

Nombre y apellidos:

DNI:

Lea con detenimiento los enunciados. Si tiene cualquier duda consulte al profesor. Todas las respuestas deben razonarse y en los problemas debe incluirse el desarrollo necesario para obtener la solución. **No se puntuarán las respuestas no justificadas.** La duración del examen es de **3 horas**. Está prohibido el uso de apuntes y terminales móviles.

El modelo *Leonardo III*TM de la compañía *Renaissance Electronics Corporation* es un transceptor inalámbrico que puede proporcionar conexión a internet (datos, video y voz) en el rango de 3.5 GHz según el estándar LMDS (Sistema de Distribución Local Multipunto). En la hoja adjunta puede ver un resumen de las características del transceptor, según el fabricante, que utilizará para completar el diseño del diagrama de bloques de la Figura 1.

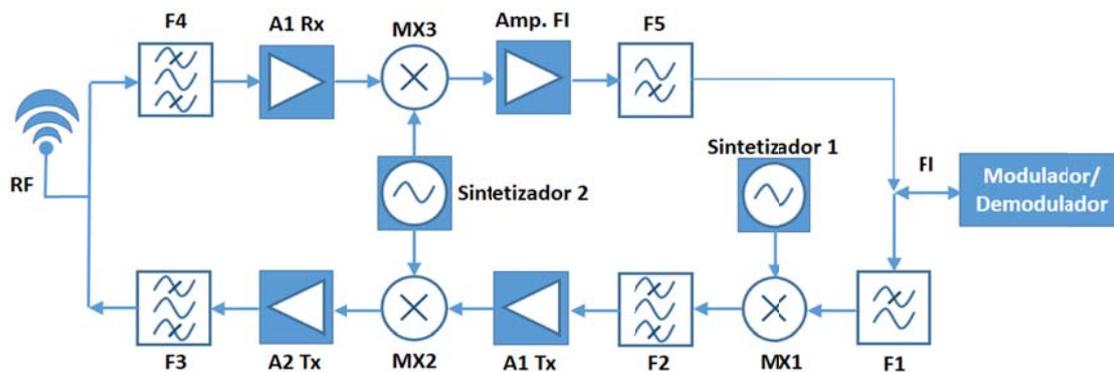


Figura 1. Diagrama de bloques del modelo Leonardo III

Utilizando dicho transceptor, la compañía *Olea Communications Ltd.* se plantea iniciar su andadura captando clientes en Alhaurin de la Torre (Málaga). En la primera semana los comerciales han conseguido 3 clientes que pretenden instalar el sistema *Leonardo III*TM en sus hogares. En la Tabla 1 pueden verse las distancias de cada cliente a la estación base LMDS.

Cliente	Distancia a la estación	Ganancia opción 1	Ganancia opción 2
1	2.63 Km	19 dBi	17.5 dBi
2	1.26 Km	17.5 dBi	19 dBi
3	1.75 Km	18 dBi	18 dBi

Tabla 1

La estación base dispone de tecnología MIMO para las antenas, con la cual pueden configurar dos opciones diferentes para los radioenlaces, variando la ganancia de la antena en la dirección de cada cliente (ver Tabla 1). Por otro lado, los clientes 1 y 2 instalan antenas de alta ganancia (17 dBi) mientras que el cliente 3 prefiere instalar una antena de tan solo 15 dBi.

Debido a que la zona suele tener buen tiempo y a que las pérdidas por lluvia o nieve son muy bajas a 3.5 GHz, se considerarán tan solo las pérdidas en espacio libre: $(\lambda/4\pi r)^2$.

1. Si la potencia entregada a la antena en la estación base es de 100 mW y el transceptor *Leonardo IIITM* necesita, según la hoja de características, como mínimo -80 dBm para funcionar correctamente, justifique la viabilidad de las tres conexiones desde la estación base hacia el cliente. ¿Cuál es la PIRE de cada radioenlace según la opción escogida? (2 p.).
2. Diseñe los parámetros del transceptor del esquema (Figura 1) para uno de los clientes (2 p.):
 - a. Elija las frecuencias de transmisión y recepción de los rangos testeados por el fabricante y sus correspondientes frecuencias intermedias.
 - b. Decida, según la elección hecha, qué frecuencias tienen que sintetizar los dos osciladores (considere que para transmitir y recibir al mismo tiempo, esto es, configuración full-duplex, el sintetizador 2 generará la misma señal para ambas líneas).
 - c. Determine, para cada convertidor de frecuencia, si realizan conversión hacia arriba o hacia abajo. Justifique su respuesta.
 - d. Especifique las frecuencias de las bandas imagen a la entrada de cada convertidor de frecuencia. Justifique su respuesta.
 - e. Determine qué frecuencias de corte podrían tener los 5 filtros pasivos del esquema considerando que el ancho de banda relativo tiene que ser mayor del 1%. Los filtros deben evitar también que la señal de transmisión se propague en la línea de recepción y viceversa. Justifique los valores elegidos.
 - f. ¿Por qué hace falta un filtro paso alto tras el amplificador de FI de la cadena receptora? ¿Qué función realiza el filtro paso bajo de la cadena emisora?
3. Realice el diseño de los dos sintetizadores del transceptor de la Figura 1. Deberá dibujar un diagrama de bloques y especificar los valores concretos para el oscilador de referencia y los factores de división de los divisores. Si no ha resuelto el apartado anterior considere que $f_{OL1} = 270$ MHz y $f_{OL2} = 3.12$ GHz. ¿En cuántos decibelios se incrementa la componente del ruido de fase del oscilador de referencia por la introducción de los divisores? (1 p.).
4. Diseño de los amplificadores. Considere que los mezcladores tienen ganancias de 6 dB y los filtros pérdidas de 0.5 dB (3 p.):
 - a. Diseñe las ganancias de los amplificadores y sus márgenes dinámicos para cumplir la especificación de potencia de salida en la antena. A la hora de adquirir los amplificadores, ¿cuál debería ser el punto de compresión de 1 dB de cada uno de ellos? ¿Qué ocurriría si la antena no fuese una carga de 50 Ω ? ¿Qué medidas ha tomado el diseñador del modelo *Leonardo IIITM* para evitar que la señal de los sintetizadores afecten negativamente al transceptor?
 - b. Diseñe los valores de las ganancias y de los márgenes dinámicos de los amplificadores de la cadena receptora. Realice un diseño orientado a minimizar el ruido. De los modelos disponibles, la amplificación mínima para un amplificador es de 5 dB.
5. Determine, de forma genérica, la temperatura equivalente de ruido del transceptor. Considerando que la temperatura equivalente de ruido del primer filtro es T_0 (siendo T_0 la temperatura ambiente de referencia), determine cuál debería ser el factor de ruido del primer amplificador para cumplir con la especificación de ruido del fabricante (2 p.).

TRANSCEPTOR INALÁMBRICO PARA DATOS, VIDEO Y VOZ A 3.5 GHz

El transceptor inalámbrico a 3.5 GHz de Renaissance proporciona transferencia de datos bidireccional a alta velocidad mediante la conversión en frecuencia hacia arriba y hacia abajo entre las señales de radiofrecuencia y de frecuencia intermedia. Este dispositivo cumple el estándar DOCSIS y está diseñado para ajustarse a planes de frecuencia específicos del cliente con simples intercambios de componentes. El transceptor es capaz de entregar una potencia de salida de 25 dBm a una antena de 50 ohmios de impedancia de entrada, y una potencia de -30 dBm a frecuencia intermedia a un conector de 75 ohmios. El transceptor está ideado para aplicaciones punto a punto y punto a multipunto, incluyendo: televisión interactiva, acceso a internet de alta velocidad o voz IP.



THE LEONARDO III™

CARACTERÍSTICAS

- Alta tasa de transferencia de datos
- Canales de Tx y Rx seleccionables
- Conversores de frecuencia con filtros de rechazo al oscilador local
- Reducción de ruido y espúreos
- 16 QAM/QPSK (Tx); 64 QAM (Rx)
- Posibilidad de integrar antena monolítica de alta ganancia
- Despliegue servicios inalámbricos en días en vez de meses

ESPECIFICACIÓN TRANSMISIÓN RECEPCIÓN

ESPECIFICACIÓN	TRANSMISIÓN	RECEPCIÓN
Rango RF	3300 - 3700 MHz	3300 - 3700 MHz
Rango FI	5 - 55 MHz	410 - 430 MHz
DATOS TESTEADOS		
RF comprobado	3424-3444 MHz	3518-3552 MHz
FI comprobado	36 - 52 MHz	420 MHz
Impedancia de salida	N type, 50 Ohms	F type, 75 Ohms
P1dB	28 dBm	-20 dBm
Ganancia lineal	45 dB	35 dB
Ancho de banda del canal	6 MHz	6 MHz
Rizado de ganancia	<1 dB	<1 dB
Estabilidad frec. (-30 - 70 °C)	+/-3.5 kHz	+/-3.5 kHz
Figura de ruido	N/A	5.5 dB
Power Blanking	yes	N/A
Potencia de entrada	-25 to -30 dBm	-50 to -80 dBm
Ruido de fase del OL		
1 kHz	-80 dBc	-70 dBc
10 kHz	-85 dBc	-83 dBc
100 kHz	-114 dBc	-112 dBc
Espúreos	-55 dBc	-45 dBc
Armónicos de tercer orden	-60 dBc	
REQUISITOS DE FUNCIONAMIENTO		
DC Bias	15 to 40 VDC	
Corriente	1 A @ 15 V	
Temperatura de funcionamiento	-30 to +70 °C	