

# Índice general

---

Prólogo . . . . .	I
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Los sistemas inalámbricos modernos . . . . .	1
1.2. Breve reseña histórica . . . . .	3
1.3. Canales de Radio . . . . .	8
1.3.1. El canal de propagación . . . . .	8
1.3.2. El canal de radio . . . . .	8
1.3.3. El canal de modulación . . . . .	8
1.3.4. El canal digital . . . . .	9
1.4. Bandas de frecuencia . . . . .	9
<b>2. Antenas</b>	<b>15</b>
2.1. Introducción . . . . .	15
2.2. Radiación de un elemento de corriente . . . . .	16
2.3. Parámetros de la antena . . . . .	19
2.3.1. Patrón de radiación . . . . .	19
2.3.2. Ganancia directiva, directividad y ganancia de una antena . . . . .	20
2.3.3. Resistencia de radiación . . . . .	23
2.3.4. Ancho del haz a 3 dB . . . . .	23
2.4. Otros dipolos lineales. Dipolo de $\lambda/2$ . . . . .	24
2.4.1. Dipolo corto real . . . . .	24
2.4.2. Dipolo de $\lambda/2$ . . . . .	25
2.4.3. Dipolo de longitud arbitraria $\ell$ . . . . .	29
2.4.4. Radiación de una espira de corriente . . . . .	30
2.5. Antenas en recepción . . . . .	31
2.5.1. Igualdad de los patrones direccionales . . . . .	32
2.5.2. Igualdad de las impedancias de antena en transmisión y en recepción . . . . .	34
2.5.3. Igualdad de las longitudes efectivas . . . . .	34
2.5.4. Polarización . . . . .	35
2.5.5. Área efectiva . . . . .	36
2.6. Impedancia de una antena . . . . .	36

2.6.1.	Circuito equivalente de una antena . . . . .	37
2.6.2.	La antena como línea de transmisión . . . . .	39
2.7.	Arrays lineales . . . . .	41
2.7.1.	Multiplicación de patrones . . . . .	43
2.8.	Antenas próximas al suelo . . . . .	44
2.8.1.	Monopolo de $\lambda/4$ . . . . .	47
2.8.2.	Transmisión en presencia de un plano conductor . . . . .	47
2.9.	Antenas prácticas . . . . .	49
2.9.1.	Baluns . . . . .	49
2.9.2.	Dipolo doble . . . . .	49
2.9.3.	Antenas para VHF . . . . .	51
2.9.4.	Antenas para UHF y SHF . . . . .	52
2.10.	Fórmula de transmisión de Friis . . . . .	55
2.10.1.	Ecuación radar . . . . .	56
<b>3.</b>	<b>Subsistemas de radio</b> . . . . .	<b>61</b>
3.1.	Circuitos básicos . . . . .	61
3.1.1.	Circuitos adaptadores de impedancia . . . . .	61
3.1.2.	Filtros . . . . .	63
3.2.	Amplificadores . . . . .	66
3.3.	Osciladores y sintetizadores . . . . .	73
3.3.1.	Sintetizadores con PLL . . . . .	76
3.4.	Mezcladores . . . . .	79
3.4.1.	Especificaciones de un mezclador . . . . .	81
3.4.2.	Problemas inherentes a un mezclador en un receptor . . . . .	82
3.4.3.	Circuitos mezcladores . . . . .	83
3.4.4.	Multiplicadores de frecuencia . . . . .	86
3.5.	Moduladores y demoduladores . . . . .	87
3.5.1.	Moduladores de amplitud (AM) . . . . .	88
3.5.2.	Moduladores de ángulo . . . . .	92
3.5.3.	Modulación de fase (PM) . . . . .	93
3.5.4.	Modulación de frecuencia (FM) . . . . .	93
3.6.	Receptores integrados . . . . .	98
<b>4.</b>	<b>Ruido</b> . . . . .	<b>103</b>
4.1.	Introducción . . . . .	103
4.2.	Ruido térmico . . . . .	104
4.3.	Ruido en antenas receptoras . . . . .	107
4.4.	Ruido en diodos y transistores . . . . .	109
4.4.1.	Temperatura efectiva de ruido . . . . .	110
4.4.2.	Factor de ruido . . . . .	112
4.4.3.	Relación entre la temperatura efectiva de ruido y el factor de ruido	112

4.4.4.	Factor de ruido de varias redes en cascada . . . . .	113
4.4.5.	Optimización del ruido de un amplificador . . . . .	115
4.4.6.	Temperatura de ruido de un sistema . . . . .	116
4.5.	Ruido en osciladores y mezcladores . . . . .	118
4.5.1.	Ruido en osciladores . . . . .	118
4.5.2.	Ruido en mezcladores . . . . .	120
4.6.	Detección de una señal en presencia de ruido . . . . .	122
4.6.1.	Detección de una señal sinusoidal en presencia de ruido gaussiano . . . . .	125
4.7.	Ruido en receptores . . . . .	127
4.7.1.	Receptores de AM . . . . .	127
4.7.2.	Receptores de FM . . . . .	130
4.7.3.	Pre-énfasis y de-énfasis en FM . . . . .	133
<b>5.</b>	<b>Radio digital</b> . . . . .	<b>137</b>
5.1.	Introducción a la Modulación Digital . . . . .	137
5.1.1.	Codificación de fuente . . . . .	138
5.1.2.	Codificación de canal . . . . .	140
5.1.3.	Señales de control y acceso múltiple por división en tiempo (TD-MA) . . . . .	140
5.2.	Modulación lineal sin memoria . . . . .	141
5.2.1.	Representación de señales moduladas digitalmente . . . . .	141
5.2.2.	Espectro de la señal de radio digital . . . . .	143
5.2.3.	Conformado del pulso . . . . .	144
5.2.4.	Modulación QPSK . . . . .	146
5.2.5.	Modulación M-QAM . . . . .	149
5.2.6.	Receptor de radio digital para señales sin memoria . . . . .	153
5.3.	Modulación GMSK . . . . .	154
5.3.1.	Modulación MSK . . . . .	156
5.3.2.	Modulación GMSK . . . . .	156
5.3.3.	Receptor para señales GMSK . . . . .	160
5.4.	Otras Técnicas de Modulación . . . . .	162
5.4.1.	Modulación OQPSK . . . . .	162
5.4.2.	Modulación $\pi/4$ -DQPSK . . . . .	162
5.5.	Sensibilidad de un receptor digital . . . . .	164
<b>6.</b>	<b>Transmisores y receptores</b> . . . . .	<b>169</b>
6.1.	Introducción . . . . .	169
6.2.	Características del transmisor . . . . .	169
6.2.1.	Características del transmisor en radiofrecuencia . . . . .	170
6.2.2.	Características del transmisor en audiofrecuencia (o calidad del servicio) . . . . .	172
6.3.	Características del receptor . . . . .	174

6.3.1.	Características del receptor en radiofrecuencia . . . . .	174
6.3.2.	Características del receptor en audiofrecuencia (o calidad del servicio o de la recepción) . . . . .	178
6.4.	Respuestas espurias . . . . .	179
6.5.	Características de los Transceptores Digitales Modernos . . . . .	180
6.5.1.	Características de los transmisores digitales . . . . .	181
6.5.2.	Características de los receptores digitales . . . . .	185
6.6.	Ejemplo de transmisor y receptor . . . . .	187