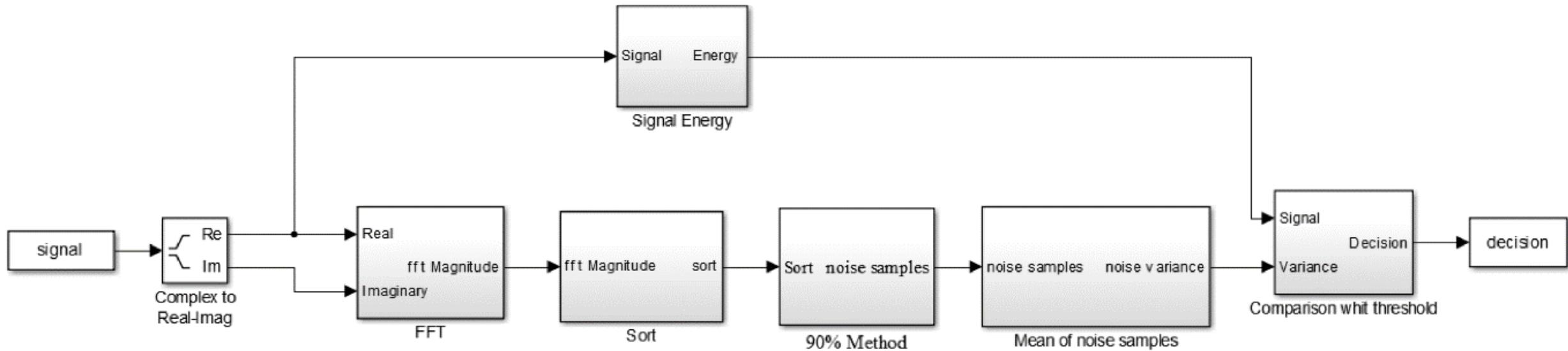
# CÁLCULO DE LA ENERGÍA



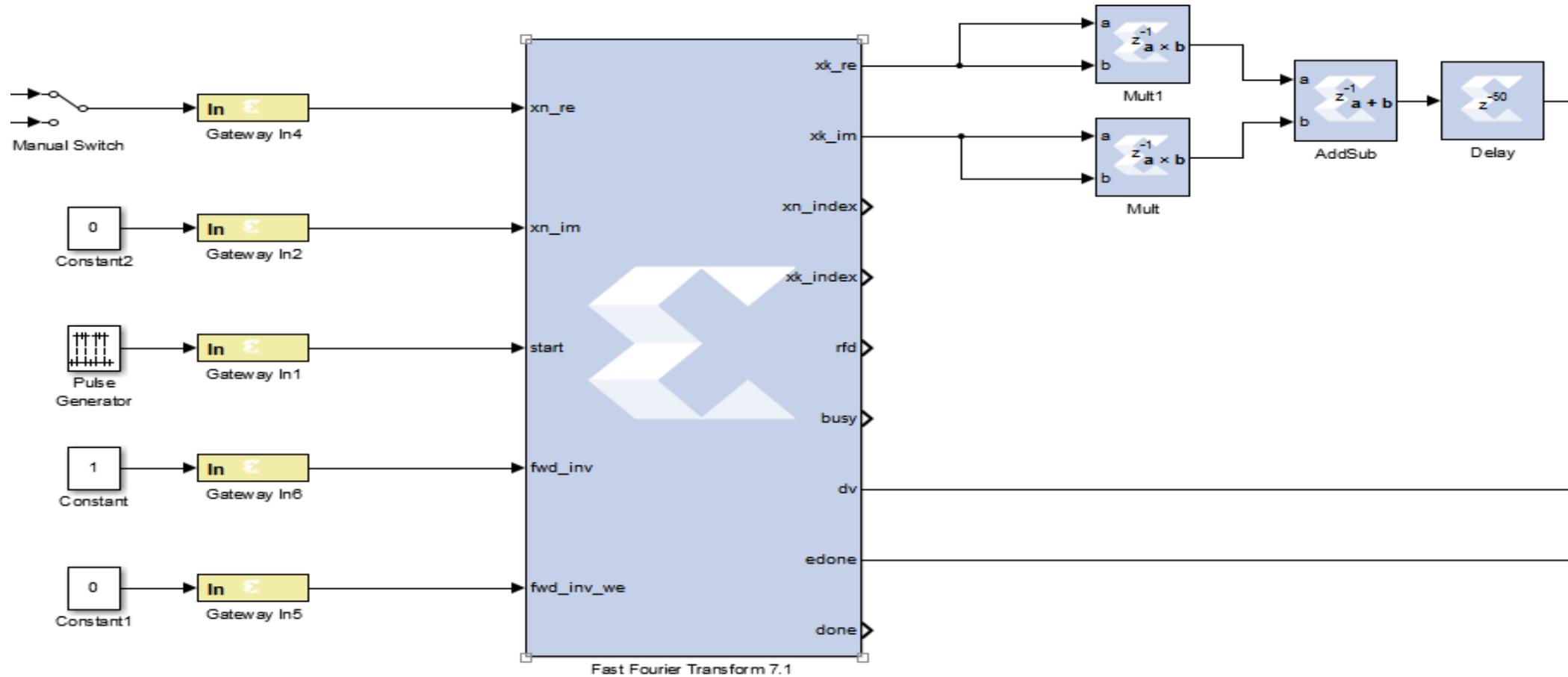
# COMPARAR CON EL UMBRAL



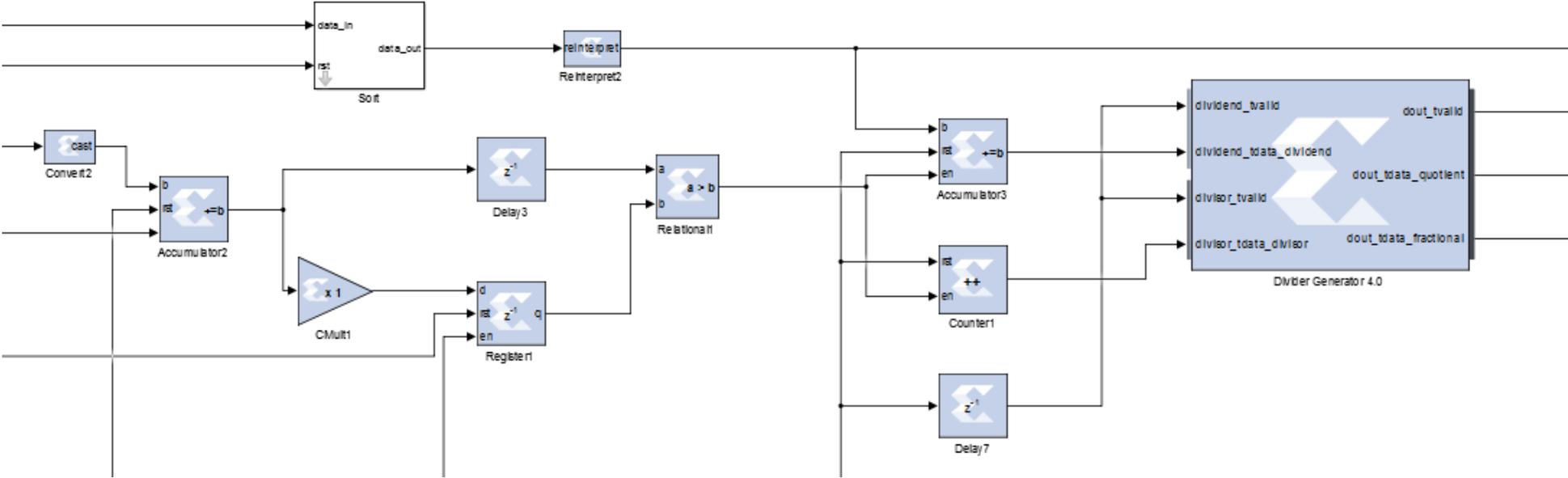
# Diagrama en bloque de la implementación en FPGA



# FFT Y SU MÓDULO

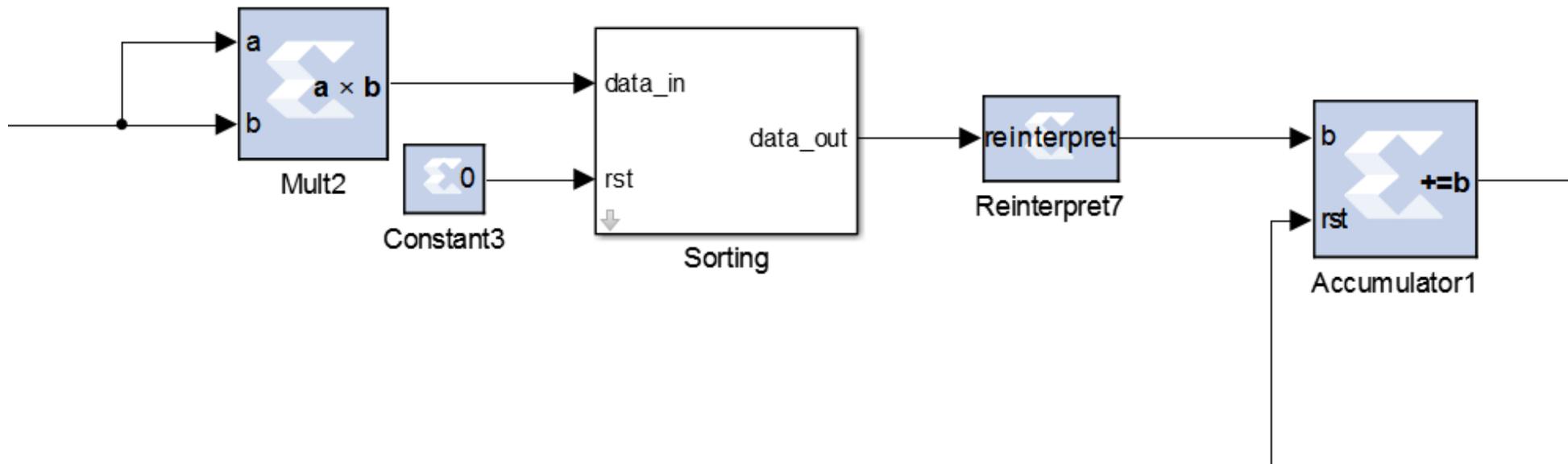


# MÉTODO DEL 90%



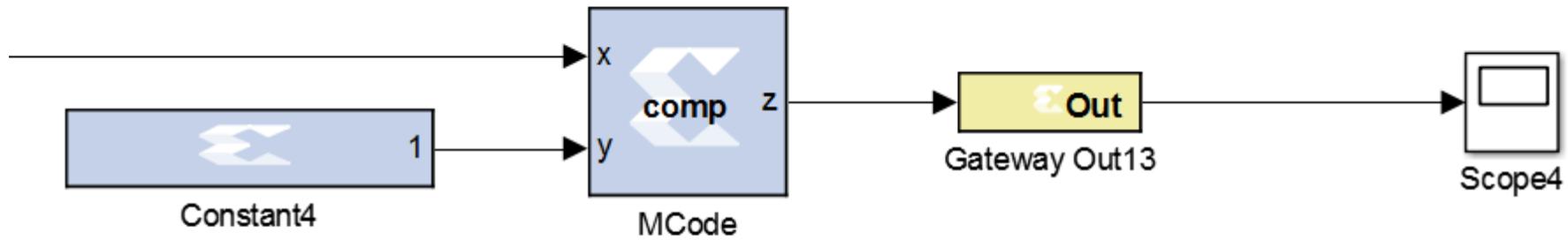
# CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE LA SEÑAL

---



# COMPARACIÓN CON EL UMBRAL

---



# EJEMPLO1: PFA\_IDEAL VS PD

---

SNR=0dB N=256

Pfa_ideal	Pfa	Pd
0.001	0.001	0.7437
0.005	0.002	0.8428
0.01	0.0025	0.8884
0.05	0.0095	0.9655
0.1	0.021	0.979

# EJEMPLO2: N VS PD

---

SNR=-5dB Pfa\_ideal=0.1

N	Pfa	Pd
256	0.005	0.2327
1024	0.211	0.4194
4096	0.211	0.7347

# CONCLUSIONES

---

- Se llevó a cabo un análisis detallado de los métodos de sensado del espectro, llegando a la conclusión de que el detector de energía es el mejor método a aplicar cuando el conocimiento a priori de la señal no está disponible.
- Nuevos esquemas fueron investigados para mejorar la detección de energía y estimar la varianza de ruido.

# CONCLUSIONES

---

- Se implementó el algoritmo del estimador de la potencia de ruido en el lenguaje del Simulink de MatLab y el System Generator de Xilinx.
- La implementación en FPGA provee la ventaja de optimizar el diseño en área o en velocidad, lo que representa una ventaja importante cuando se están diseñando aplicaciones para trabajar en tiempo real sobre dispositivos de bajo costo.



# DISEÑO DE UN DETECTOR DE ENERGÍA EN SIMULINK Y SU IMPLEMENTACIÓN SOBRE FPGA.

AUTORES:

---

MÉLANY GUTIERREZ HERNÁNDEZ

DR.C. JORGE TORRES GÓMEZ

ING. LISET MARTÍNEZ MARRERO

ING. ELIAS A. PERDOMO HOURNÉ