



**FACULTAD
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

**Maestría en
Sistemas Embebidos**

**Sistemas Digitales
para las
Comunicaciones**

Arquitectura del sistema de comunicación

Presentación y simulación de los bloques del sistema

Clase 3

Parte 0

Parte 1

Parte 2

Parte 3

Parte 4

Parte 5

Parte 6

Parte 2: Transceiver - Sistema, diagramas y simulación.

- Presentación del transceiver:
 - Arquitectura del sistema de comunicación.
 - Características.
- Modulador:
 - Diagrama en bloques.
 - TP: Armado y simulación.
- + Canal:
 - Modelo y diagrama en bloques.
 - TP: Armado y simulación.
- + Demodulador:
 - Diagrama en bloques.
 - TP: Armado y simulación.

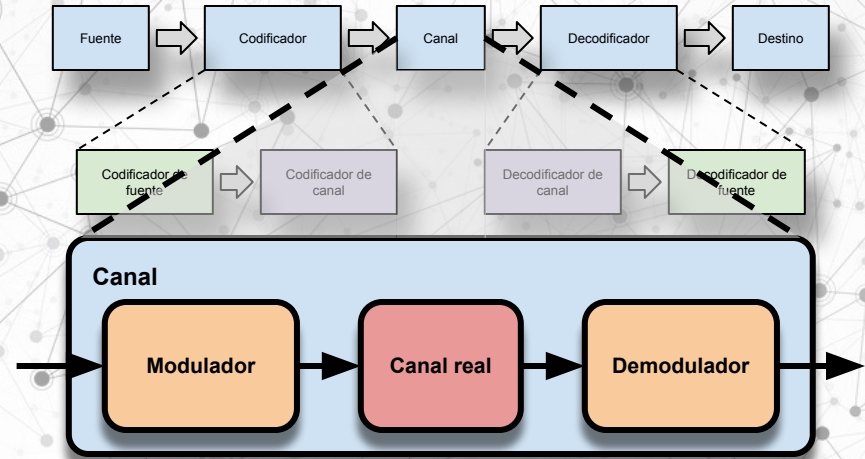
Arquitectura de sistema de comunicación:

- **Comparación:**

- PAM (BB), ASK, PSK y APSK

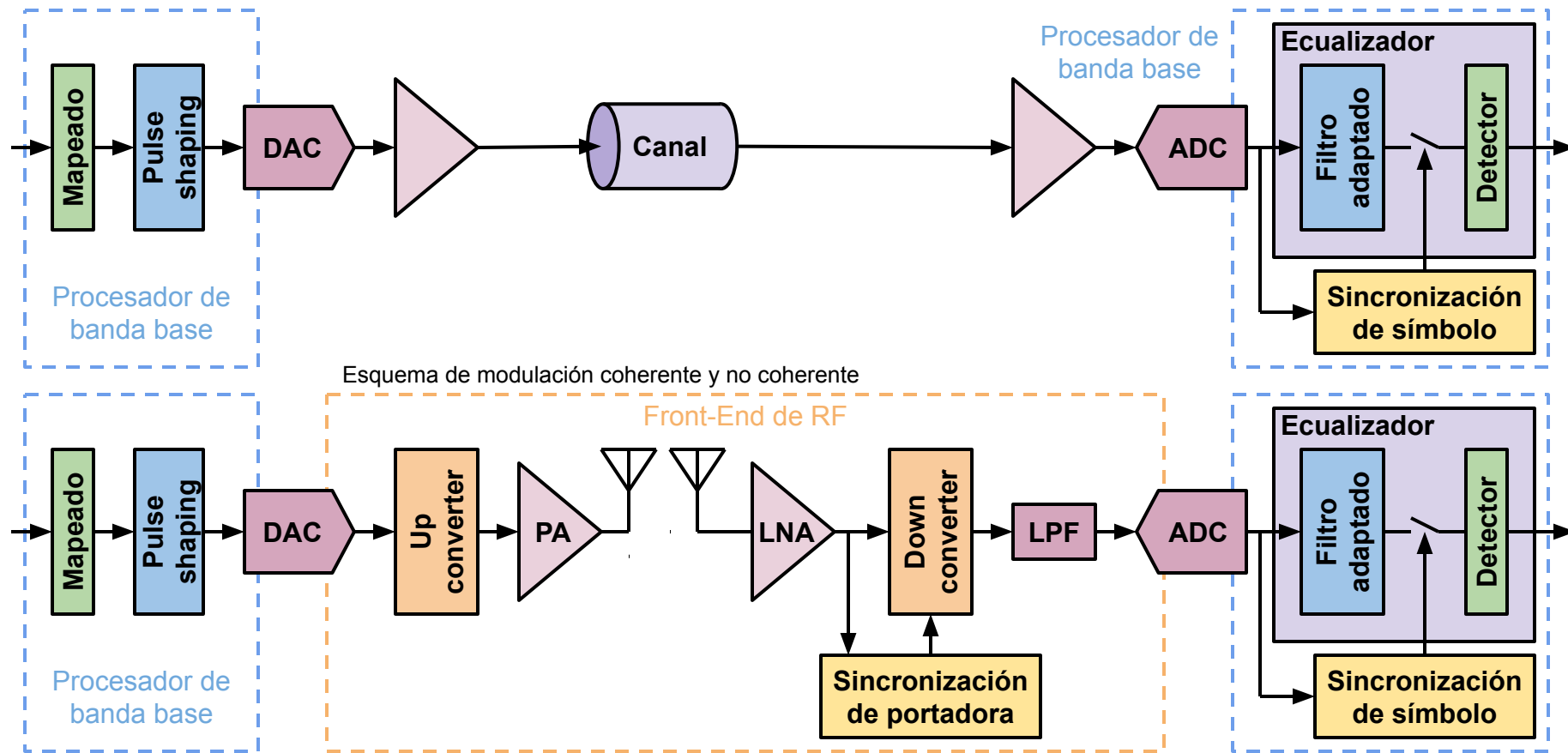
- **Sistema de comunicación**

- Diagrama en bloques completo
- Diagrama en bloques del sistema simplificado para TPI



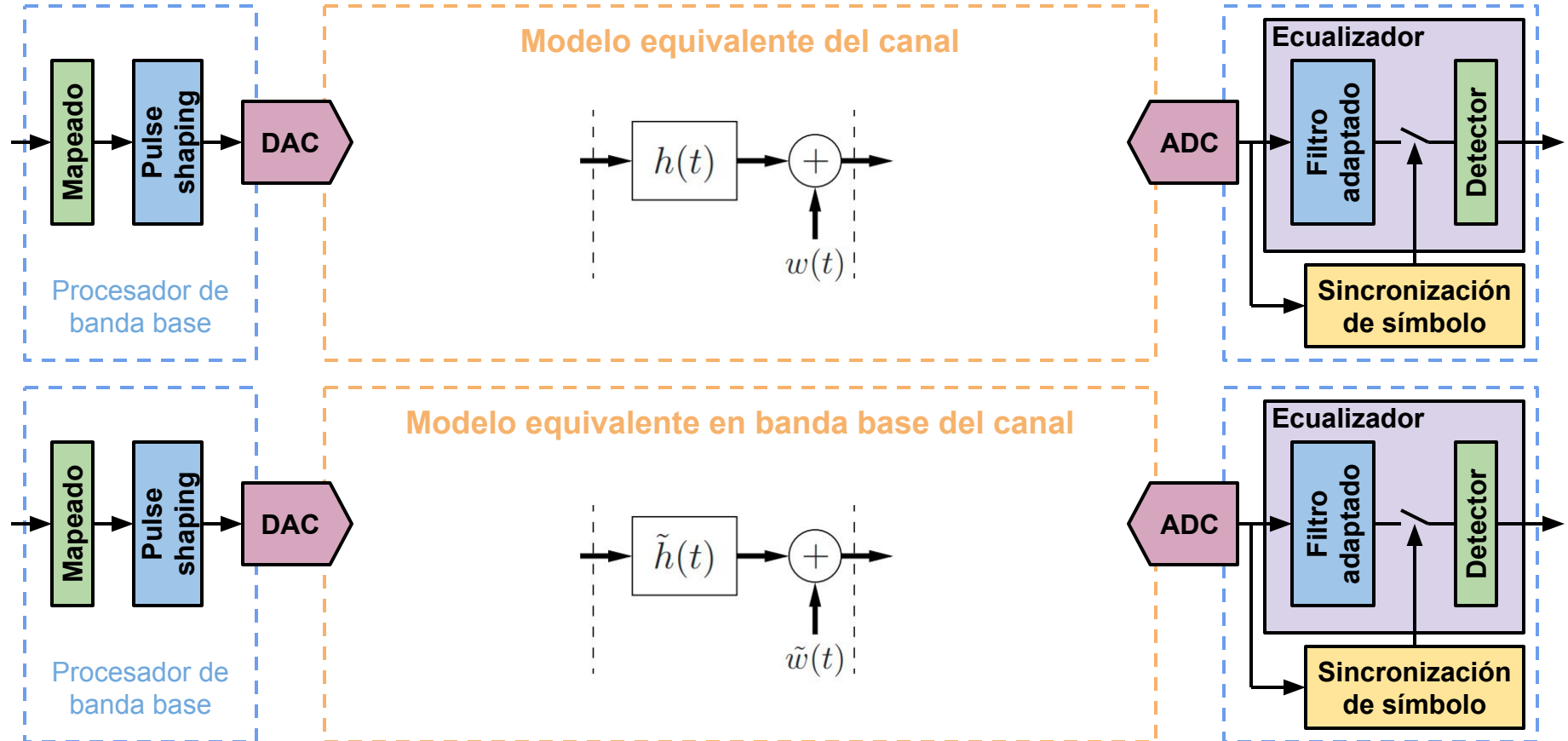
Arquitectura de sistema de comunicación

Configuraciones típicas de modulador y demodulador



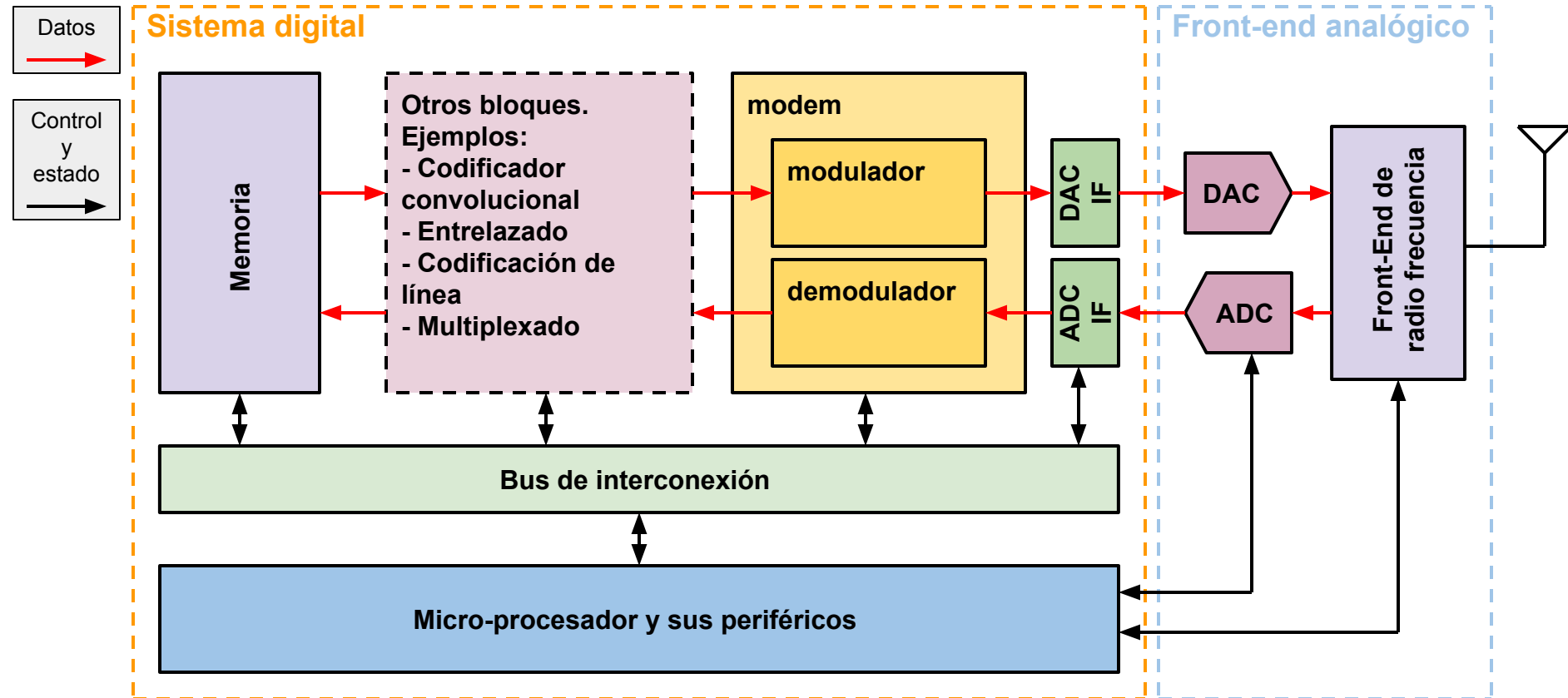
Arquitectura de sistema de comunicación

Configuraciones típicas de modulador y demodulador



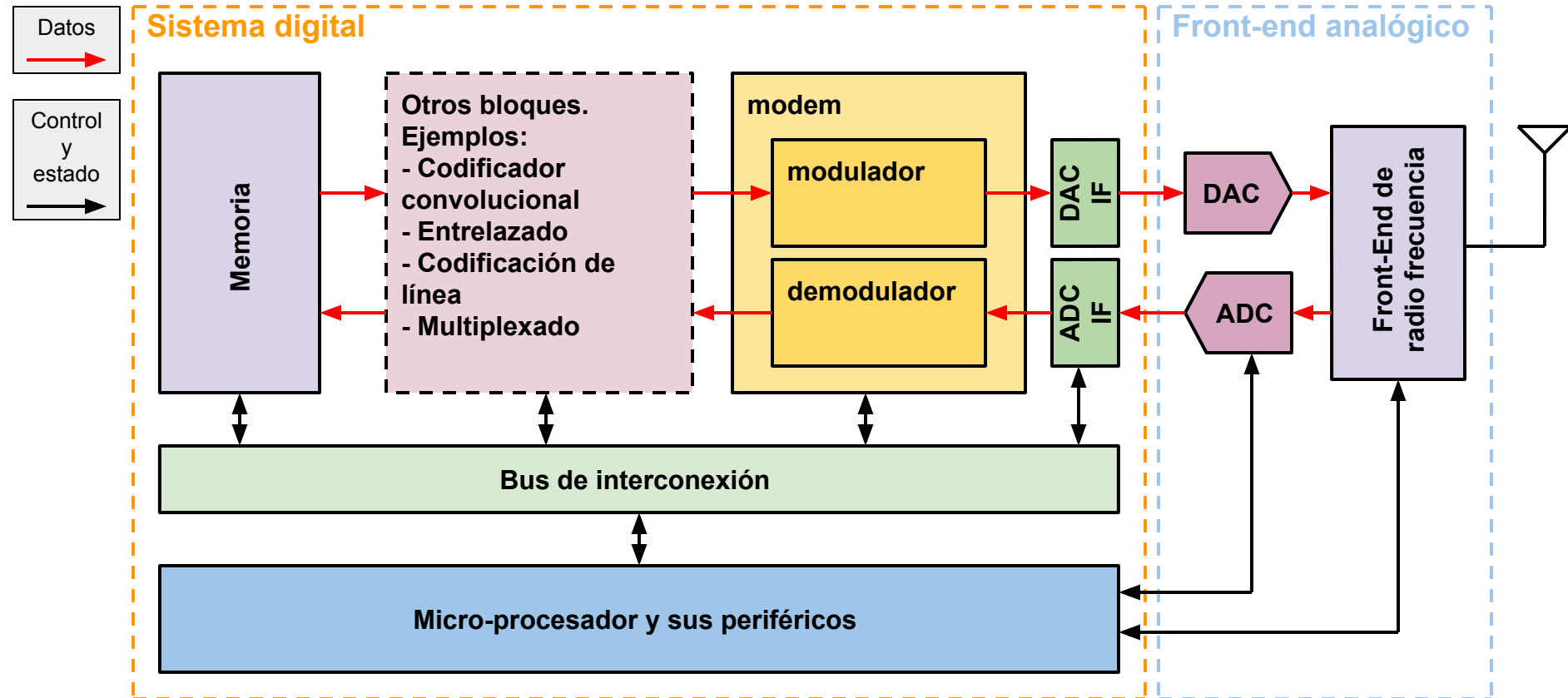
Arquitectura de sistema de comunicación

Arquitectura de alto nivel



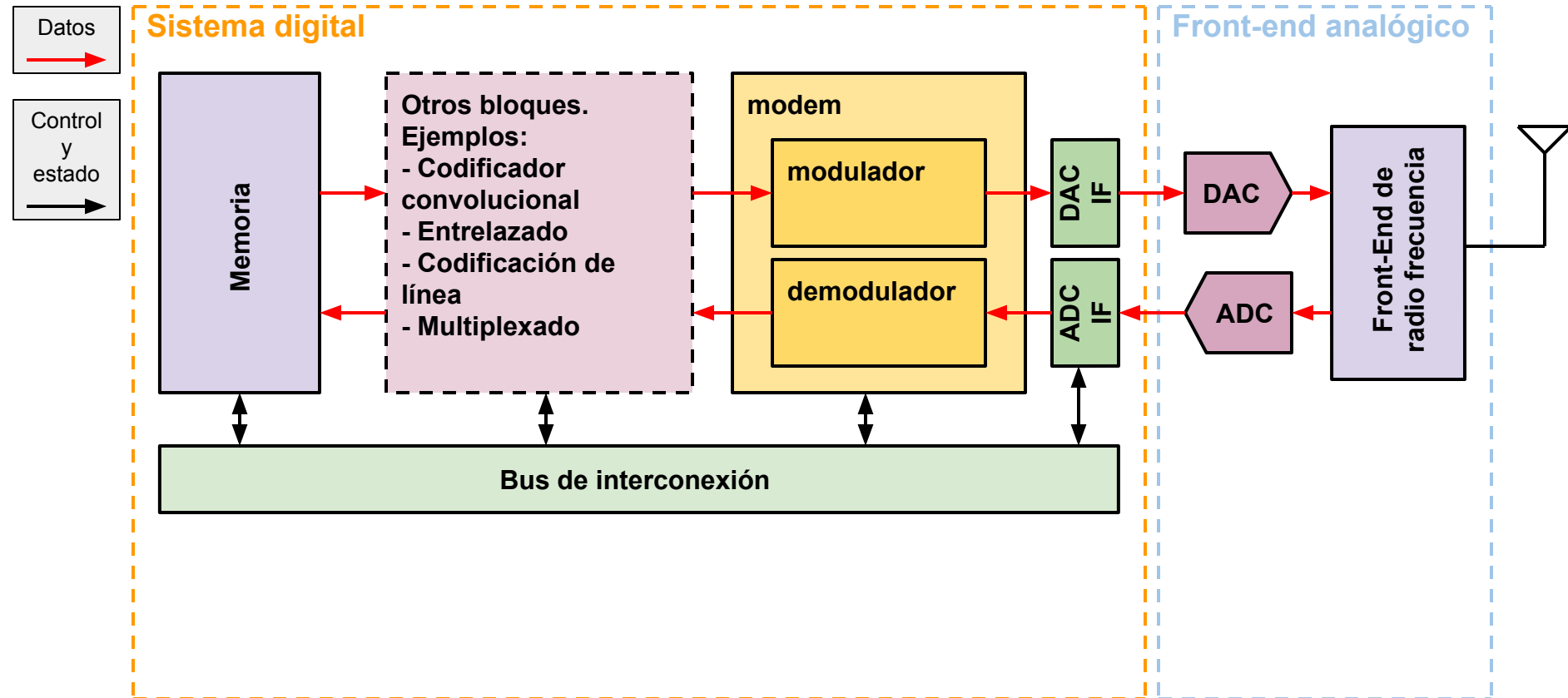
Arquitectura de sistema de comunicación

Arquitectura de alto nivel sistema simplificado (TPI)



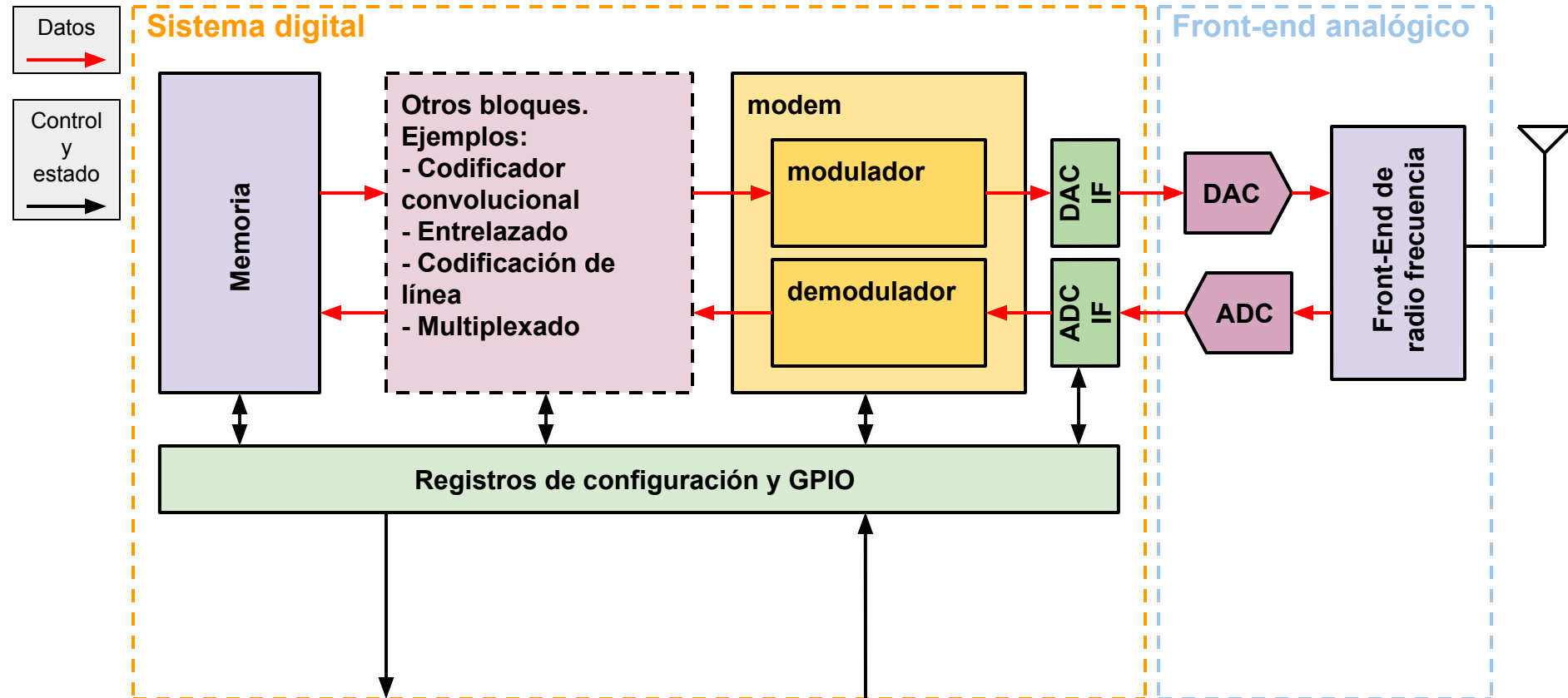
Arquitectura de sistema de comunicación

Arquitectura de alto nivel sistema simplificado (TPI)



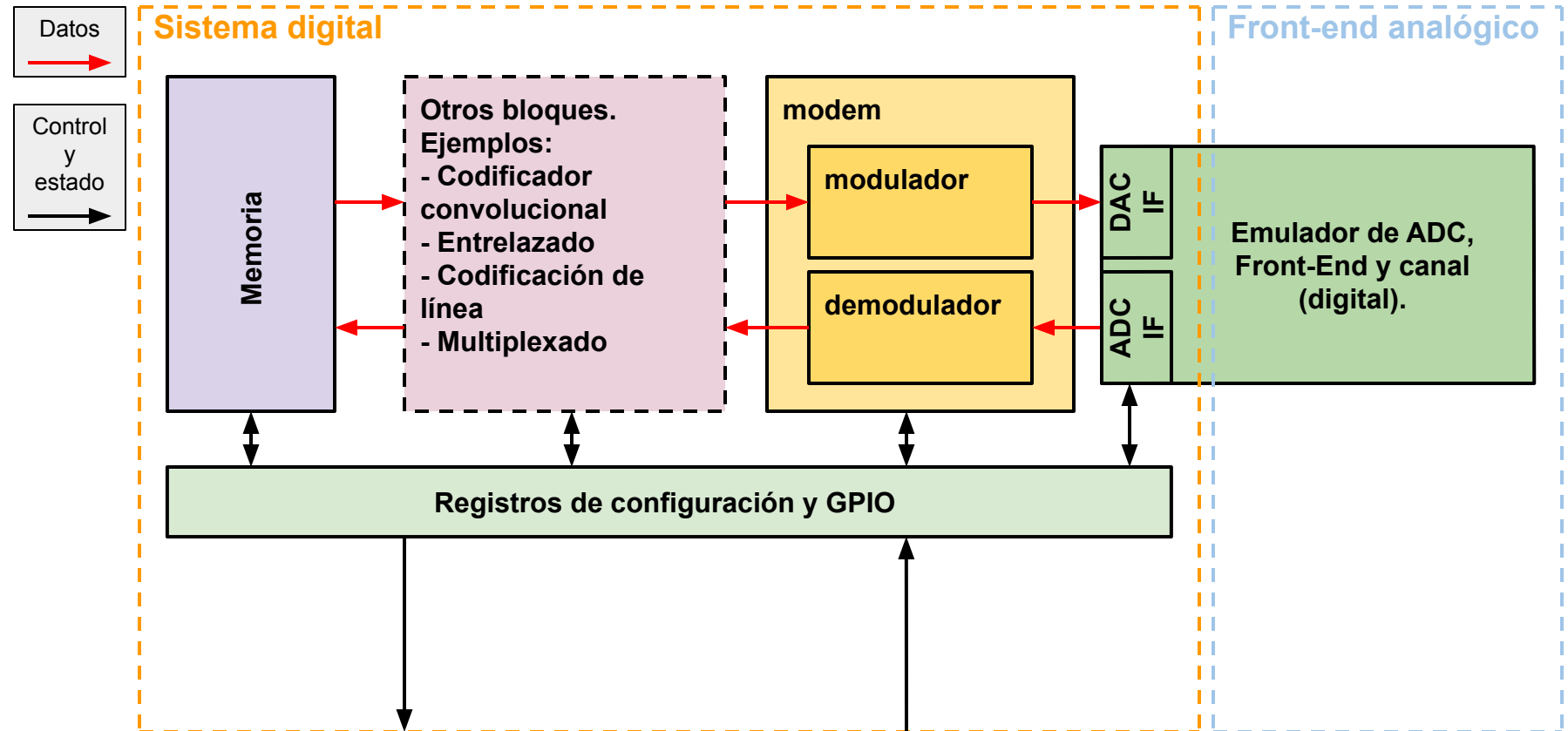
Arquitectura de sistema de comunicación

Arquitectura de alto nivel sistema simplificado (TPI)



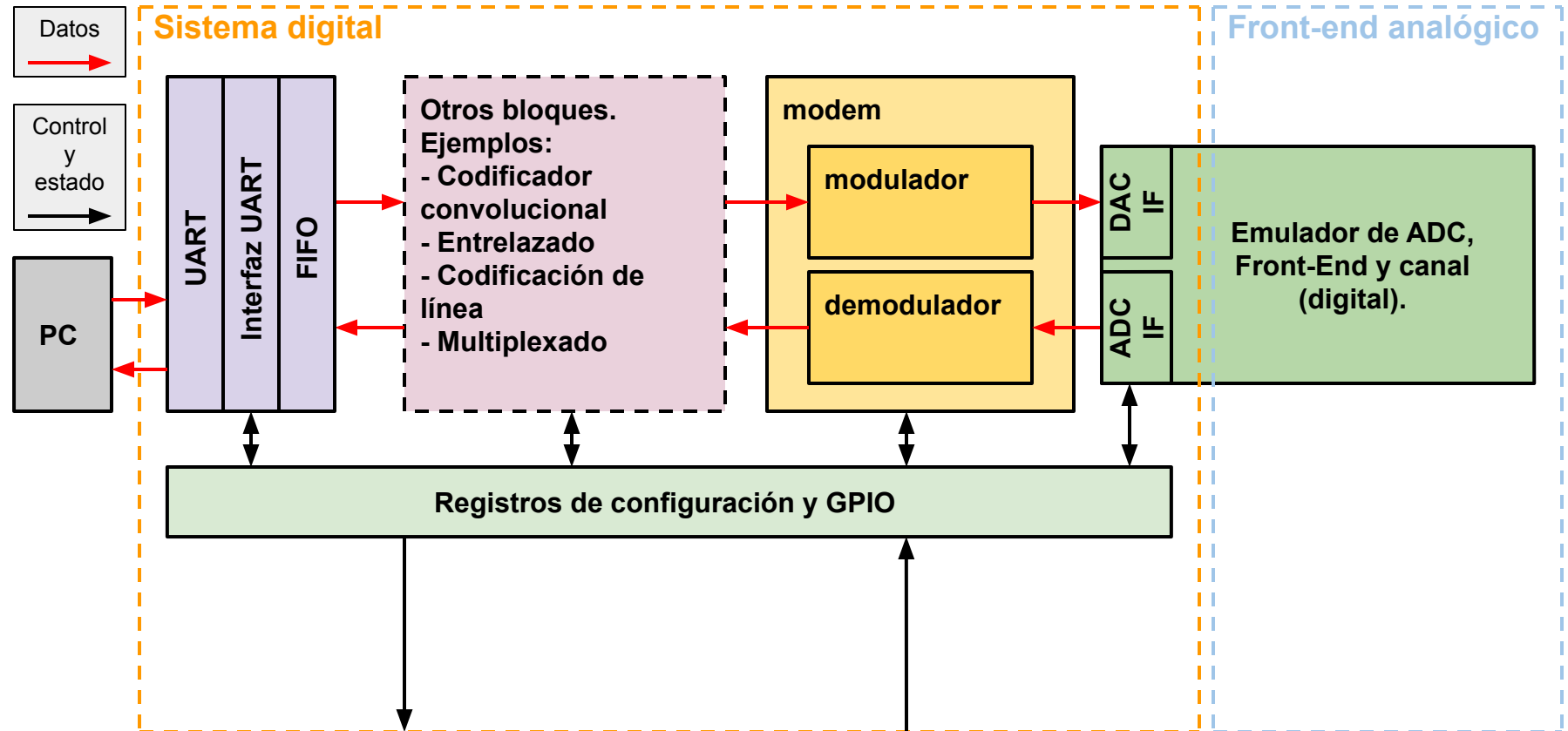
Arquitectura de sistema de comunicación

Arquitectura de alto nivel sistema simplificado (TPI)



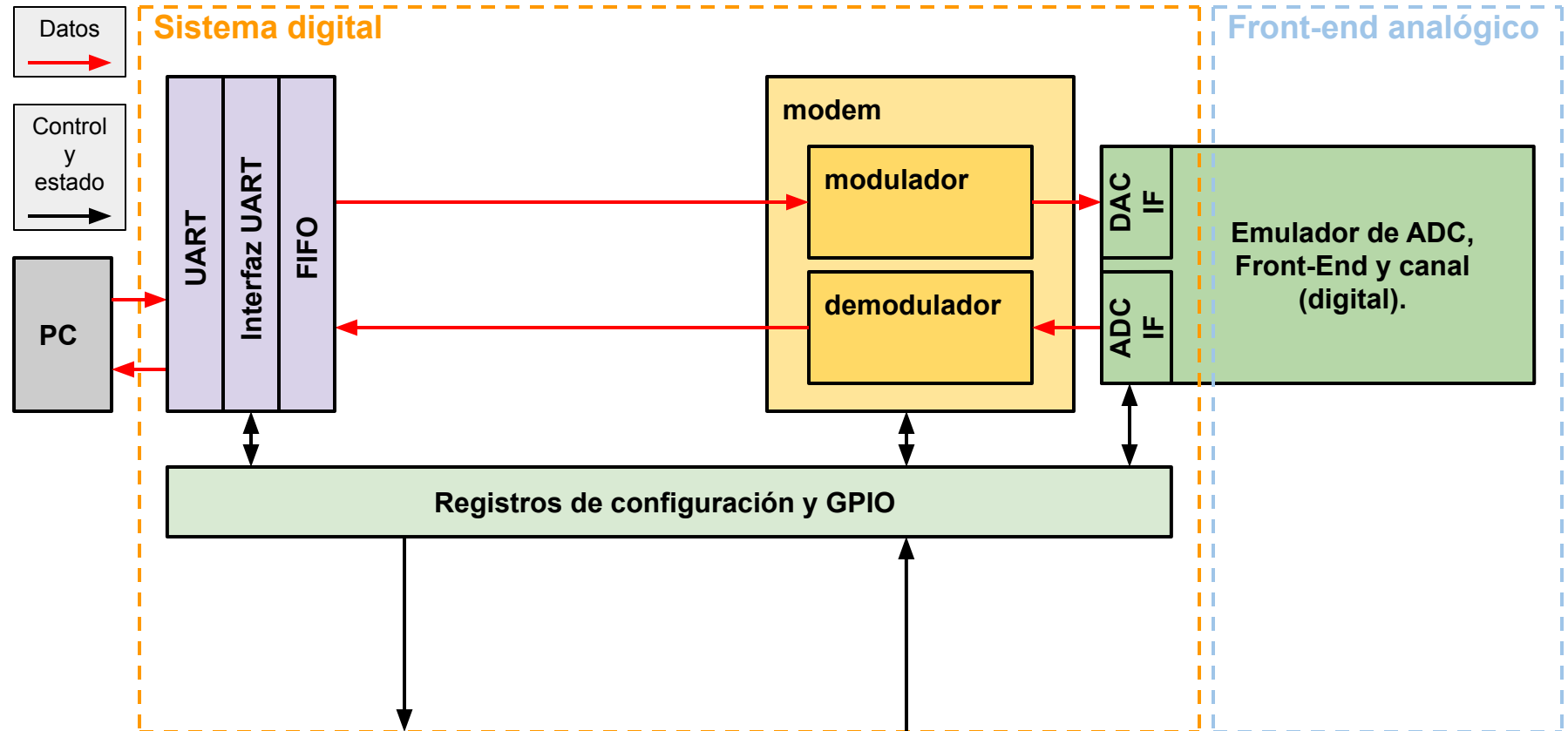
Arquitectura de sistema de comunicación

Arquitectura de alto nivel sistema simplificado (TPI)



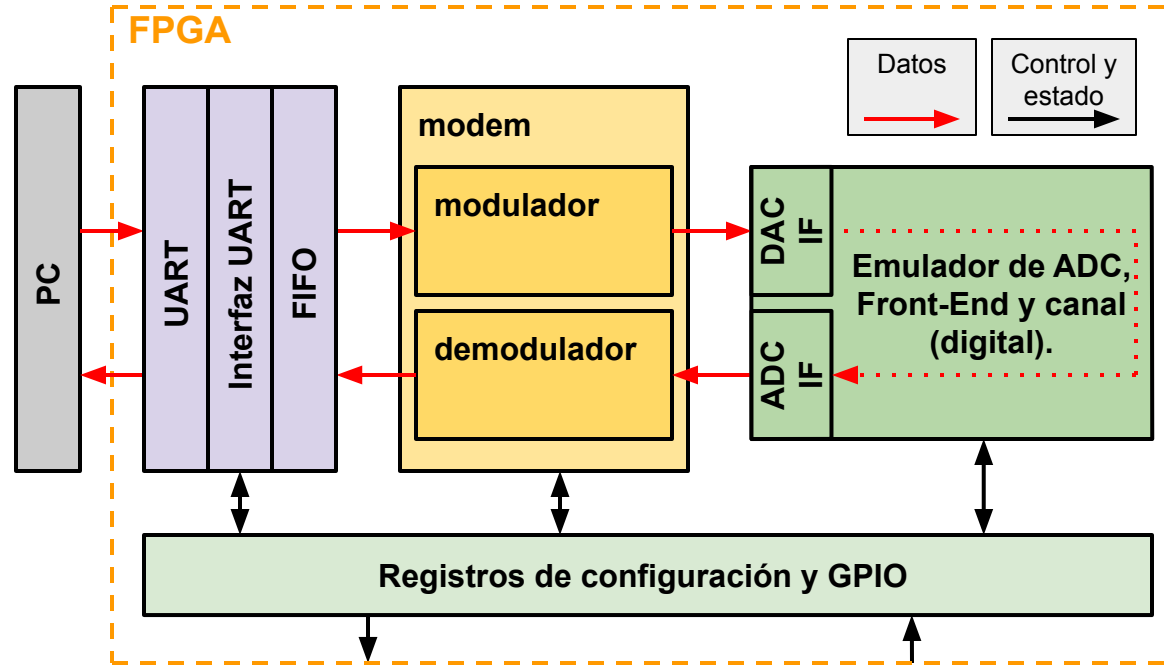
Arquitectura de sistema de comunicación

Arquitectura de alto nivel sistema simplificado (TPI)



Arquitectura de sistema de comunicación

Arquitectura de alto nivel sistema simplificado (TPI)



Características del TPI:

- **Modem:**

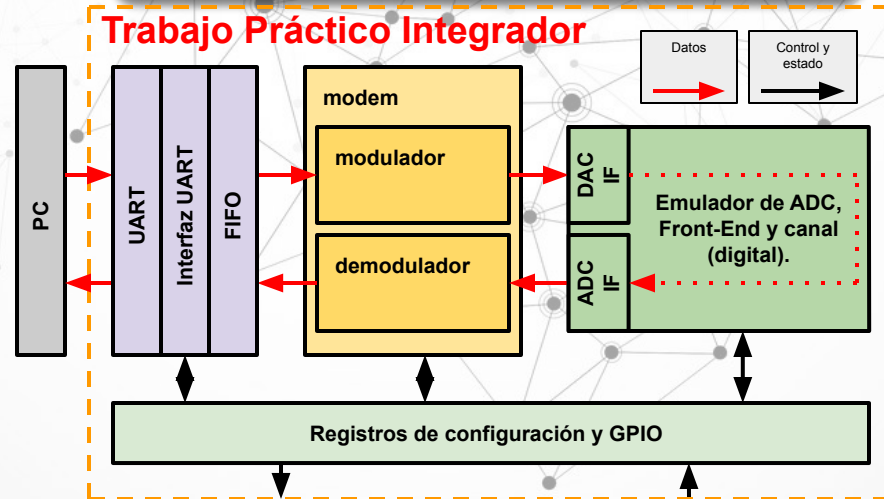
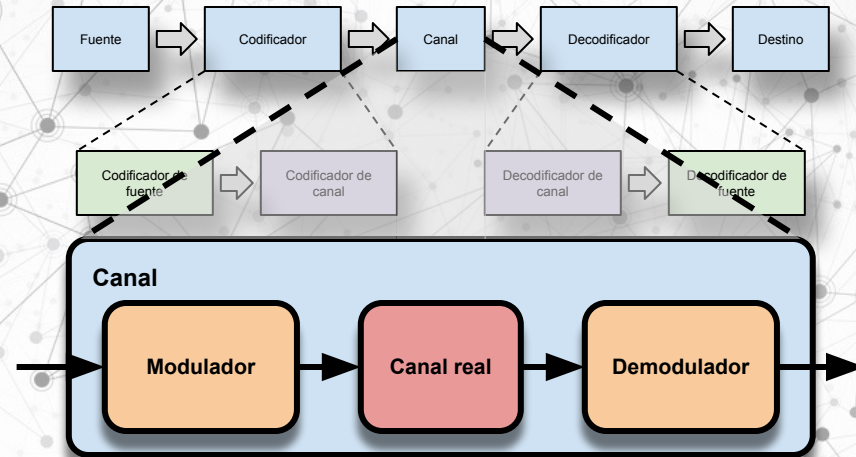
- PAM (banda base)
- Pulso
- Tasa de símbolos y bits
- Tipo de transmisión

- **GPIOs**

- **UART y PC**

- **Emulador de Canal**

- **Ejemplo de sistema real**



Especificaciones de Modem

- Modulación: 2-PAM (banda base)
- Codificación de línea: No.
- Frecuencia de símbolo: 1 MHz
- Frecuencia de sampleo: 16 MHz
- Pulso:
 - Tipo: Root-raised-cosine.
 - Energía constate = 1.
- Tipo de transmisión: Asincrónica
 - Formato del preámbulo: Preámbulo de sincronización + SFD. Ambos de largo configurable.
 - Formato del payload: Largo configurable en múltiplos de 8 bits (1 byte)

Especificaciones del sistema

- GPIO:
 - Botón de reset
 - Led TX ready
 - Led RX overflow
- Conectividad:
 - UART: 115200 baudios para transmitir y recibir datos (Bytes).
- Interfaz con los módulos análogos:
 - Interfaz de stream (data, valid, ready for data) con módulo IF DAC
 - Interfaz de stream (data, valid, ready for data) con módulo IF ADC

Características de Trabajo Práctico Integrador (TPI)

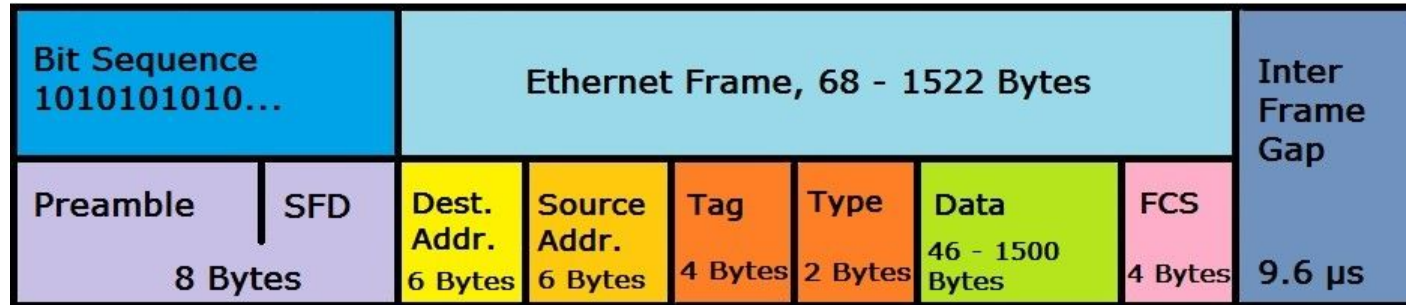
Especificaciones de la emulación del ADC, DAC, Front-End analógico y canal

- IF DAC:
 - Interfaz de stream con 10 bits de datos formato Q10.8
 - Indicación de underflow
- IF ADC:
 - Interfaz de stream con 10 bits de datos formato Q10.8
 - Indicación de overflow
- Canal:
 - Interfaces de DAC y ADC con clock común.
 - Respuesta en frecuencia: Implementada mediante FIR de largo configurable.
 - Ruido blanco aproximadamente Gaussiano con varianza configurable.

Características de Trabajo Práctico Integrador (TPI)

Ejemplo de sistema de comunicación en banda base asincrónico (Ethernet)

Paquete Ethernet:

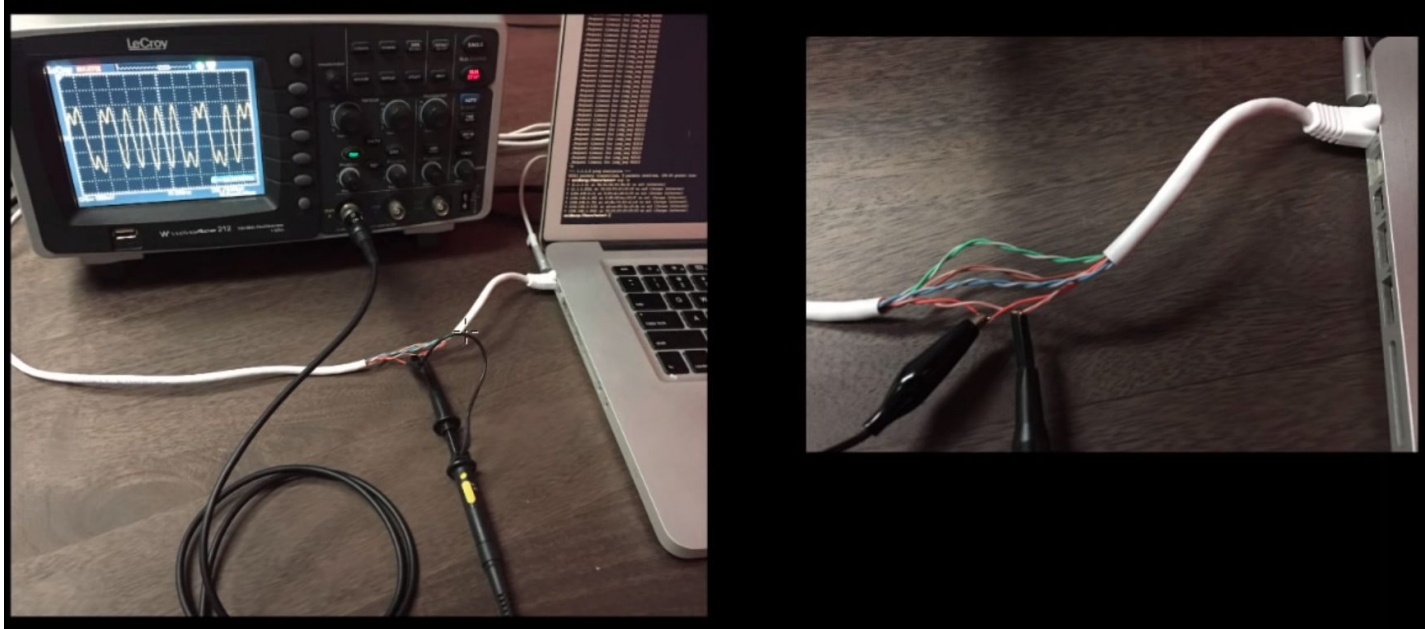


Fuente:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.ionos.com%2Fdigitalguide%2Fserver%2Fknow-how%2Fethernet-frame%2F&psig=AOvVaw10kw4cqPPQrZO450EupM9i&ust=1601588692969000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQiRxgFwoTCNiUjf3skewCFQAAAAAdAAAAABAO>

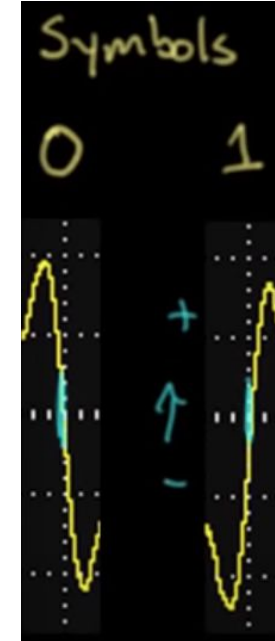
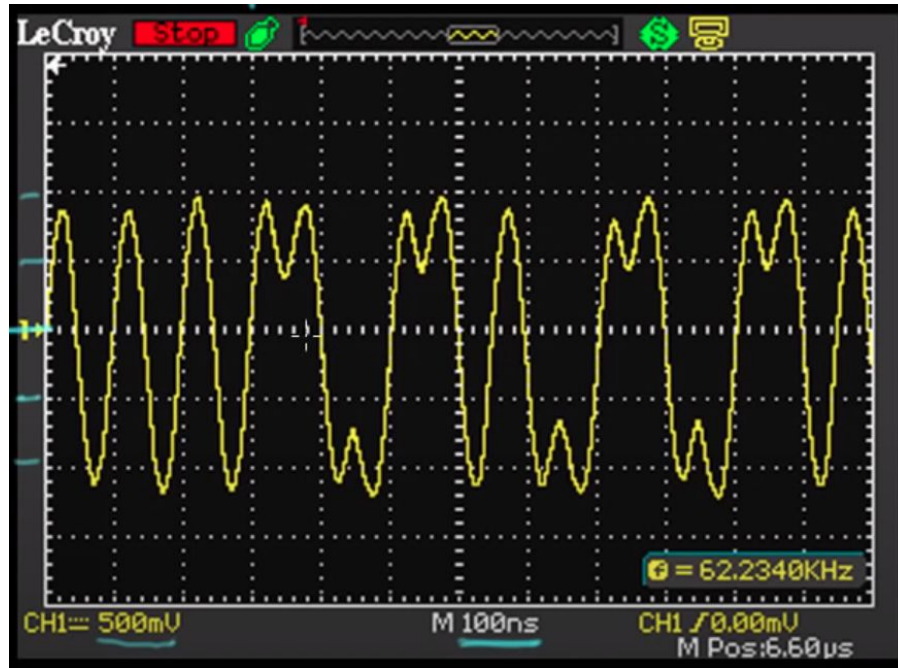
Características de Trabajo Práctico Integrador (TPI)

Ejemplo de sistema de comunicación en banda base asincrónico (Ethernet)



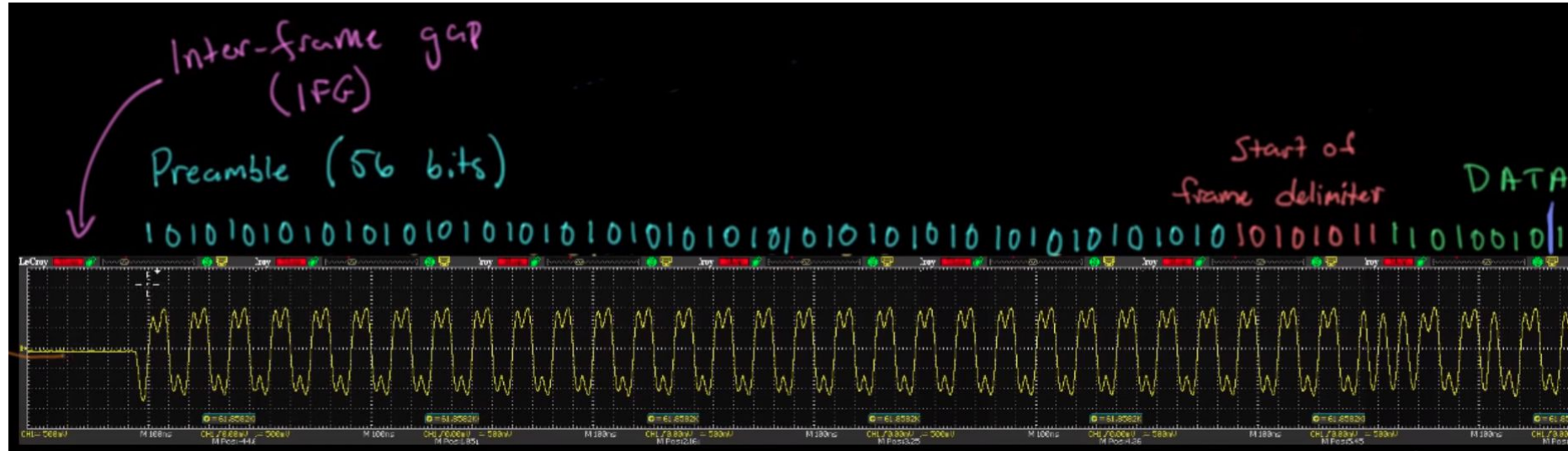
Características de Trabajo Práctico Integrador (TPI)

Ejemplo de sistema de comunicación en banda base asincrónico (Ethernet)



Características de Trabajo Práctico Integrador (TPI)

Ejemplo de sistema de comunicación en banda base asincrónico (Ethernet)



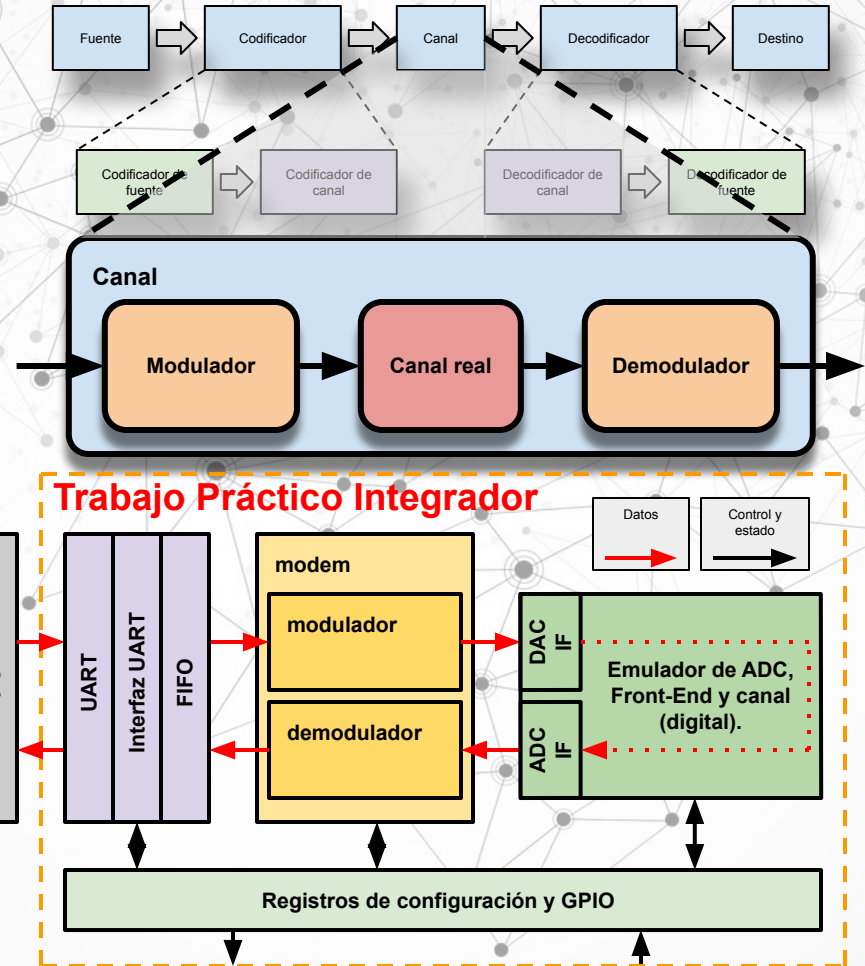
Repaso y simulación:

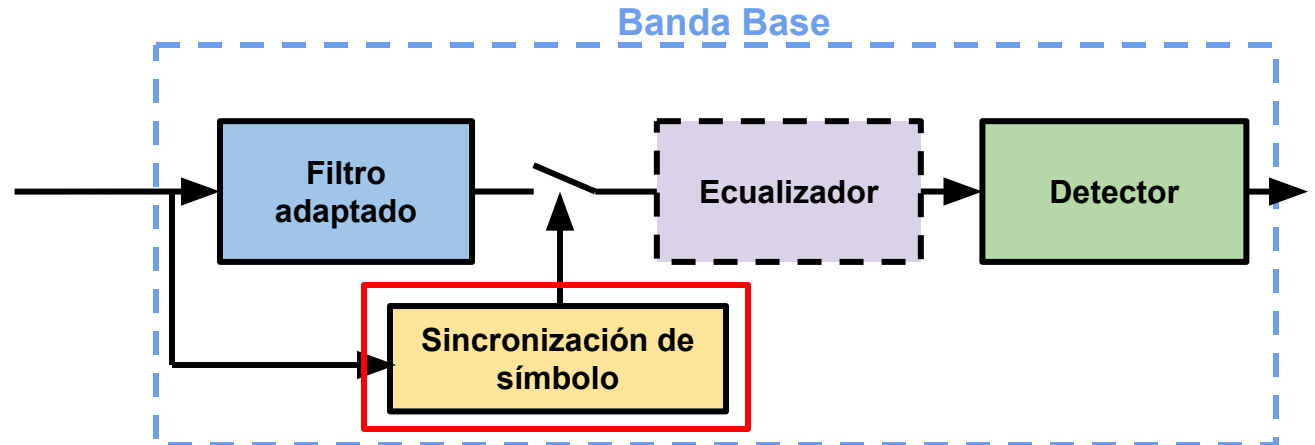
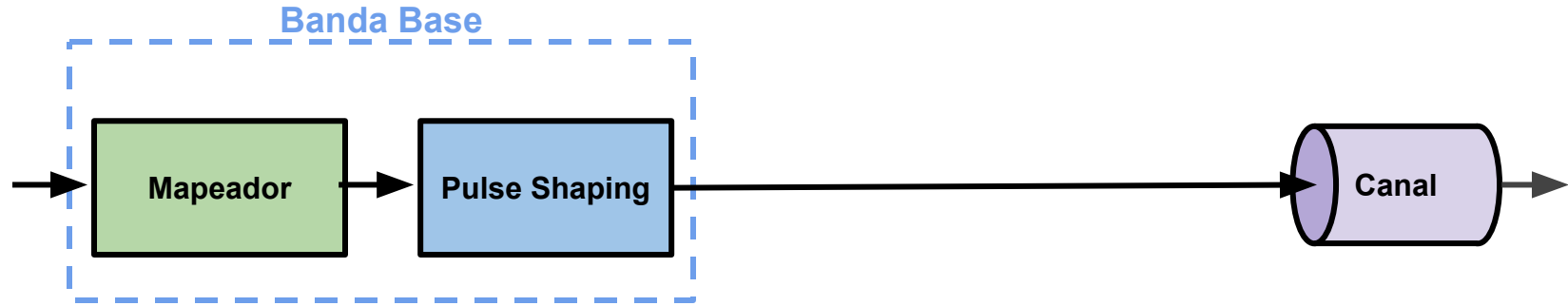
- Repaso

- Componentes del sistema en banda base

- Simulación

- Modelo
- Arquitectura de bajo nivel





Sincronización de símbolo

El objetivo del filtro es detectar **el comienzo y el fin del pulso** recibido, para poder **muestrear** la señal **momento exacto** donde $t=kT$.

También se conoce como:

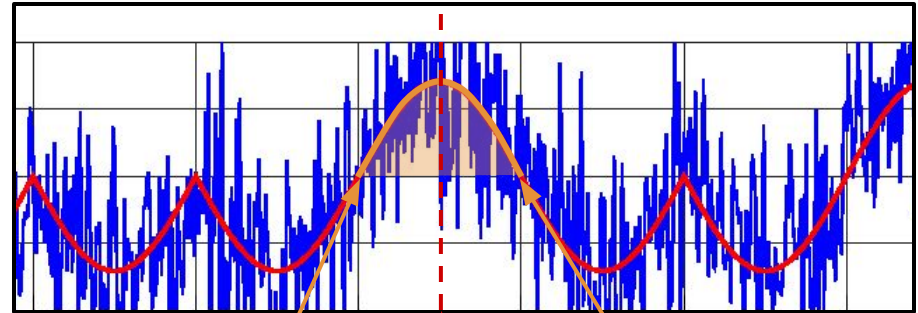
Clock recovery

Symbol timing recovery

Existen diversas técnicas para sincronizar el pulso.

La entrada es generalmente la señal recibida, la salida es una señal periódica alineada con el símbolo.

Señal
antes del
filtro
adaptado



Sincronización
de símbolo

Sincronización de símbolo

El objetivo del filtro es detectar **el comienzo y el fin del pulso** recibido, para poder **muestrear** la señal **momento exacto** donde $t=kT$.

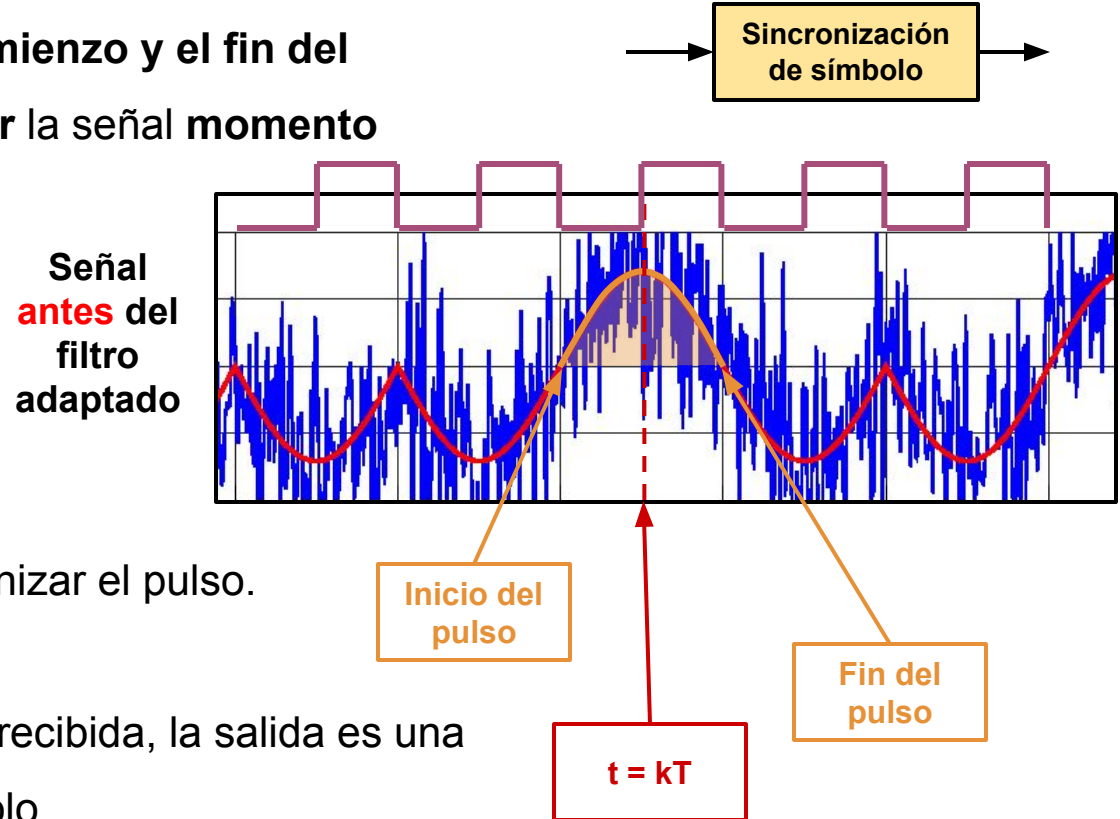
También se conoce como:

Clock recovery

Symbol timing recovery

Existen diversas técnicas para sincronizar el pulso.

La entrada es generalmente la señal recibida, la salida es una señal periódica alineada con el símbolo.



Sincronización de símbolo

El objetivo del filtro es detectar **el comienzo y el fin del pulso** recibido, para poder **muestrear** la señal **momento exacto** donde $t=kT$.

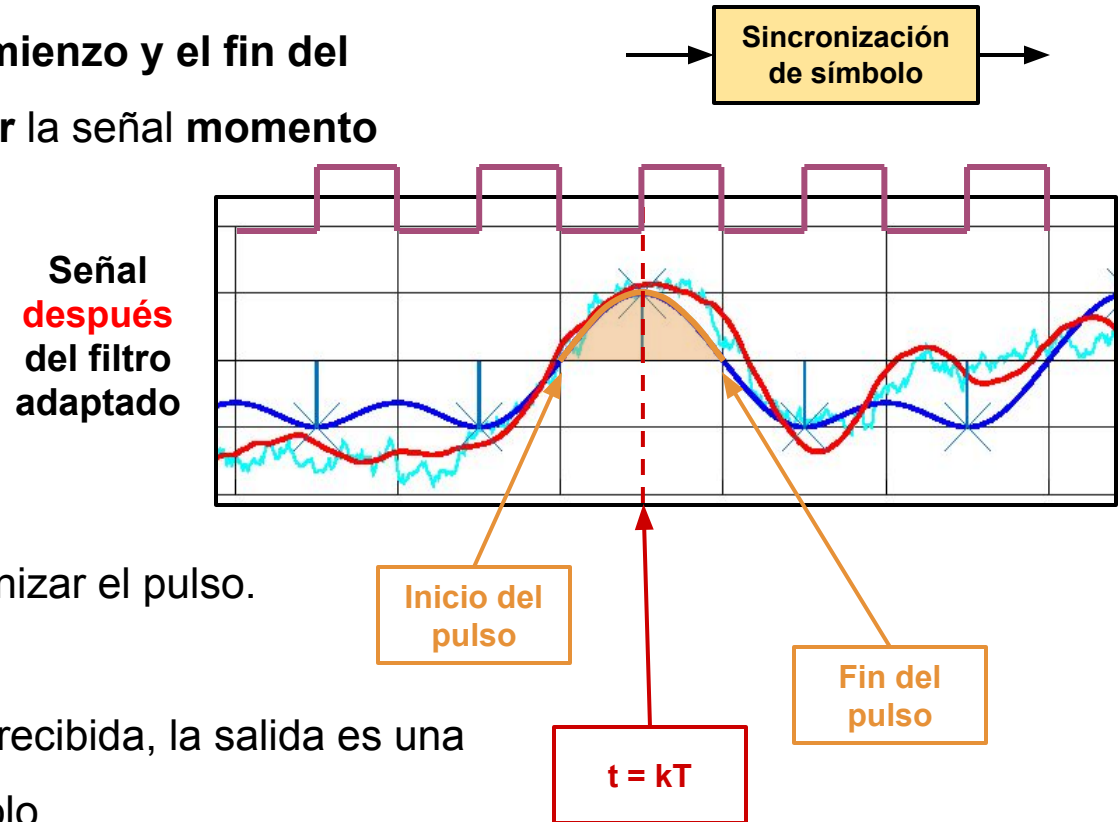
También se conoce como:

Clock recovery

Symbol timing recovery

Existen diversas técnicas para sincronizar el pulso.

La entrada es generalmente la señal recibida, la salida es una señal periódica alineada con el símbolo.



Sincronización de símbolo

Ejemplo de sincronizador Early-Late:

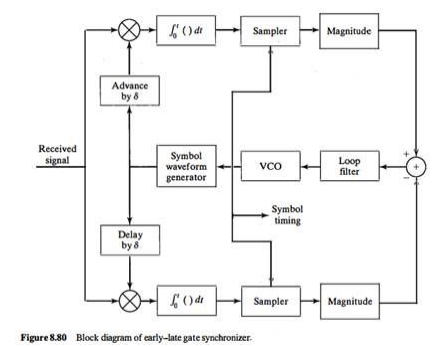
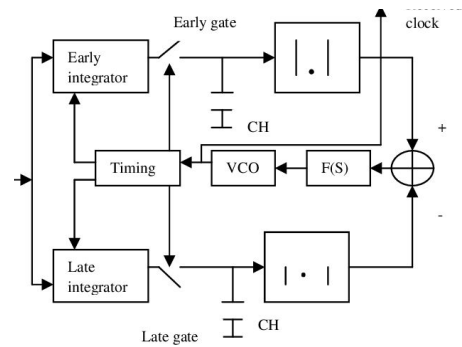
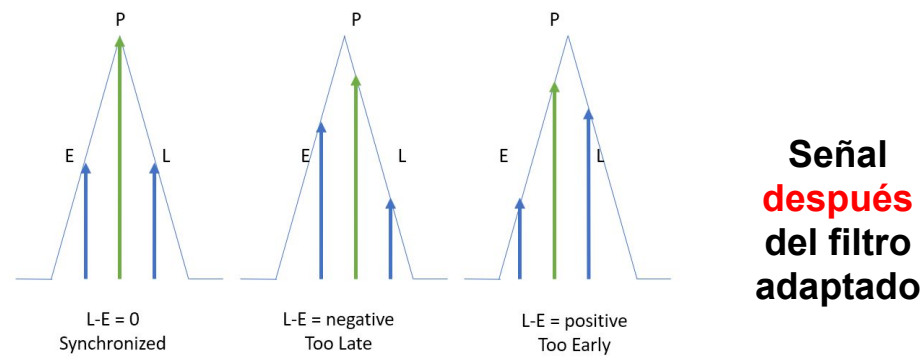
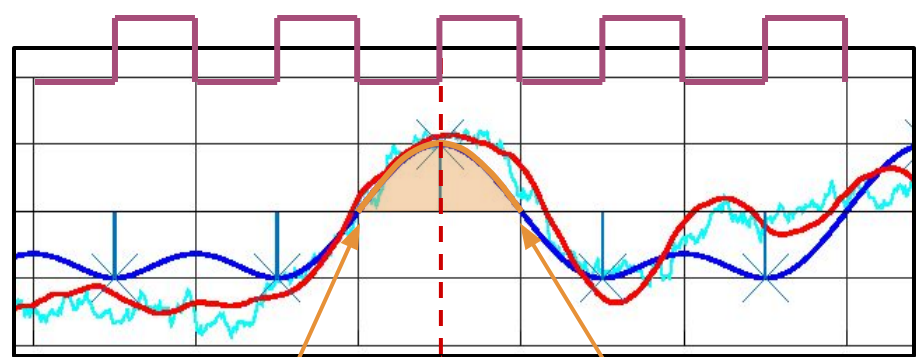


Figure 8.80 Block diagram of early-late gate synchronizer.

Sincronización de símbolo



Inicio del pulso

Fin del pulso

$t = kT$

Sincronización de símbolo

Ejemplo de sincronizador con PLL: Open-loop

$$y^2(t) = \left[\sum_m x_m p(t - mT) + n(t) \right]^2$$

$$\begin{aligned} E \{ y^2(t) \} &= \sum_m \sum_n \mathcal{E}_x \cdot \delta_{mn} \cdot p(t - mT) \cdot p(t - nT) + \sigma_n^2 \\ &= \mathcal{E}_x \cdot \sum_m p^2(t - mT) + \sigma_n^2, \quad \text{Señal periódica (T)} \end{aligned}$$

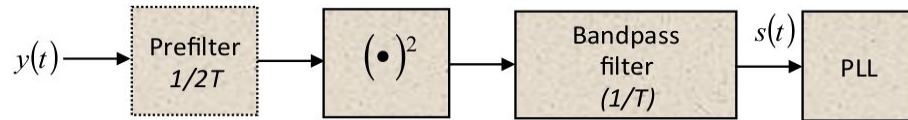
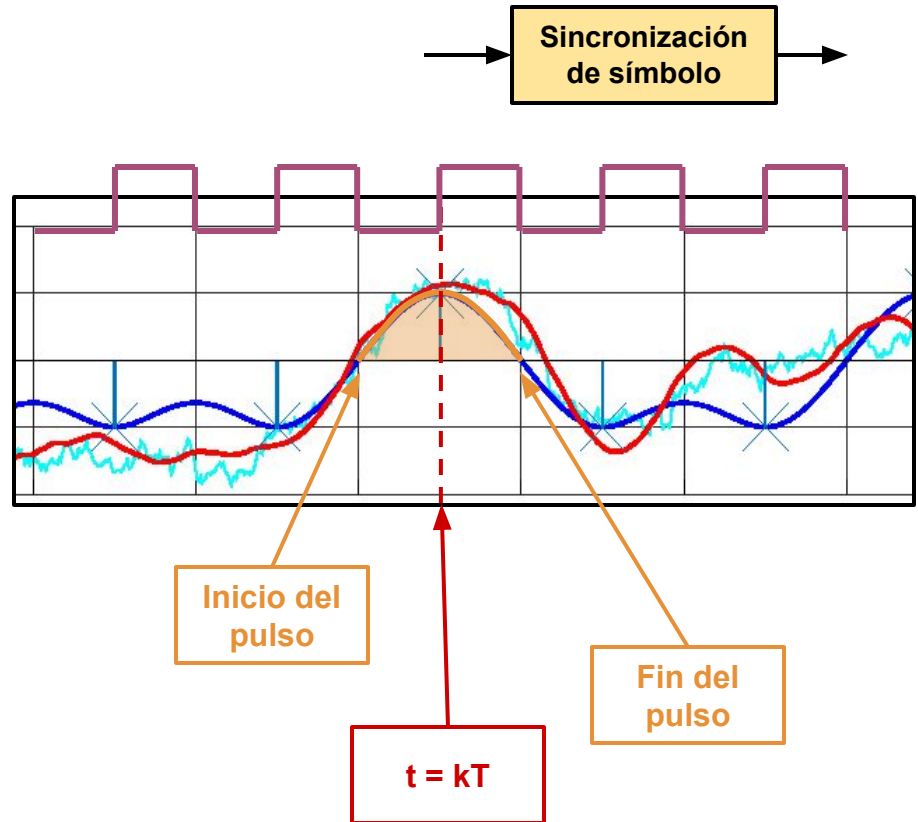


Figure 6.10: Square-law timing recovery.



Diagramas en bloque de los moduladores y demoduladores

Ejercicio 06 - Simulación del modulador en octave

Ejemplo demostrativo:

Ejercicio 06 - Simulación del modulador en octave

Ejemplo demostrativo:

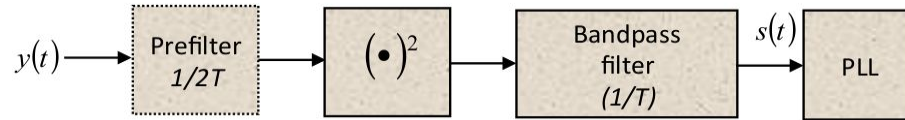


Figure 6.10: Square-law timing recovery.

Diagramas en bloque:

- **Modulador**

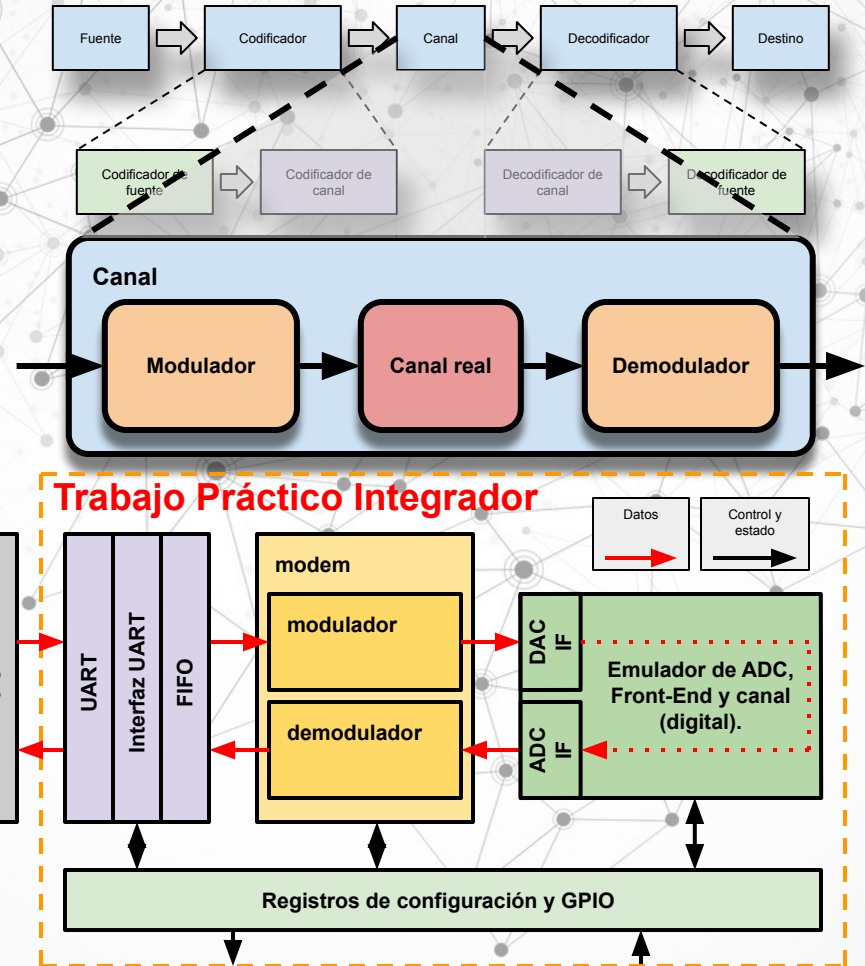
- Arquitectura de bajo nivel

- **Canal**

- Modelo
- Arquitectura de bajo nivel

- **Demodulador**

- Arquitectura de bajo nivel



Arquitectura de sistema de comunicación

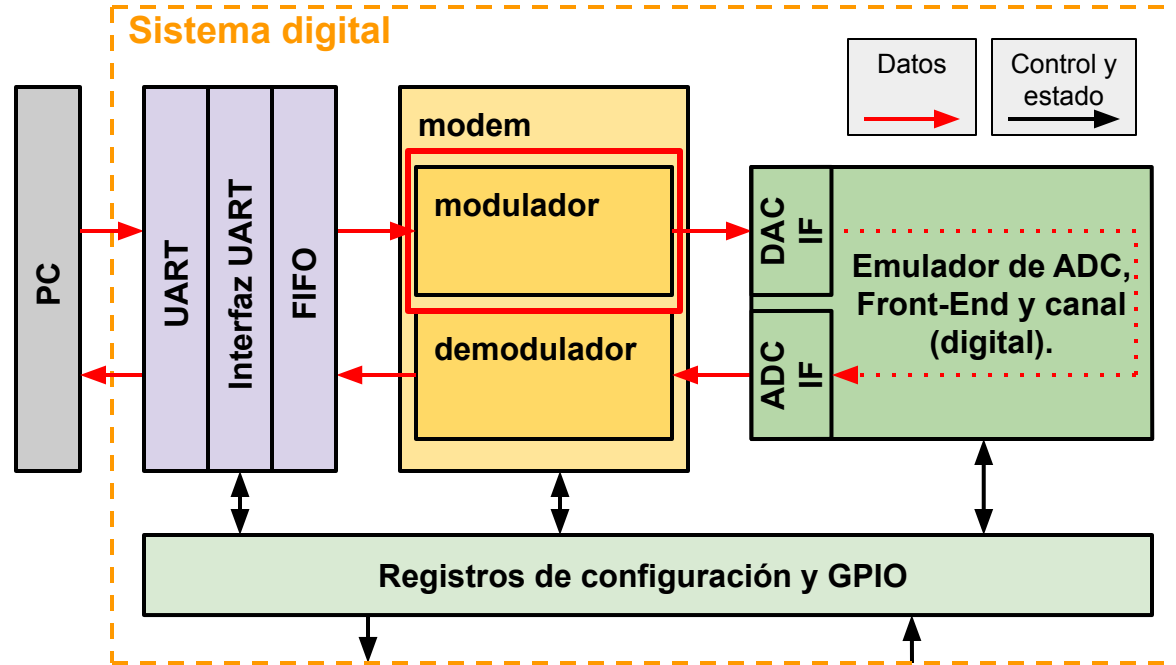
Arquitectura de alto nivel sistema simplificado (TPI)

Modulador

Arquitectura de sistema de comunicación

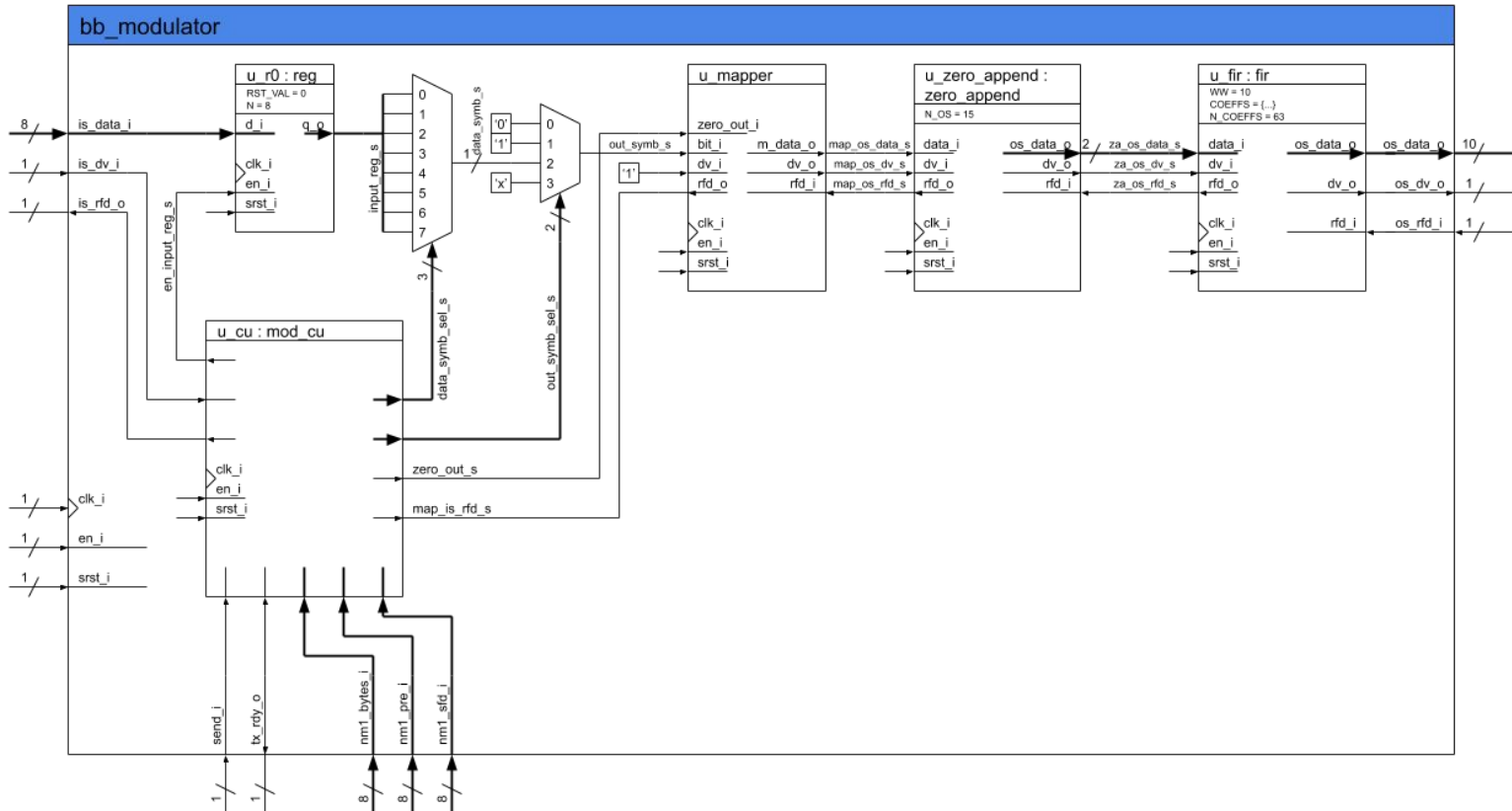
Arquitectura de alto nivel sistema simplificado (TPI)

Modulador



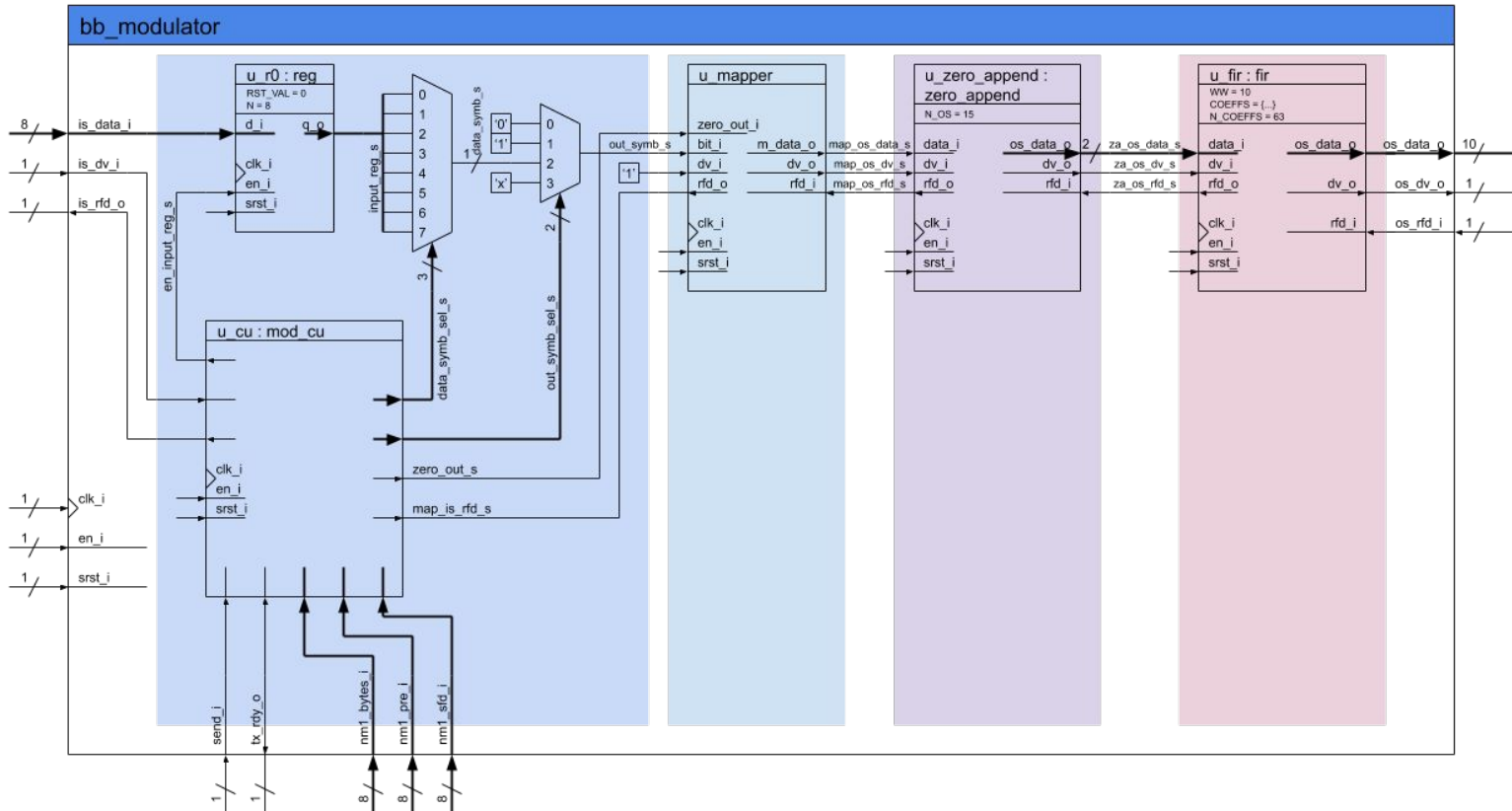
Diagramas en bloque de los moduladores y demoduladores

Arquitectura detallada del modulador



Diagramas en bloque de los moduladores y demoduladores

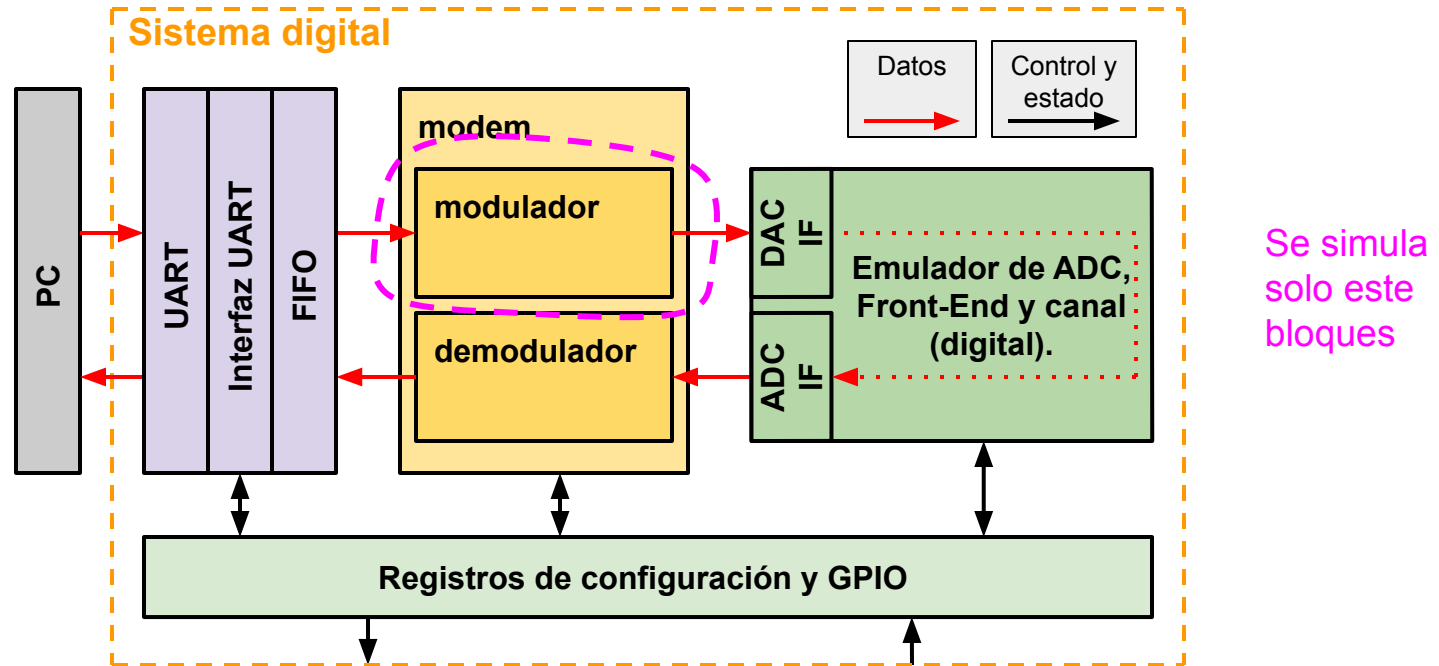
Arquitectura detallada del modulador



Diagramas en bloque de los moduladores y demoduladores

Ejercicio 07 - Simulación del modulador

Simulación HDL:



Arquitectura de sistema de comunicación

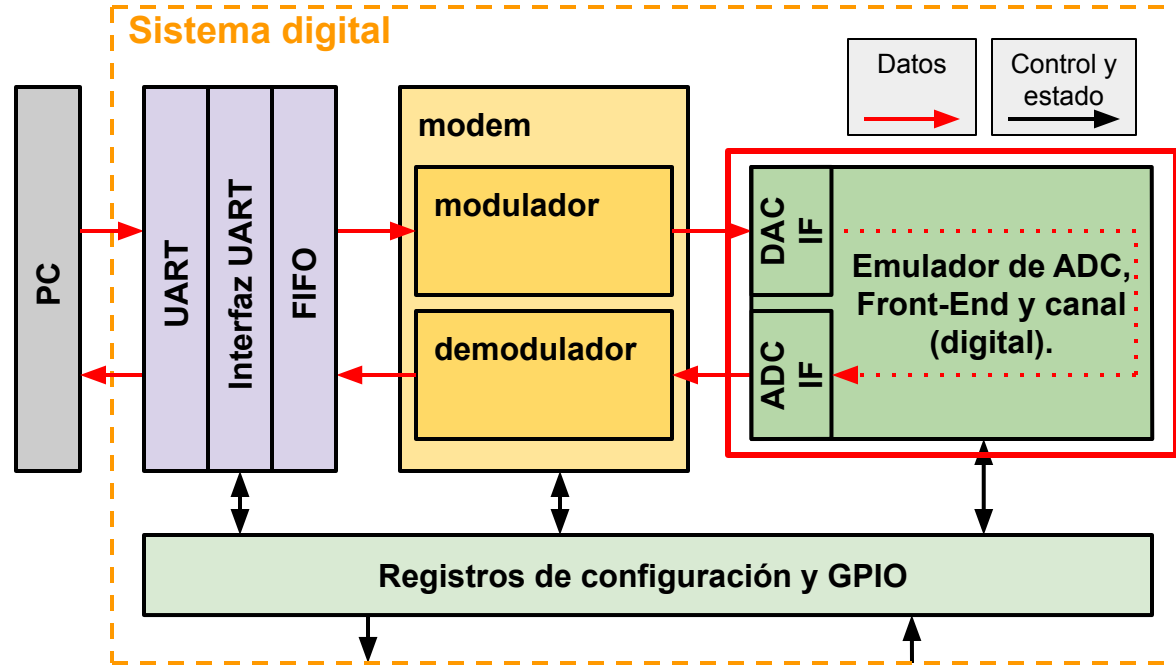
Arquitectura de alto nivel sistema simplificado (TPI)

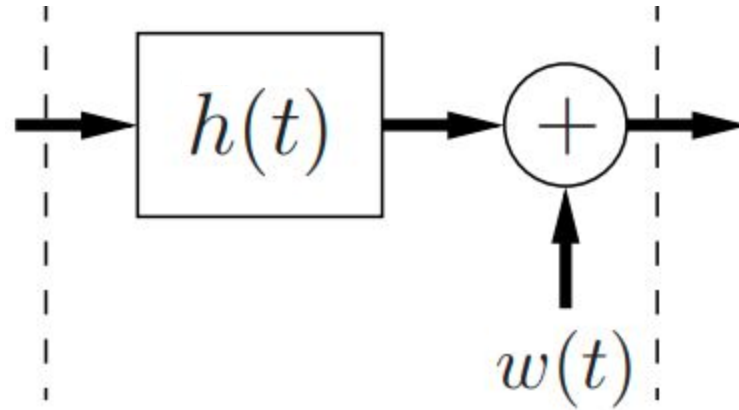
Canal

Arquitectura de sistema de comunicación

Arquitectura de alto nivel sistema simplificado (TPI)

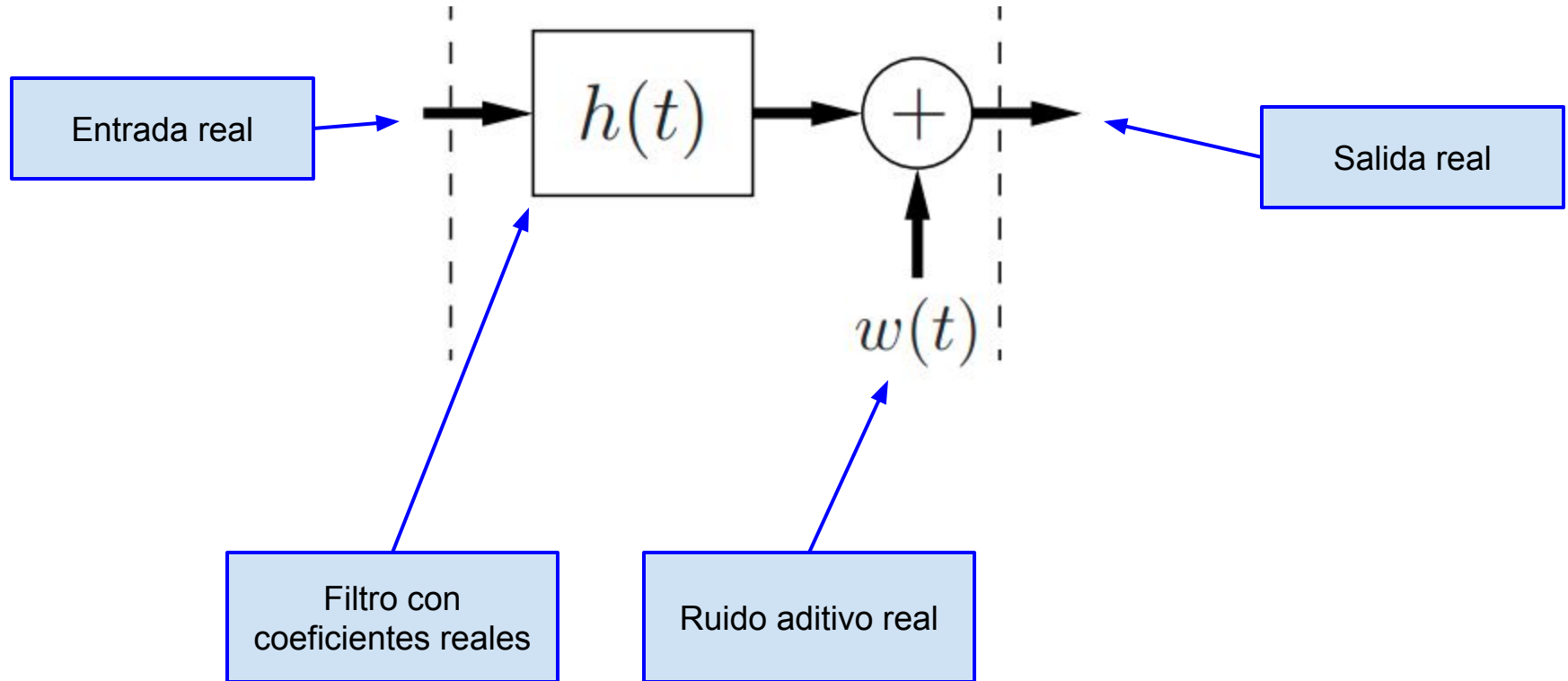
Canal





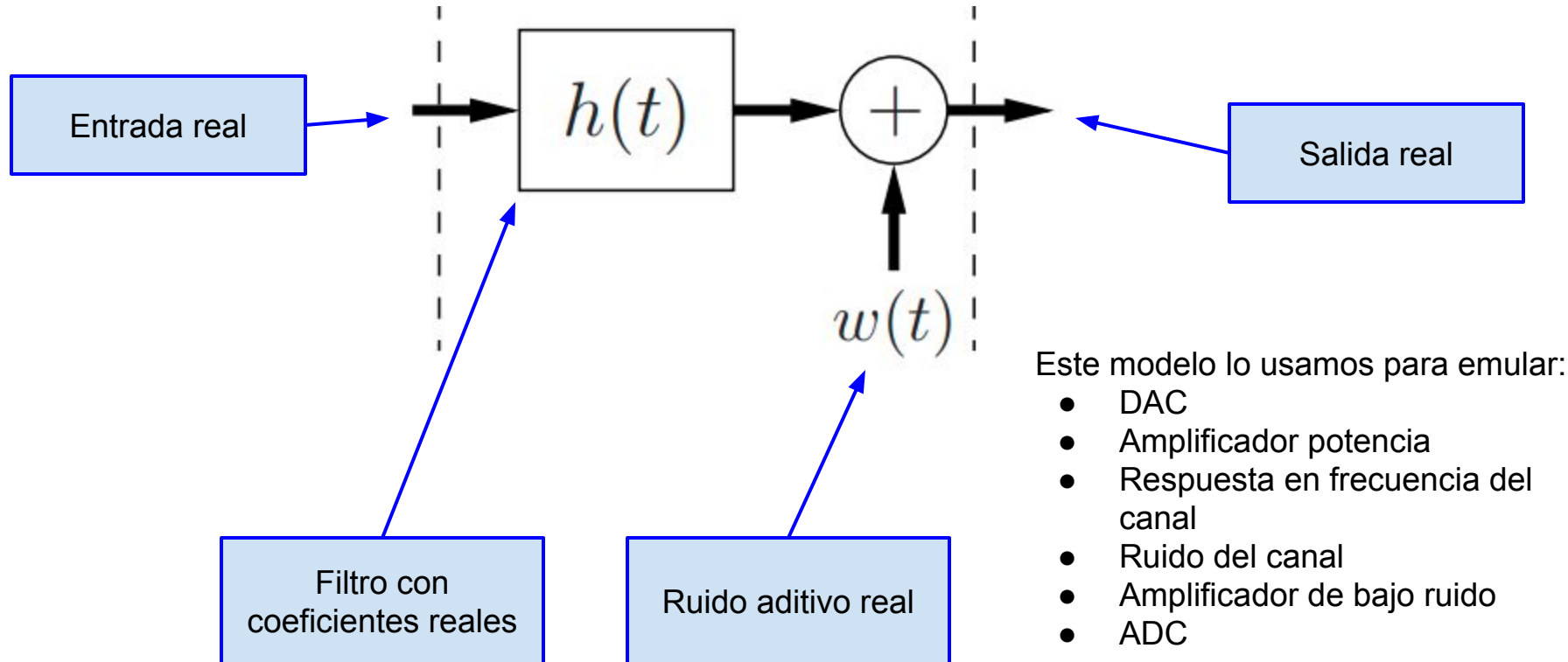
Arquitectura de sistema de comunicación

Modelo de canal



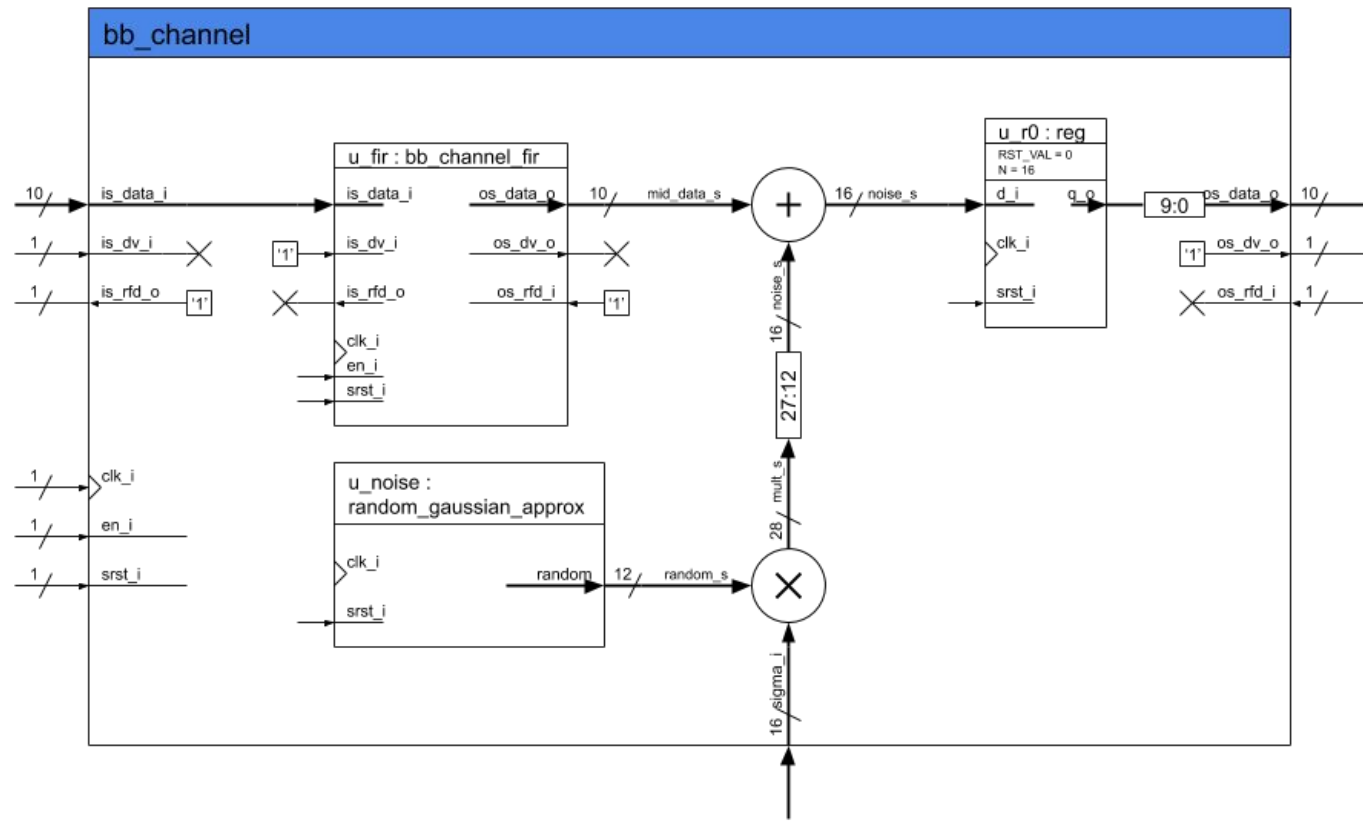
Arquitectura de sistema de comunicación

Modelo de canal



Arquitectura de sistema de comunicación

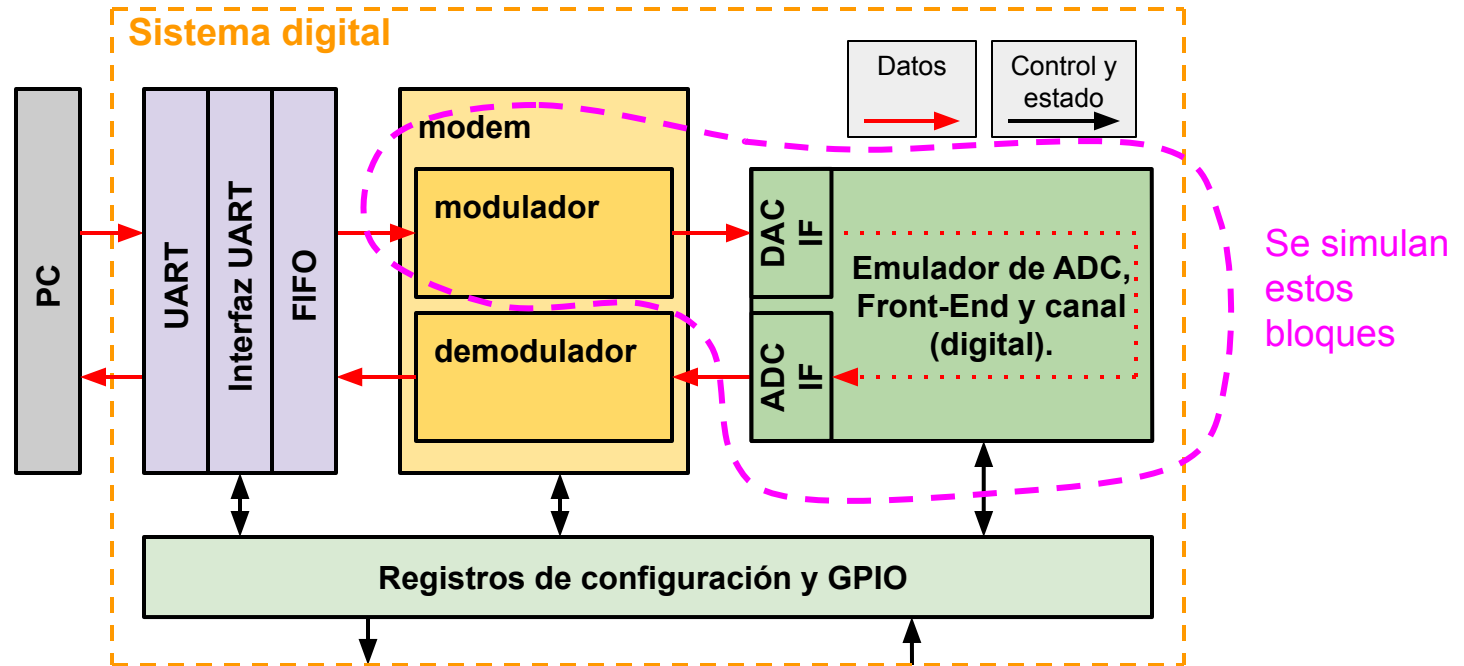
Arquitectura detallada del canal



Diagramas en bloque de los moduladores y demoduladores

Ejercicio 08 - Simulación del modulador + canal

Simulación HDL:



Arquitectura de sistema de comunicación

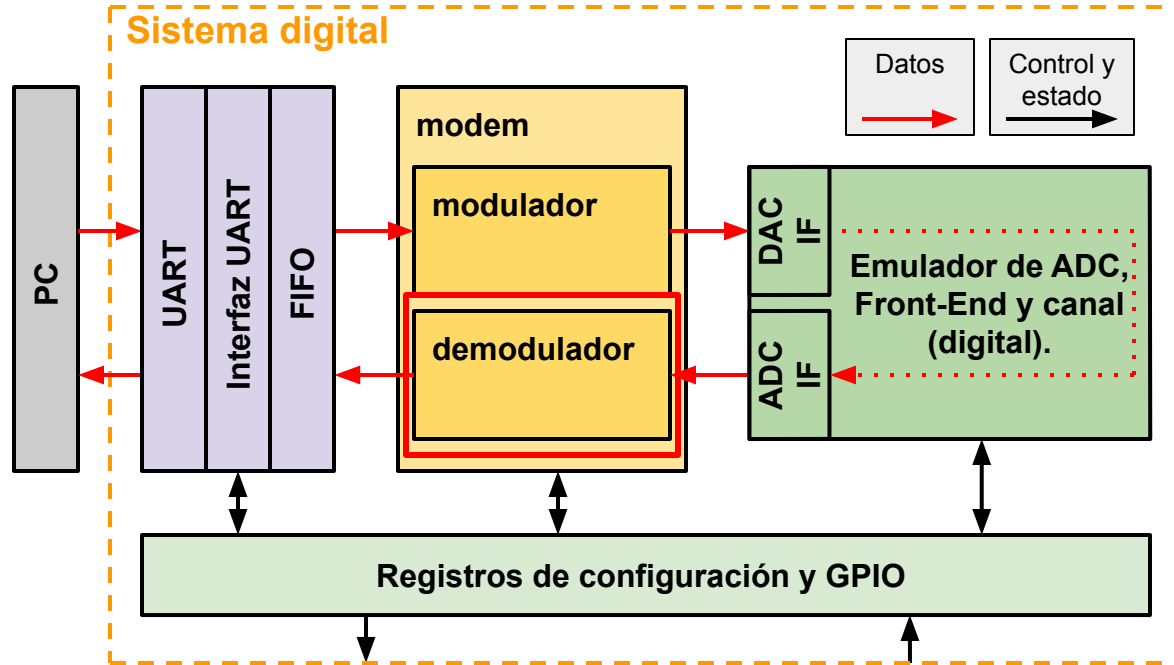
Arquitectura de alto nivel sistema simplificado (TPI)

Demodulador

Arquitectura de sistema de comunicación

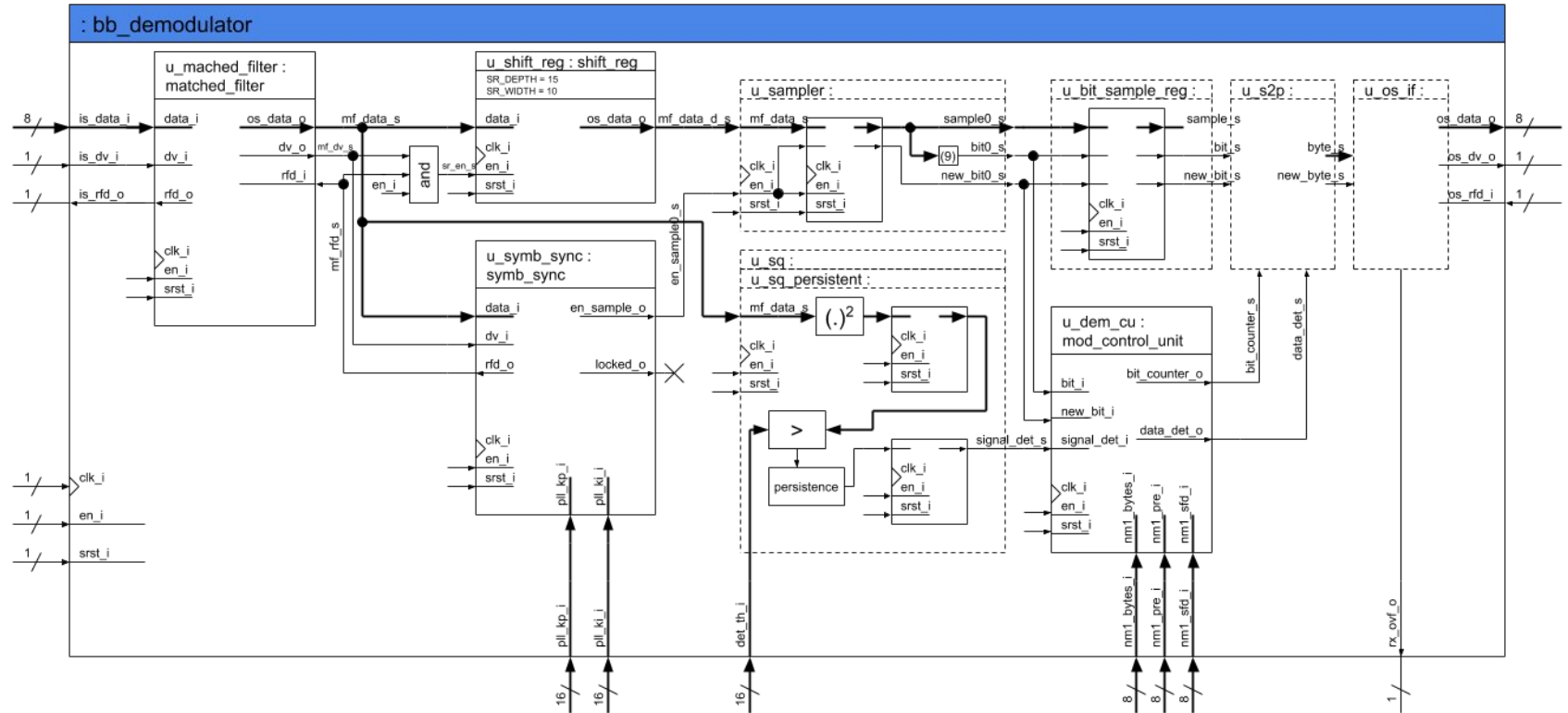
Arquitectura de alto nivel sistema simplificado (TPI)

Demodulador



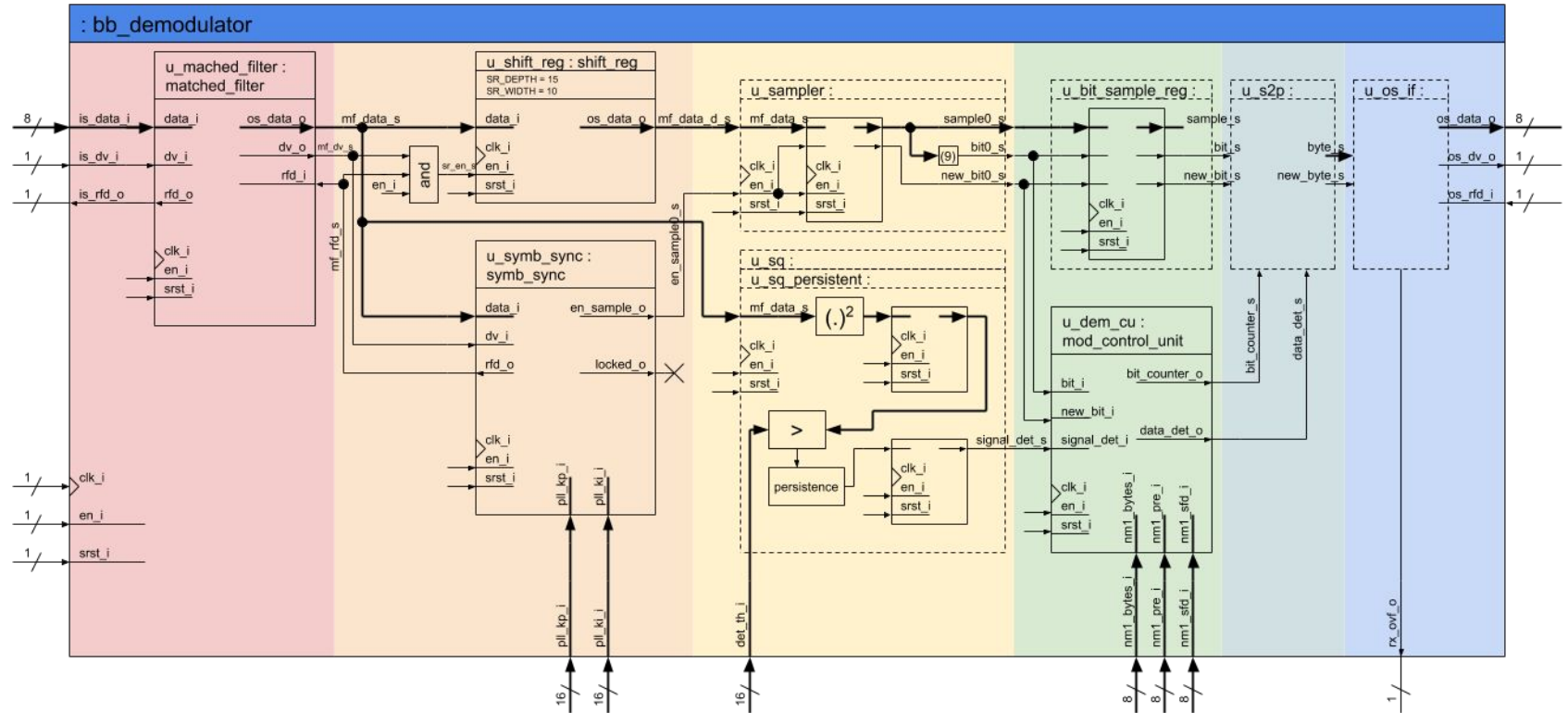
Diagramas en bloque de los moduladores y demoduladores

Arquitectura detallada del modulador



Diagramas en bloque de los moduladores y demoduladores

Arquitectura detallada del modulador

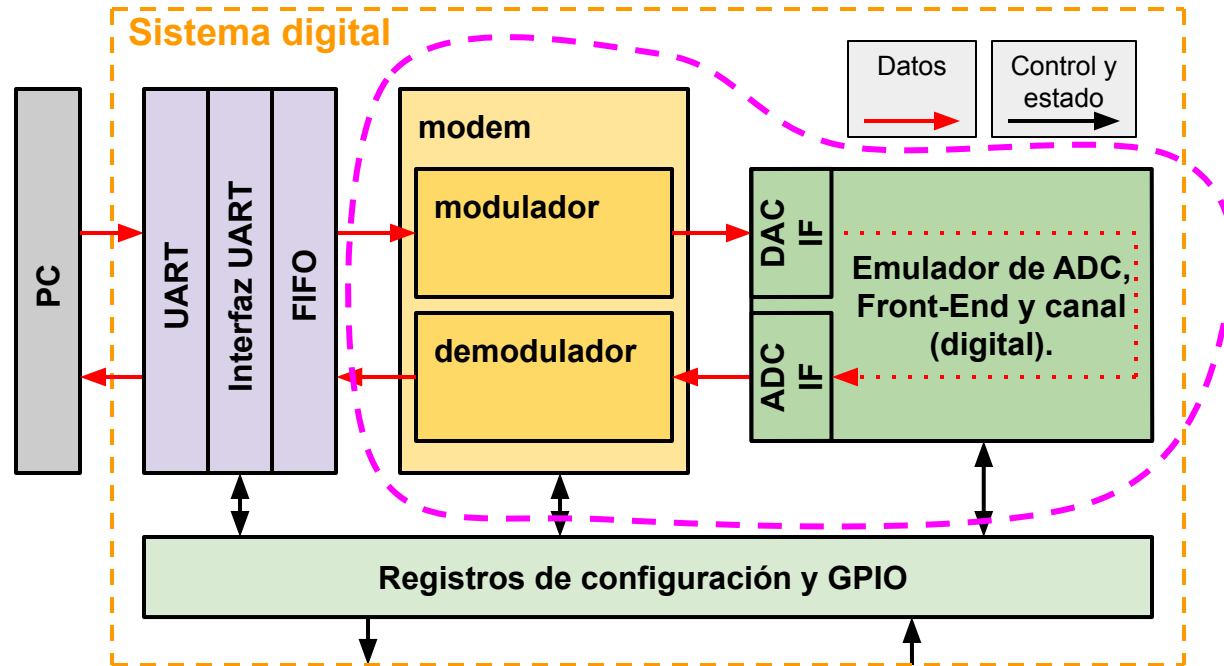


Diagramas en bloque de los moduladores y demoduladores

Ejercicio 09 - Simulación del modem + el canal

Simulación HDL:

Se simulan estos bloques. Se agrupan en un módulo llamado `tb_test_modem_channel`




Bibliografía:

- “*Digital Communication*”, John G. Proakis, Masoud Salehi, 5th edition.
- B. P. Lathi. 1998. “*Modern Digital and Analog Communication Systems 3e Osece*” (3rd. ed.). Oxford University Press, Inc., USA.
- Bernard Sklar. 1988. “*Digital communications: fundamentals and applications*”. Prentice-Hall, Inc., USA.
- John M. Cioffi. Libro Online: <https://cioffi-group.stanford.edu/doc/book/>



¿PREGUNTAS?



¡Gracias!