

COMUNICACIONES ANALOGICAS

Juan A. Fernández Rubio

Mayo 1999

TEMA I.- SISTEMAS LINEALES

I.1.- INTRODUCCION : SEÑALES Y SISTEMAS	1
I.1.1.- SEÑALES	1
I.1.2.- SISTEMAS	2
I.1.2.1.- INTERCONEXION DE SISTEMAS	3
I.1.2.2.- SISTEMAS LINEALES	5
I.1.2.3.- SISTEMAS INVARIANTES	5
I.1.2.4.- CAUSALIDAD	6
I.1.2.5.- ESTABILIDAD	7
I.2.- CARACTERIZACION DE SISTEMAS LINEALES	7
I.2.1.- ECUACIONES DIFERENCIALES LINEALES	7
I.2.2.- RESPUESTA IMPULSIONAL	11
I.2.3.- INTEGRAL DE CONVOLUCION	14
I.2.3.1.- PROPIEDADES DE LA CONVOLUCION	17
I.2.3.2.- CAUSALIDAD	23
I.2.3.3.- ESTABILIDAD	23
I.2.4.- DETERMINACION DE LA RESPUESTA AL IMPULSO	24
I.2.5.- RESPUESTA AL ESCALON UNIDAD	26
I.2.6.- SINTESIS DE SISTEMAS	27
I.3.- AUTOFUNCIONES DE LA ECUACION DE CONVOLUCION	27
I.3.1.- TRANSFORMADA DE FOURIER	28
I.3.2.- UTILIZACION DE LAS TRANSFORMADAS DE LAPLACE Y FOURIER	28
I.3.3.- FORMULA DE INVERSION	29
I.3.4.- TEOREMA DE CONVOLUCION	31
I.3.5.- EJEMPLOS DE TRANSFORMADAS DE FOURIER	32
I.3.6.- INTERPRETACION DE LA TRANSFORMADA DE FOURIER	35
I.3.7.- CONDICIONES DE EXISTENCIA DE LA TRANSFORMADA DE FOURIER	35
I.3.8.- PROPIEDADES DE LA TRANSFORMADA DE FOURIER	37
I.3.8.1.- TRANSFORMADA DE UNA SEÑAL REAL	37
I.3.8.2.- TRANSFORMADA DE UNA SEÑAL IMAGINARIA PURA	38
I.3.8.3.- FUNCION REAL PAR	38
I.3.8.4.- FUNCION REAL IMPAR	38
I.3.8.5.- FUNCION REAL GENERAL	38
I.3.8.6.- TEOREMA DE DUALIDAD	39
I.3.8.7.- CAMBIO DE ESCALA TEMPORAL Y FRECUENCIAL	42
I.3.8.8.- RETARDO TEMPORAL	43
I.3.8.9.- DESPLAZAMIENTO FRECUENCIAL. MODULACION	44
I.3.8.10.- DIFERENCIACION	45
I.3.8.11.- INTEGRACION	46
I.3.8.12.- CONVOLUCION EN FRECUENCIA	49
I.3.9.- VENTANAS	50
I.3.9.1.- VENTANAS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO	50
I.3.9.2.- VENTANAS EN FRECUENCIA. FENOMENO DE GIBBS	52

TEMA II.- SEÑALES PERIODICAS

II.1.- REPRESENTACION DE SEÑALES PERIODICAS	1
II.2.- TRANSFORMADA DE FOURIER DE UNA SEÑAL PERIODICA	3
II.2.1.- TRANSFORMADA DEL TREN DE IMPULSOS	5
II.2.2.- TRANSFORMADA DE LA SEÑAL PERIODICA	6
II.3.- SERIES DE FOURIER	6
II.3.1.- REPRESENTACION GRAFICA DE LA TRANSFORMADA DE FOURIER DE UNA SEÑAL PERIODICA	7
II.3.2.- FORMULA DE POISSON	8
II.4.- SEÑALES PERIODICAS A TRAVES DE SISTEMAS LINEALES	10
II.5.- REPRESENTACION DE SEÑALES NO PERIODICAS MEDIANTE DESARROLLO EN SERIE DE FOURIER	15
II.6.- SEÑALES PERIODICAS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA	16
II.6.1.- MUESTREO DE SEÑALES Y TEOREMA DE NYQUIST	18

TEMA III.- CORRELACION Y ESPECTRO

III.1.- ENERGIA DE UNA SEÑAL	1
III.2.- ENERGIA CRUZADA	2
III.3.- FORMULA DE PARSEVAL PARA ENERGIA CRUZADA	2
III.4.- FORMULA DE PARSEVAL PARA ENERGIA	3
III.5.- SEÑALES DE POTENCIA MEDIA FINITA	4
III.6.- POTENCIA MEDIA PARA SEÑALES PERIODICAS	5
III.7.- TIPOS DE SEÑALES	6
III.8.- ESPECTRO DE POTENCIA DE SEÑALES DE POTENCIA MEDIA FINITA	7
III.8.1.- SEÑALES PERIODICAS	9
III.9.- FORMULA DE PARSEVAL PARA SEÑALES PERIODICAS	10
III.10.- MEDIDA DE PARECIDO O DISTANCIA	11
III.11.- CORRELACION CRUZADA Y ESPECTRO CRUZADO	13
III.12.- FUNCION DE AUTOCORRELACION	13
III.13 CORRELACION Y ESPECTRO DE SEÑALES DE ENERGIA FINITA A TRAVES DE SISTEMAS LINEALES	14
III.14.- CORRELACION CRUZADA DE SEÑALES DE POTENCIA MEDIA FINITA	15
III.15.- FUNCION DE AUTOCORRELACION DE SEÑALES DE POTENCIA MEDIA FINITA	16
III.16.- CORRELACION CRUZADA DE SINUSOIDES	17
III.17.- CORRELACION DE SEÑALES PERIODICAS	18
III.18.- ESPECTRO CRUZADO DE SEÑALES PERIODICAS	19
III.19.- AUTOESPECTRO DE SEÑALES PERIODICAS	19
III.20.- CORRELACION Y ESPECTRO DE SEÑALES DE POTENCIA MEDIA FINITA A TRAVES DE SISTEMAS LINEALES	20

TEMA IV.- SEÑALES ALEATORIAS Y RUIDO

IV.1.- CARACTERIZACION DE SEÑALES ALEATORIAS	1
IV.2.- FUNCIONES DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD DE UN PROCESO ALEATORIO	2
IV.3.- VALOR MEDIO DEL PROCESO	3
IV.4.- AUTOCORRELACION	3
IV.5.- AUTOCOVARIANZA	3
IV.6.- VALOR MEDIO Y AUTOCORRELACION EN FUNCION DE LAS REALIZACIONES DEL PROCESO	5
IV.7.- PROCESOS COMPLEJOS	5
IV.8.- PROCESOS ESTACIONARIOS EN SENTIDO ESTRICTO	6
IV.9.- PROCESOS ESTACIONARIOS EN SENTIDO AMPLIO O DEBILMENTE ESTACIONARIOS	7
IV.10.- ESPECTRO DE POTENCIA DE UN PROCESO ESTACIONARIO	7
IV.11.- PROCESOS ESTACIONARIOS Y SISTEMAS LINEALES	8
IV.12.- PROCESOS ERGODICOS	10
IV.13.- RUIDO TERMICO	11
IV.14.- RUIDO BLANCO GAUSSIANO	14
IV.15.- RUIDO BLANCO FILTRADO	14
IV.16.- ANCHO DE BANDA EQUIVALENTE DE RUIDO	16

V.1.- SISTEMA DE TRANSMISION BANDA BASE ANALOGICO	1
V.2.- ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSMISION	1
V.2.1.- FUENTE	1
V.2.2.- TRANSMISOR	2
V.2.3.- CANAL DE COMUNICACIONES	2
V.2.3.1.- PERDIDAS EN LINEAS DE TRANSMISION	3
V.2.3.2.- PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE	3
V.2.4.- RECEPTOR	4
V.2.4.1.- RUIDO BLANCO ADITIVO	4
V.3.- REPETIDORES	7
V.4.- DISTORSION	9
V.4.1.- DISTORSION LINEAL	9
V.4.1.1.- ECUALIZADORES	11
V.4.2.- DISTORSION NO LINEAL	13
V.4.2.1.- COMPRESORES Y EXPANSORES	15
V.5.- FILTROS TERMINALES OPTIMOS	16

TEMA VI.- SEÑALES Y PROCESOS PASO-BANDA

VI.1.- SEÑAL ANALITICA	1
VI.2.- TRANSFORMADA DE HILBERT	3
VI.3.- PROCESADO DE SEÑALES MEDIANTE EL USO DE LAS SEÑALES ANALITICAS	5
VI.4.- ENVOLVENTE Y FRECUENCIA INSTANTANEA	6
VI.5.- TRANSFORMADA DE HILBERT DEL PRODUCTO DE UNA SEÑAL PASO BAJO Y OTRA PAJO ALTO CON ESPECTROS QUE NO SE SOLAPAN	7
VI.6.- PROPIEDADES DE LA TRANSFORMADA DE HILBERT	10
VI.6.1.- LINEALIDAD	10
VI.6.2.- AUTOCORRELACION Y ESPECTRO DE LA TRANSFORMADA DE HILBERT	10
VI.6.3.- CORRELACION CRUZADA DE UNA SEÑAL Y SU TRANSFORMADA DE HILBERT	11
VI.6.4.- RELACION DE ORTOGONALIDAD ENTRE UNA SEÑAL Y SU TRANSFORMADA DE HILBERT	11
VI.7.- TRANSFORMADA INVERSA DE HILBERT	12
VI.8.- TRANSFORMADA DE HILBERT DE LA CONVOLUCION DE DOS SEÑALES	13
VI.9.- SEÑALES CAUSALES Y TRANSFORMADA DE HILBERT	13
VI.10.- SEÑALES PASO BANDA	15
VI.11.- EQUIVALENTE PASO BAJO	16
VI.12.- SEÑALES SIMETRICAS Y ANTISIMETRICAS	17
VI.13.- COMPONENTES EN FASE Y CUADRATURA	17
VI.14.- RETARDOS DE FASE Y DE GRUPO	19
VI.15.- FILTRADO EQUIVALENTE PASO BAJO	23
VI.16.- REPRESENTACION FASORIAL DE SEÑALES PASO BANDA	24
VI.17.- REPRESENTACION DE PROCESOS ESTACIONARIOS PASO-BANDA	26
VI.17.1.- AUTOCORRELACION Y CORRELACION CRUZADA DE LOS PROCESOS FASE Y CUADRATURA	27

Comunicaciones Analógicas

VI.17.2.- AUTOCORRELACION DEL PROCESO PASO BAJO	30
VI.17.3.- AUTOESPECTRO DE LOS PROCESOS FASE Y CUADRATURA	31
VI.17.4.- ESPECTRO CRUZADO DE LAS SEÑALES FASE Y CUADRATURA	33
VI.17.5.- ESPECTROS DEL PROCESO BAJO Y DEL PROCESO ANALITICO	34
VI.17.6.- PROPIEDADES DE LAS COMPONENTES FASE Y CUADRATURA DE LA AUTOCORRELACION DEL PROCESO PASO BANDA.	35
VI.18.- RUIDO BLANCO PASO BANDA	36
VI.19.- PROCESOS PASO-BANDA NO ESTACIONARIOS	37
VI.19.1.- PROCESOS PASO-BANDA CON FASE ALEATORIA	38

TEMA VII.- MODULACIONES LINEALES

VII.1.- INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE MODULACION	1
VII.2.- MODULACIONES LINEALES	2
VII.2.1.- AMPLITUD MODULADA (AM)	2
VII.2.1.1.- ANCHO DE BANDA	4
VII.2.1.2.- POTENCIA TRANSMITIDA	5
VII.2.1.3.- GENERACION DE AMPLITUD MODULADA	6
VII.2.1.3.1. MODULACION MEDIANTE DISPOSITIVOS NO LINEALES	8
VII.2.1.3.2.- MODULACION POR CONMUTACION O "CHOPPER"	9
VII.2.1.4.- DEMODULACION DE AMPLITUD MODULADA	12
VII.2.1.4.1.-DETECTOR DE ENVOLVENTE DE PICO	12
VII.2.1.4.2.- DETECTOR DE ENVOLVENTE PROMEDIO	17
VII.2.2.- MODULACION DOBLE BANDA LATERAL (DBL) (PORTADORA SUPRIMIDA)	19
VII.2.2.1.- GENERACION DE DOBLE BANDA LATERAL	21
VII.2.2.2.- DETECCION COHERENTE DE DBL	23
VII.2.2.2.1.- SINCRONIZACION DE PORTADORA	25
VII.2.2.2.2.- INCORPORACION DE PORTADORA	25
VII.2.2.2.3.- GENERACION DE PORTADORA MEDIANTE LAZO CUADRATICO	25
VII.2.3.- MODULACION BANDA LATERAL UNICA (BLU)	26
VII.2.3.1.- GENERACION DE BANDA LATERAL UNICA	28
VII.2.3.1.1.- DISCRIMINACION EN FRECUENCIA O FILTRADO	28
VII.2.3.1.2.- DISCRIMINACION EN FRECUENCIA EN DOBLE ETAPA	29
VII.2.3.1.3.- MODULACION POR DISCRIMINACION DE FASE	30
VII.2.3.1.4.- MODULADOR DE WEABER	31
VII.2.3.2.- DEMODULACION DE SEÑALES BLU	32
VII.2.4.- BANDA LATERAL RESIDUAL O VESTIGIAL (BLV)	34
VII.2.4.1.- EXPRESION DE LA SEÑAL MODULADA EN EL DOMINIO DEL TIEMPO	39
VII.2.4.2.- MODULACION BLV CON PORTADORA	41
VII.3.- RUIDO EN MODULACIONES LINEALES	41
VII.3.1.- RUIDO EN DOBLE BANDA LATERAL	41
VII.3.2.- RUIDO EN BANDA LATERAL UNICA	43

TEMA VIII.- MODULACIONES ANGULARES

VIII.1.- MODULACIONES ANGULARES	1
VIII.2.- MODULACION DE FASE Y MODULACION DE FRECUENCIA	1
VIII.2.1.- MODULACION DE FASE	2
VIII.2.2.- MODULACION DE FRECUENCIA	2
VIII.2.3.- RELACION ENTRE MODULACION DE FASE Y MODULACION DE FRECUENCIA	3
VIII.3.- COMPARACION ENTRE MODULACIONES ANGULARES Y LINEALES	4
VIII.4.- ANALISIS ESPECTRAL DE FM CON UN TONO	6
VIII.4.1.- ANCHO DE BANDA DE FM (MODULADORA : TONO SIMPLE)	10
VIII.5.- ANALISIS ESPECTRAL DE FM CON DOS TONOS	12
VIII.6.- ANCHO DE BANDA DE UNA SEÑAL FM CON UNA MODULADORA GENERAL PASO BAJO	14
VIII.7.- MODULACION DE FRECUENCIA DE BANDA ESTRECHA	15
VIII.8.- GENERACION DE FM DE BANDA ESTRECHA	17
VIII.9.- MODULACION DIRECTA DE FM DE BANDA ANCHA	18
VIII.10.- MODULACION INDIRECTA DE FM	19
VIII.11.- DEMODULADORES DE FM : DISCRIMINADOR DE FRECUENCIAS	20
VIII.12.- DETECCION DE FM USANDO UNA LINEA DE RETARDO	22
VIII.13.- LIMITADOR	23
VIII.14.- RUIDO EN MODULACIONES ANGULARES	25
VIII.15.- PRE-ENFASIS Y DE-ENFASIS EN FM	32