

Práctica 6

Filtro de acoplamiento. Sincronización de reloj (Time Alignment ó Clock Recovery), Alineación de tiempo (Time Alignment)

Autores:	Carolina Viasus Africano
	Davidson Duvan Leal
	Alex Julian Mantilla Rios
Perteneciente al grupo:	B1A.G6

[Aspectos a mejorar en la guía \(capítulo privado, de los profesores\)](#)

[Trabajo previo](#)

[El Problema:](#)

[El objetivo general es:](#)

[Objetivos específicos](#)

[Informe de resultados](#)

[Desarrollo del Objetivo 1. Presente a continuación los resultados del objetivo 1.](#)

[Desarrollo del Objetivo 2. Presente a continuación los resultados del objetivo 2.](#)

[Desarrollo del Objetivo 3. Presente a continuación los resultados del objetivo 3.](#)

Aspectos a mejorar en la guía (capítulo privado, de los profesores)

- Solo recordarle a los estudiantes que:
 - El objetivo 4 ha sido mejorado para incluir el tema de Clock Recovery
 - El flujograma ha sido actualizado, de manera que debe ser bajado nuevamente
 - Se actualizó la librería la librería comdig_Lib_bloques con nuevos bloques.
- Para el futuro, el tema de timing debe pasarse para la guía anterior

Trabajo previo

1. Baje los materiales necesarios para la práctica: [Código a ser usado en la práctica](#)
2. Actualice las librerías: [Manual de Manuales, sección Librerías UIS](#), s. Sin estas librerías actualizadas no espere nada bueno
3. Recuerde que el [Manual de Manuales](#) enlaza todas las ayudas disponibles en la UIS
4. Compruebe, en una terminal de comandos de ubuntu (atajo Ctr+Alt+T, invoque python) para qué sirven los siguientes comandos de python:
 - ([1.]*Sps)
5. Familiarícese con las variables usadas en el flujograma y con el concepto de modelos de capas, lo que significa cada color y tipo de líneas en esos modelos. [El libro de la asignatura](#) es útil para esto y mucho más porque contiene:
 - a. En el capítulo 10, descripción de las variables y siglas que se usan en los flujogramas para cualquier práctica de la asignatura.
 - b. Modelo de capas: capítulo 2.4.1.
 - c. Los conceptos de ISI, Diagrama de Ojo, Wave Forming, regeneración de bits. capítulo 5.2
 - d. enlaces a flujogramas que incluyen bloques que puede usar.

- e. debajo de cada gráfica con flujogramas hay una nota que dice: “Flujograma usado”. Esos flujogramas usados en el libro están en la página del libro: <https://sites.google.com/saber.uis.edu.co/comdig/sw>
6. OPCIONAL (para cuando tenga más experiencia): tenemos una librería para obtener Diagramas de Ojo hermosos como los que aparecen en el libro, pero su instalación no es fácil ([Guia de instalación del EyeDiagramm](#)). La dejamos para que Ud lo haga en otro momento. En todo caso, ofreceremos otras alternativas para el diagrama de ojo. En el flujograma de la práctica, para usar la opción de diagrama de ojos hermosos debe, hacer previamente la instalación de EyeDiagramm, luego activar el bloque `b_eye_diagram_f` y desactivar `b_eye_diagram2_f`

El Problema:

En la práctica pasada se dijo que tenemos la intención de implementar un sistema de comunicación digital inalámbrico como el de la Fig 1 que permite enviar información diversa como voz, imágenes, videos.

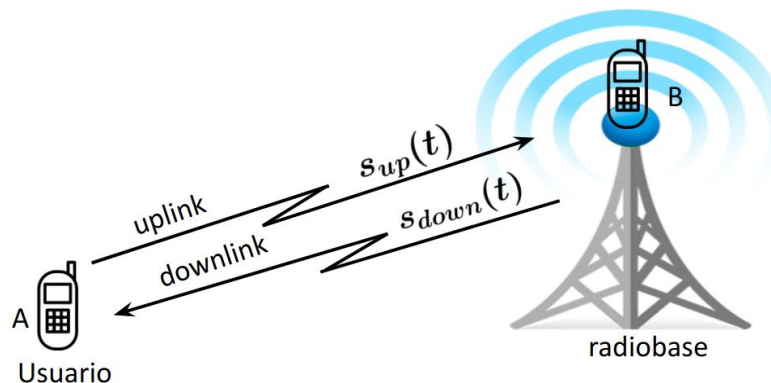


Fig. 1

En esta etapa lo lograremos, pero aún no con medios inalámbricos, sino simulando que la comunicación es por cable. Por eso, usamos un canal AWGN para simular el efecto del paso de la señal por el cable. La práctica anterior se realizó sin la certeza de saber si el muestreo, en la etapa de recuperación de los bits, se estaba realizando en el instante en que el ojo estaba más abierto. En ese sentido, lo hicimos a ciegas. Para solucionar este problema usaremos lo que se conoce con lo que en inglés se conoce como Timing ó como Clock Recovery y que en español se podría traducir quizá como Sincronización de Reloj o como Recuperación del reloj o sincronismo de reloj. Seguidamente pasamos al mayor reto de la guía que es practicar con el Filtro de Acoplamiento y poder palpar sus bondades en la práctica. Hasta acá hemos completado la capa de Adaptación en el modelo de capas de la Figura 2. Ánimo porque, con esto, podremos en la práctica que sigue pasar a la capa de Aplicación de la Fig.2, donde buscaremos usar el sistema implementado para transmitir señales de información (texto o imágenes o sonido o vídeo) no sin antes implementar un elemento imprescindible - la alineación de tiempo (Time alignment).

En la fig 2, se concibe ese sistema mediante un modelo de capas

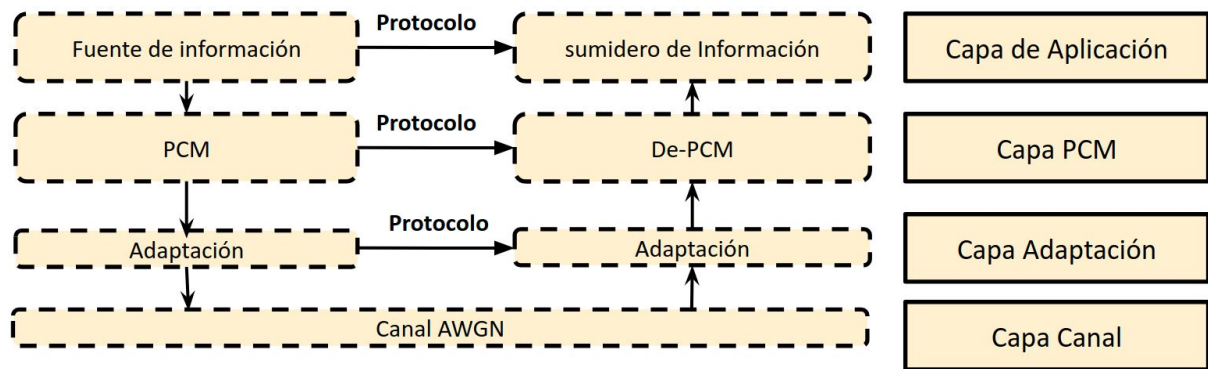


Fig. 2. Modelo de capas del sistema a usar en la práctica

El objetivo general es:

Concluir la implementación de la capa de adaptación de la Fig.2. Se requiere incluir: Sincronización de tiempo (Timing) (manual por ahora), Filtro de Acoplamiento.

Objetivos específicos

1. Practicar el Clock Recovery. Eso no es otra cosa que asegurarnos que el bloque “diez”, encargado del muestreo, seleccione justo la muestra que se encuentra en el instante en que está más libre de ISI, es decir en el que el ojo está más abierto. Las demás muestras, dentro de un símbolo son eliminadas por el mismo bloque. Por eso es un bloque de diezmado. Ese bloque tiene internamente un subbloque que retarda previamente la señal en M muestras para permitir de esta manera, que el instante de muestreo pueda ser cambiado.
 - a. Abra el bloque para que observe que $M = \text{Retardo_Timing}$.
 - b. Active el bloque “QT GUI b_EYE_Timing_f” que permite ver, mediante una aguja roja, en instante de muestreo.
 - c. Corra el flujograma; si tiene varios Diagramas de ojo, nos interesa concentrarnos en el que dice “Eye Diagram and Timing”, céntrelo mediante la barra “Center the Eye by a Delay”,
 - d. Con la barra “Timing” varíe la posición de la aguja roja en el ojo para ubicarla en el mejor instante de muestreo (ese es el timing manual);
 - e. Vaya a nuestro comparador visual de bits transmitidos, versus bits recibidos (pestaña “Time Scope in T4”). No olvide que mediante la barra “Delay transmitted signal to match with the received signal” puede hacer que visualmente las dos señales coinciden en una misma escala de tiempo. “info transmitted” e “info received” parecerán una sola señal si no hay bits perdidos (con bajo ruido y con el timing correcto no deberían haber bits perdidos)
 - f. varíe el ruido para determinar para cada caso con qué nivel comienzan a notarse visualmente bits perdidos. Registre los datos en una tabla como la siguiente (solo para el Formador de pulsos rectangulares y dos casos del Filtro Coseno Alzado):

Nota: pase la tabla para la hoja de respuestas			
Tipo de Filtro		Nivel de ruido crítico	
		Timing desviado	Timing correcto
Formador de pulsos rectangulares			
Coseno Alzado	Rolloff 1		
	Rolloff 0.2		

2. Modifique su Flujograma para que tenga filtro de acoplamiento. Ahora deberá repetir el punto anterior pero con la presencia del filtro de acoplamiento para determinar si el Filtro proporciona una mejora en la calidad del sistema de comunicación.

Algunas instrucciones:

- En la Fig. 3 se muestra como queda la implementación del Filtro de Acoplamiento (es en el receptor, después del canal).
- Como Filtro de acoplamiento se usa una copia del mismísimo Filtro Formador de Pulsos (el bloque “Interpolating FIR Filter”)
- El bloque “Multiply Const” debe ser configurado para que atenúe la señal Sps veces si no queremos ver una señal exageradamente amplificada allí;
- el bloque “Interpolating FIR Filter” usado en el receptor como acoplamiento debe tener un factor de interpolación igual a uno, a diferencia del Formador de Pulsos que tiene una interpolación igual a Sps.

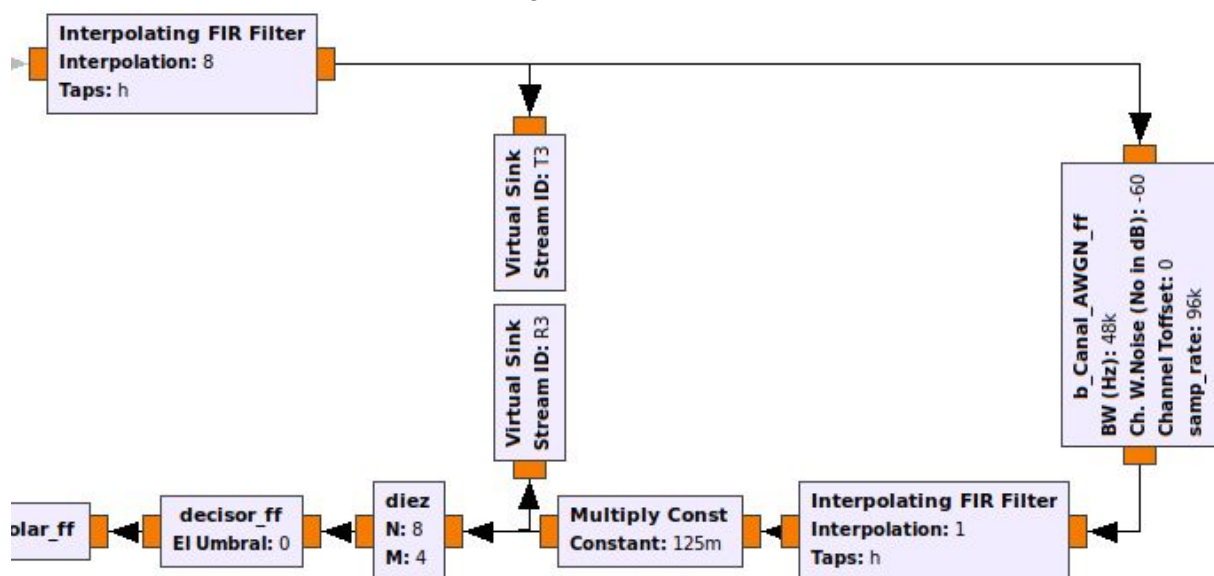


Fig. 3. El Interpolation FIR Filter, usado como Formador de Pulsos en la parte transmisora y como Filtro de Acoplamiento en la parte receptora

- e. Como resultado de lo anterior, se tienen dos Filtros idénticos en serie intermediados solo por el canal. Está demostrado que esa solución atenúa de la manera más óptima posible la influencia del ruido blanco. Pero hay un problema: estamos echando a perder la ventaja para la cual ha sido concebido un Formador de Pulsos como el del Coseno Alzado - garantizar que haya, en cada pulso, un instante libre de ISI. Esa es la razón por la cual, si queremos que los dos filtros en serie equivalgan a un Filtro Coseno Alzado (RC) necesitamos usar Filtros RRC (Root Raised Cosine).
- f. Por lo anterior, solo debemos probar dos opciones:
 - i. el uso un Filtro RRC para formar pulsos y uno como acoplamiento, teniendo en cuenta que el conjunto de los dos equivale a un solo Filtro RC. No olvide activar para ello lo que sea necesario para que
$$h = wform.rrcos(Sps, ntaps, Rolloff)$$
 - ii. el uso del formador de pulsos rectangulares y otro similar para el acoplamiento. teniendo en cuenta que el conjunto de los dos equivale a formas triangulares.
- g. Realice las pruebas para llegar la siguiente tabla (NO OLVIDE APLICAR EN CADA INTENTO EL TIMING MANUAL YA ESTUDIADO)

Nota: pase la tabla para la hoja de respuestas		
Tipo de Filtro		Nivel de ruido crítico
El caso de los pulsos rectangulares		
Coseno Alzado implementado mediante dos Filtros RRC en serie (el formador y el de acoplamiento)	Rolloff = 1	
	Rolloff = 0.2	

3. Con los resultados obtenidos y/o haciendo pruebas adicionales, basado en resultados experimentales, responda las las preguntas de la siguiente tabla:

Nota: pase la tabla para la hoja de respuestas	
Pregunta	Respuesta y gráfica demostrativa
¿Podemos afirmar que el Filtro RRC como formador en la parte transmisora y el Filtro RRC como acoplamiento en la parte receptora funcionan como un RC en términos de garantizar un instante libre de ISI? NOTA: esta observación debe ser realizada sin presencia de ruido o con un ruido muy bajo, por ejemplo -180 dB o bien deshabilitando el canal.	
¿El uso de un Filtro de acoplamiento mejora la calidad del sistema de comunicaciones, para que haya menos pérdidas de bits en presencia de ruido?	
Con el uso del Filtro RRC en el transmisor se produce alguna alteración en el ancho de banda necesario para la señal que pasa por el canal con respecto al uso del Filtro RC en el transmisor?	
¿Cual de las dos soluciones estudiadas en el punto 2.f) considera Ud mejor y por qué? Si su respuesta es: "depende", explique de qué "depende".	

Informe de resultados

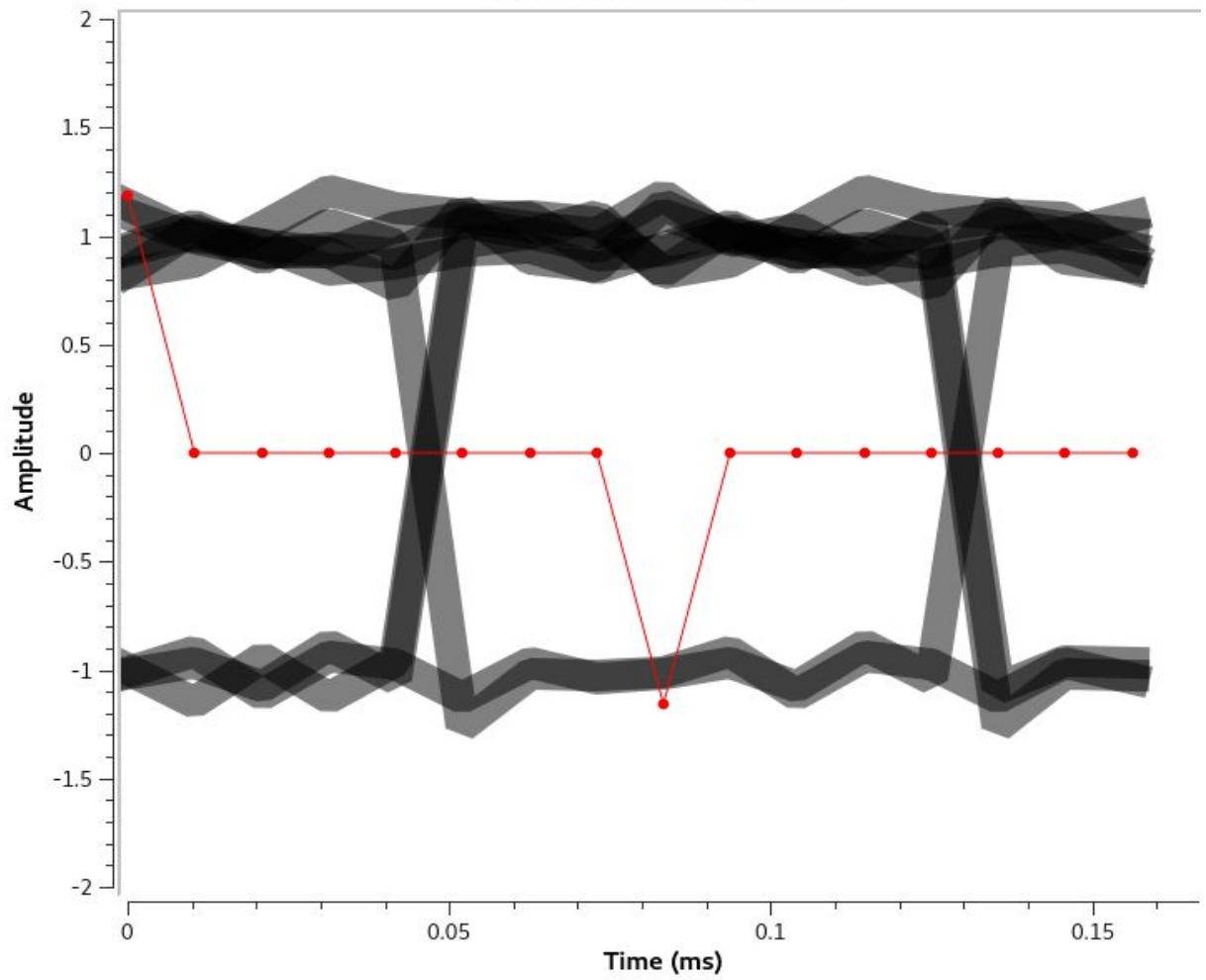
Desarrollo del Objetivo 1. Presente a continuación los resultados del objetivo 1.

Este primer objetivo es observar **cómo el correcto muestreo de la señal puede hacer robusta al nivel de ruido la recepción de datos**. Para esto se utilizará un formador de onda con pulsos rectangulares y de coseno alzado. Se desea **despreciar la influencia del ancho de banda del canal**, así que para una rata de bits transmitidos de 12 [kbps], se utilizará un canal de **48 [kHz] (4 veces Rb)**.

A continuación se mostrará en el diagrama de ojo de la señal generada con pulsos rectangulares y coseno alzado el punto o instante de muestreo (rojo) (**Noise = -60 dB**):

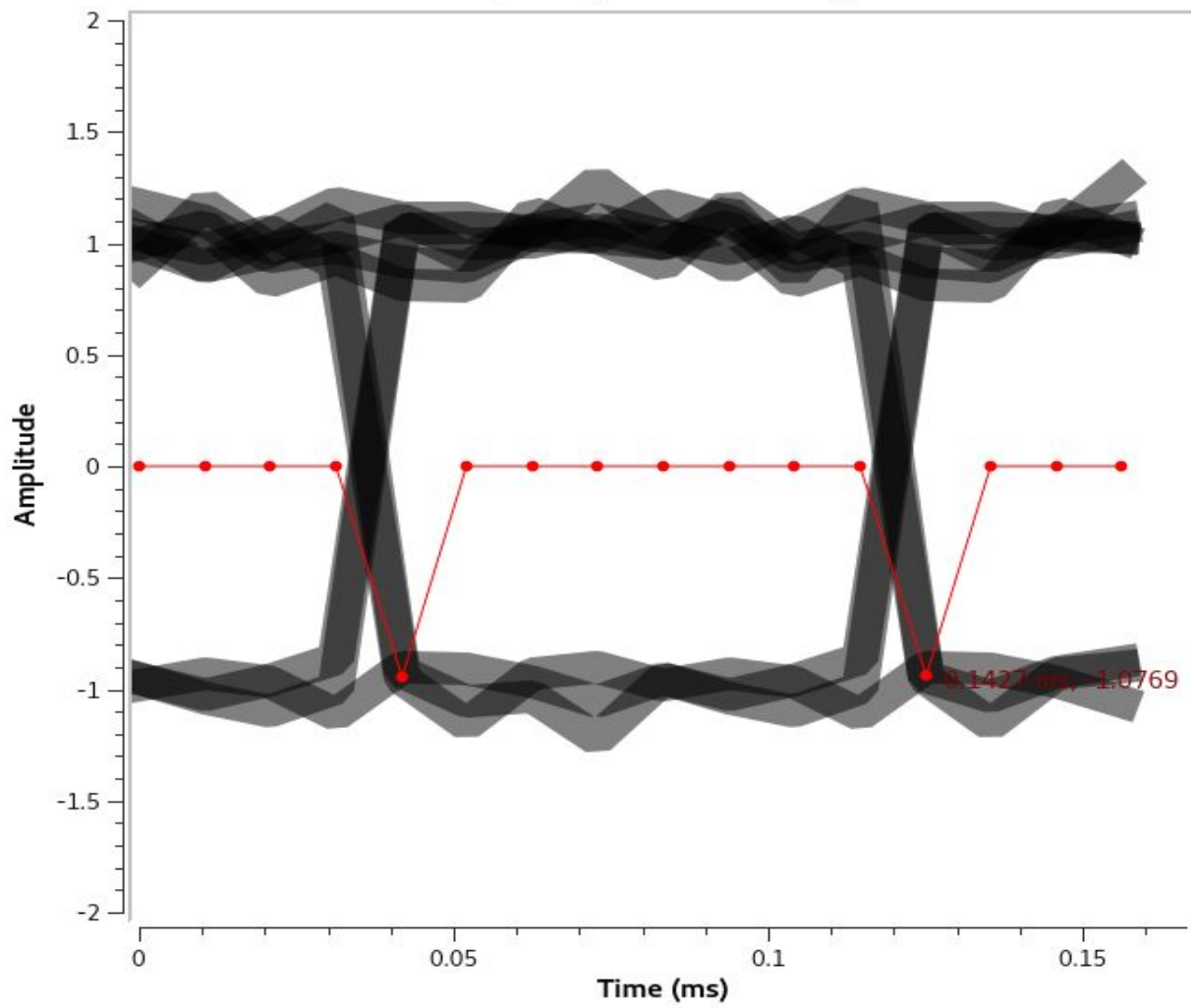
- ❖ **Formador de pulsos rectangulares:**
 - **Correcto:**

Eye Diagram and Timing



➤ Desviado:

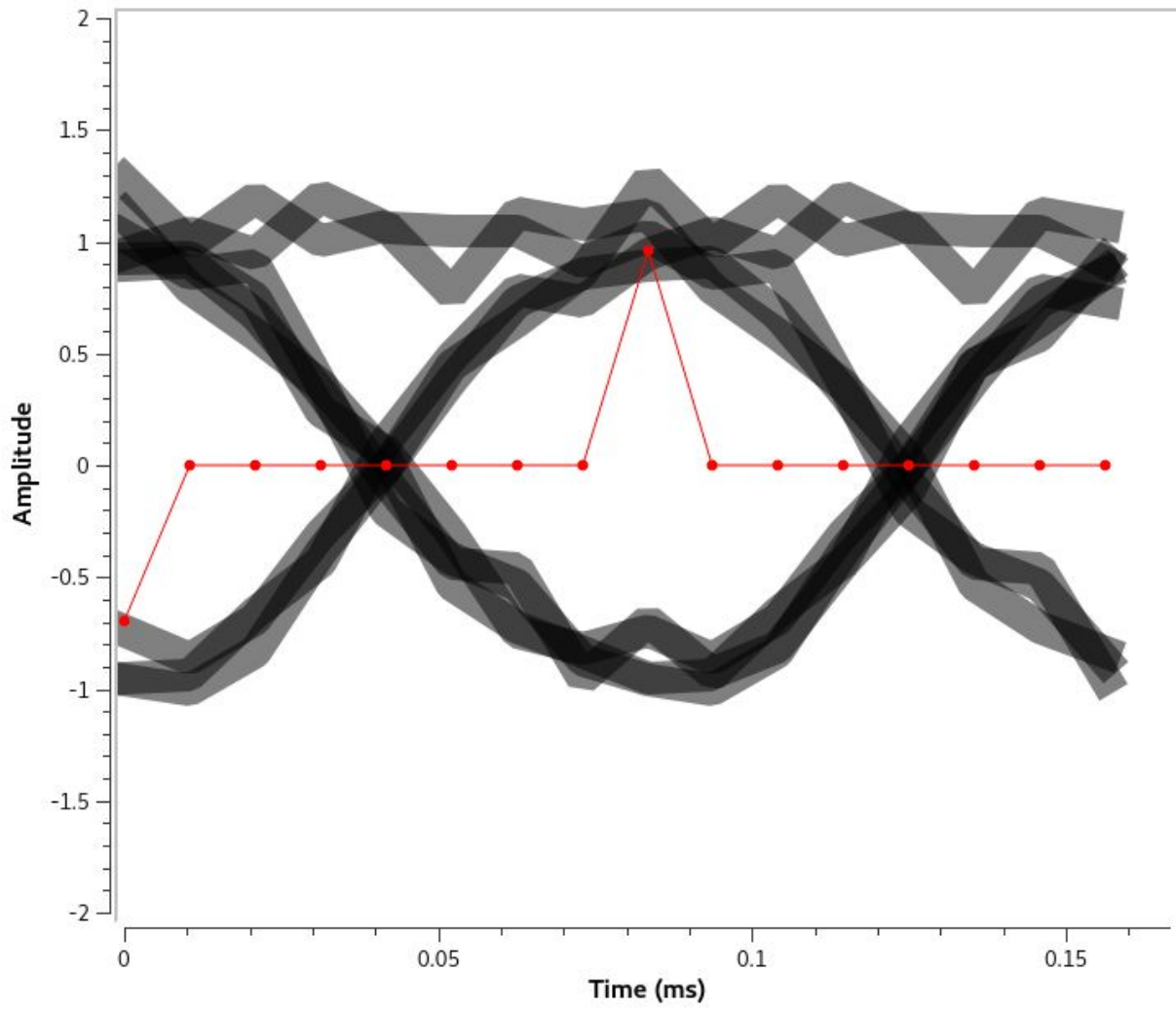
Eye Diagram and Timing



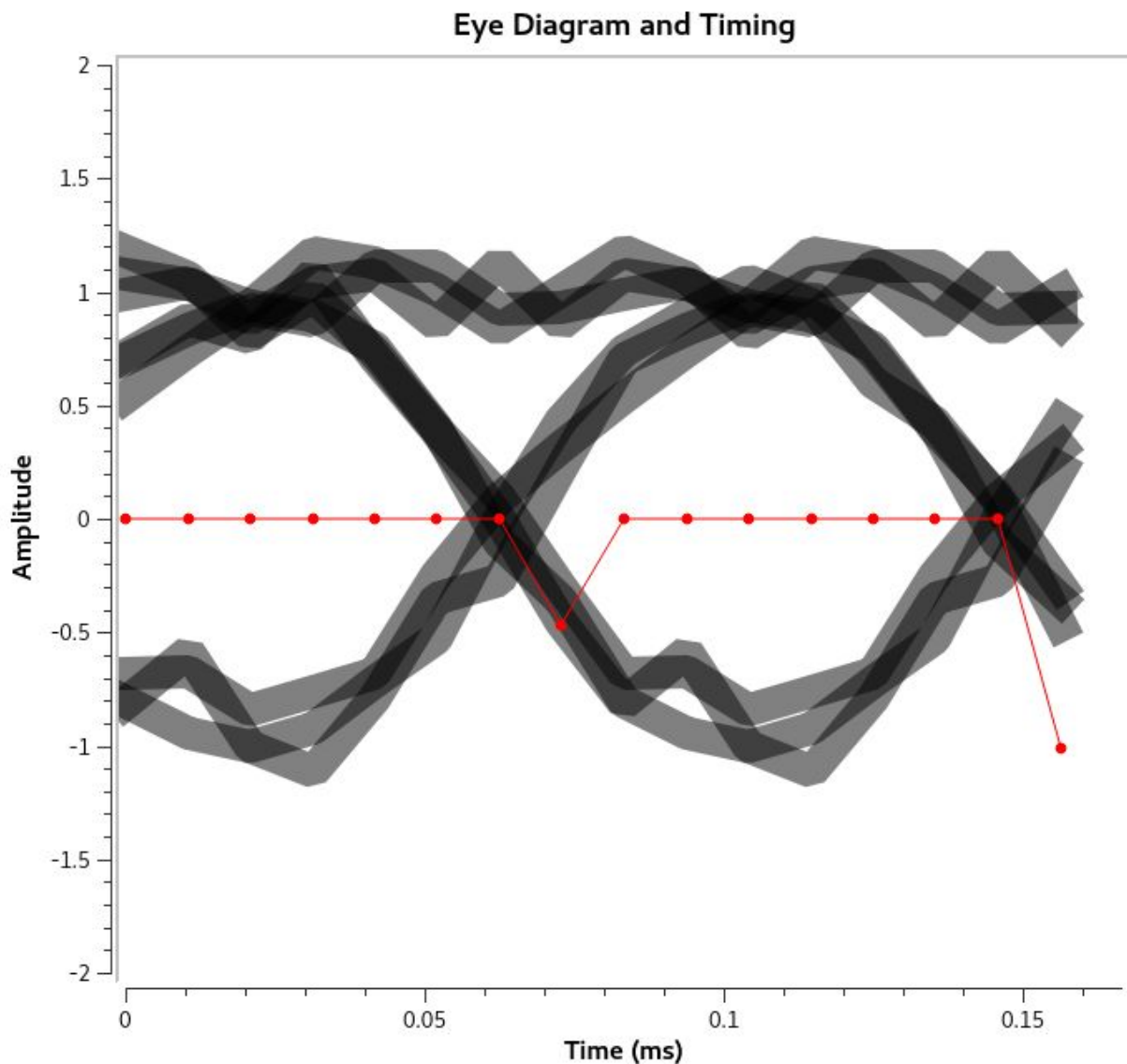
❖ Formador de coseno alzado:

➤ Correcto:

Eye Diagram and Timing



➤ Desviado:



En este punto, con un ruido de **-60 dB**, la información transmitida es igual a la información recibida, para ambos casos tanto con el timing de muestreo desviado como con el correcto. A partir de aquí se incrementará el ruido, hasta que se encuentre el nivel de ruido crítico en el que la información transmitida comienza a diferir de la recibida (comienzan a aparecer bits perdidos).

Estos resultados se condensan en la siguiente tabla, donde se registrará el nivel de ruido crítico para cada uno de los casos de formación pulsos (rectangular y coseno alzado con dos factores de Rolloff extremos) , cuando se usa el timing desviado y el timing correcto:

Tipo de Filtro		Nivel de ruido crítico	
		Timing desviado	Timing correcto
Formador de pulsos rectangulares		-48 dB	-48 dB
Coseno Alzado	Rolloff 1	-57 dB	-45 dB
	Rolloff 0.2	-60 dB	-48 dB

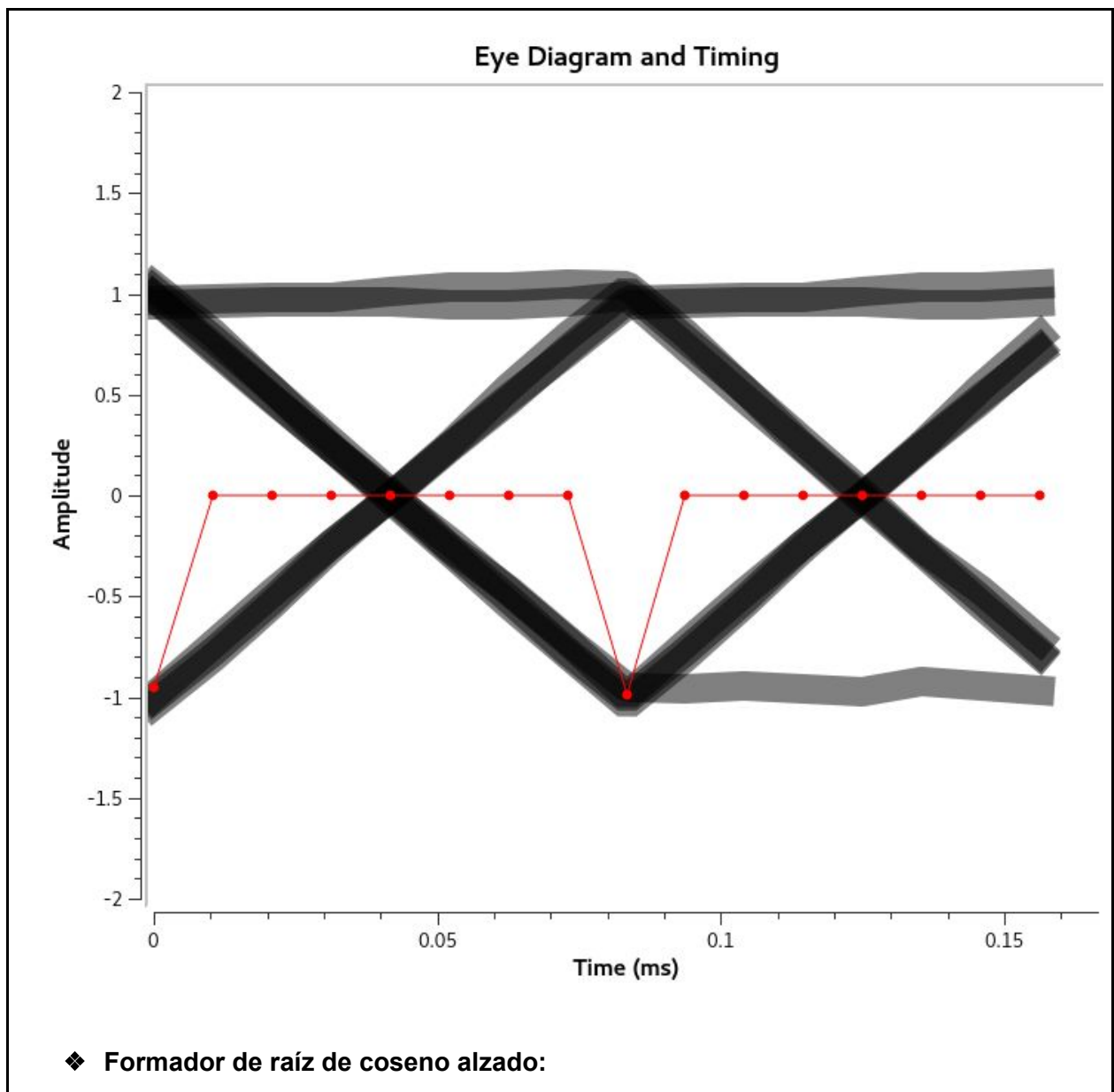
De este ejercicio se puede concluir que para el formador de pulsos rectangulares no es tan influenciado el instante de muestreo, dada su misma forma rectangular. Por otra parte para el formador de pulsos de coseno alzado llega a tener una diferencia de hasta 12 dB entre usar un timing correcto o uno desviado.

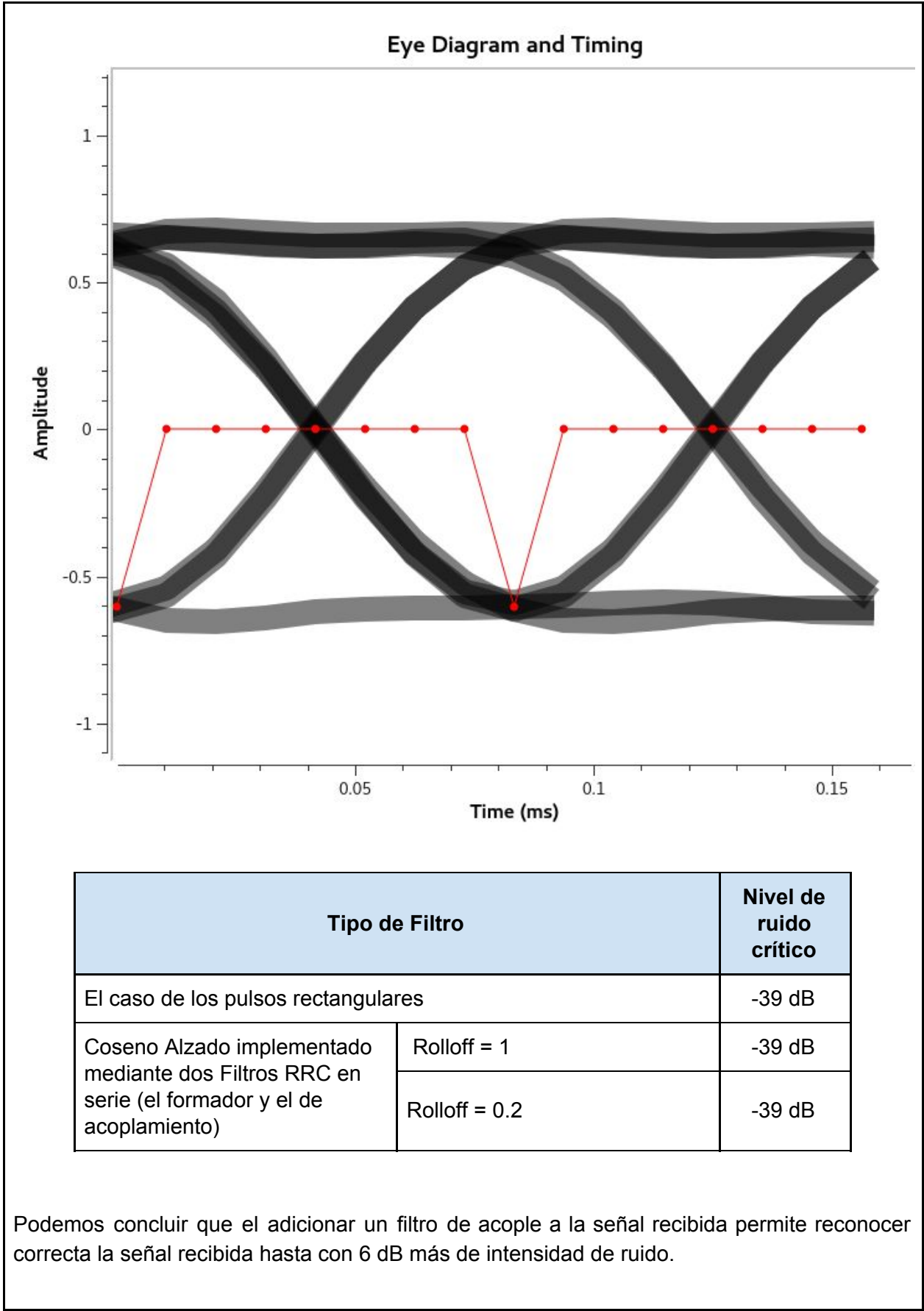
Desarrollo del Objetivo 2. Presente a continuación los resultados del objetivo 2.

Ahora, se añadirá un filtro de acople al receptor y se repetirá el proceso del objetivo anterior con un timing correcto. con esto, este segundo objetivo consiste en **observar la influencia de un filtro de acople en la robustez al ruido de la recepción.**

A continuación se muestra la señal recibida, luego de pasar por el filtro de acople:

❖ Formador de pulsos rectangulares:





Desarrollo del Objetivo 3. Presente a continuación los resultados del objetivo 3.

Pregunta	Respuesta y gráfica demostrativa
¿Podemos afirmar que el Filtro RRC como formador en la parte transmisora y el Filtro RRC como acoplamiento en la parte receptora funcionan como un RC en términos de garantizar un instante libre de ISI? NOTA: esta observación debe ser realizada sin presencia de ruido o con un ruido muy bajo, por ejemplo -180 dB o bien deshabilitando el canal.	Si, ya que como los filtros se pueden modelar como sistemas LTI, el tener los dos filtros RRC en cascada es equivalente a tener un único filtro RC, ya que en frecuencia, la respuesta al impulso del filtro RC es igual al cuadrado de la respuesta al impulso del filtro RRC. Además, el filtro de coseno alzado tiene la ventaja de tener, en el tiempo, lóbulos secundarios de menor amplitud y acentuándose más rápidamente, haciendo que haya más pasos por cero, lo que garantiza instantes libres de ISI.
¿El uso de un Filtro de acoplamiento mejora la calidad del sistema de comunicaciones, para que haya menos pérdidas de bits en presencia de ruido?	Si, ya que la señal recibida está distorsionada por los efectos del canal por el que viajó. Implementando un filtro de acoplamiento a la recepción hace que la señal se reconstruya parcialmente, permitiendo minimizar los efectos del ruido y maximizar la SNR. Es por esto que se usa el filtro de acoplamiento quien si mejor la calidad del sistema.
Con el uso del Filtro RRC en el transmisor se produce alguna alteración en el ancho de banda necesario para la señal que pasa por el canal con respecto al uso del Filtro RC en el transmisor?	No. La distorsión en frecuencia entre la respuesta al impulso del filtro RC y RRC no varía el ancho de banda, ya que la operación de transformación es la raíz cuadrada.
¿Cual de las dos soluciones estudiadas en el punto 2.f) considera Ud mejor y por qué? Si su respuesta es: "depende", explique de qué "depende".	El filtro de pulsos de raíz de coseno alzado, ya que si bien ambos filtros parecen presentar la misma robustez al ruido, la forma "curva" o "circular" del ojo del filtro de coseno alzado permite cierto error adicional a la hora de asegurar el timing de muestreo frente al filtro de pulsos rectangulares que al

	ser un triángulo, permite menos error a la hora de sincronizar el muestreo.
--	---