

ÍNDICE

1. EL SISTEMA DE NUMERACIÓN BINARIO, BASE DE LA ELECTRÓNICA DIGITAL	1
Introducción	1
Sistemas de numeración decimal y binario	2
Concepto de sistema de numeración	2
Sistema de numeración decimal	2
<i>Concepto de dígito</i>	3
Expresión de un número en función de las potencias de su base ..	4
Sistema de numeración binario	5
Expresión de un número del sistema decimal en binario	6
Expresión de un número del sistema binario en decimal	7
Características del sistema de numeración binario	7
Bit	8
<i>Bit menos significativo y bit más significativo</i>	8
<i>Ponderación de cada bit</i>	9

Palabra binaria	9
<i>Cuarteto</i>	10
<i>Octeto</i>	10
Punto binario y ceros no significativos	11
Representación de números no enteros	11
Conversión de un número decimal a binario	13
Representación de números negativos en el sistema binario	14
<i>Bit de signo</i>	14
2. PUERTAS LÓGICAS AND Y OR	17
Introducción	17
Variables binarias	18
Clasificación de los circuitos electrónicos digitales según su complejidad ..	18
<i>Puerta lógica</i>	19
<i>Operador lógico</i>	19
<i>Circuito lógico</i>	19
<i>Bloque lógico</i>	19
<i>Sistema lógico</i>	20
Puerta lógica AND	20
<i>Puerta lógica AND con relés</i>	24
<i>Puerta lógica AND con diodos semiconductores</i>	25
<i>Lógica positiva y lógica negativa</i>	25
Puerta AND	27
Función lógica AND (producto lógico)	31
<i>Símbolos representativos de una puerta AND</i>	32
Puerta lógica OR	35
<i>Puerta lógica OR con relés</i>	38

<i>Puerta lógica OR con diodos semiconductores</i>	39
Función lógica OR (adición lógica)	42
<i>Símbolos representativos de una puerta OR</i>	44
3. PUERTA LÓGICA NOT Y BUFFER	47
Introducción	47
Puerta lógica NOT	48
<i>Puerta lógica NOT con relé</i>	48
<i>Puerta lógica NOT con transistor bipolar</i>	49
JFET	62
<i>Curvas características de un JFET</i>	65
<i>Resistencia del canal de un JFET</i>	68
<i>Recta de carga en los JFET</i>	68
<i>Funcionamiento del JFET trabajando como interruptor</i>	68
<i>Puerta lógica NOT con JFET</i>	70
MOSFET	71
<i>Precauciones en el manejo y montaje de transistores MOS</i>	75
<i>Puerta NOT en tecnología MOSFET</i>	76
<i>Símbolos representativos de una puerta NOT</i>	79
Buffer	80
<i>Símbolos representativos del buffer</i>	80
Buffers de tres estados	81
4. PUERTAS LÓGICAS NAND Y NOR	85
Introducción	85
Puerta lógica NAND en tecnología DTL	86
<i>Funcionamiento de una puerta NAND de tecnología DTL</i>	88

Puerta lógica NAND en tecnología TTL	91
Puerta lógica NAND en tecnología MOSFET	92
<i>Símbolos representativos de una puerta NAND</i>	94
Puerta lógica NOR en tecnología DTL	96
<i>Funcionamiento de una puerta NOR de tecnología DTL</i>	97
Puerta lógica NOR en tecnología TTL	100
Puerta lógica NOR en tecnología MOSFET	101
<i>Símbolos representativos de una puerta NOR</i>	102
5. PUERTAS LÓGICAS EOR Y ENOR	105
Puerta EOR	105
Funcionamiento de la puerta EOR	106
<i>Puerta EOR diseñada con las puertas lógicas AND, OR y NOT</i>	106
<i>Símbolos representativos de una puerta EOR</i>	109
Puerta ENOR	110
<i>Símbolos representativos de una puerta ENOR</i>	111
6. CIRCUITOS INTEGRADOS (I - Clasificaciones)	113
Introducción	113
Clasificación de los circuitos integrados según el grado de integración ...	115
<i>SSI (Small Scale Integration)</i>	115
<i>MSI (Medium Scale Integration)</i>	115
<i>LSI (Large Scale Integration)</i>	116
<i>VLSI (Very Large Scale Integration)</i>	116
<i>ULSI (Ultra Large Scale Integration)</i>	116
<i>GSI (Giga Scale Integration)</i>	116
Clasificación de los circuitos integrados digitales por familias	117

RTL (Resistor Transistor Logic)	118
DTL (Diode Transistor Logic)	118
TTL (Transistor Transistor Logic)	118
<i>TTL Standard</i>	119
<i>TTL High Speed</i>	120
<i>TTL Schottky</i>	121
<i>TTL Low Power</i>	122
<i>TTL Low Power Schottky</i>	122
<i>TTL Advanced Low power Schottky</i>	123
<i>TTL Fairchild Advanced Schottky</i>	123
HLL (High Level Logic)	123
ECL (Emitter Coupled Logic)	124
CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)	125
<i>Otras familias de integrados digitales CMOS</i>	127
I ² L (Integrated Injection Logic)	128
HTL (High Threshold Logic)	129
7. CIRCUITOS INTEGRADOS	
(II - Códigos de identificación y encapsulados)	131
Introducción	131
Código Proelectron de identificación de integrados	132
Código de identificación de los integrados de la firma Fairchild Semiconductor (F)	133
Código de identificación de los integrados de la firma ITT (MIC)	134
Código de identificación de los integrados de la firma Motorola (MC) ...	134
Código de identificación de los integrados de la firma National Semiconductor (L)	135
Código de identificación de los integrados de la firma RCA (CA)	135

Código de identificación de los integrados de la firma Texas Instruments .	136
Encapsulados	137
<i>Encapsulado DIL</i>	140
<i>Encapsulado flat-pack</i>	141
<i>Encapsulado SOIC</i>	142
<i>Encapsulado PLCC</i>	142
<i>Encapsulado SIL</i>	143

8. CIRCUITOS INTEGRADOS (III - Características técnicas

de los circuitos integrados digitales)	145
Introducción	145
Corrientes	146
<i>Corriente de alimentación (I_{CC})</i>	146
<i>Corriente de entrada con nivel H (I_{IH})</i>	147
<i>Corriente de entrada con nivel bajo (I_{IL})</i>	148
<i>Corriente de entrada con tensión de entrada máxima (I_V)</i>	148
<i>Corriente de salida con nivel H (I_{OH})</i>	148
<i>Corriente de salida con nivel bajo (I_{OL})</i>	148
<i>Corriente de cortocircuito de salida (I_{OS})</i>	149
Potencia disipada	149
Factores de carga (Fan-In y Fan-Out)	150
<i>Factor de carga de entrada</i>	151
<i>Factor de carga de salida</i>	151
Tiempo de propagación	152
Inmunidad al ruido	154
Margen de ruido	154

<i>Margen de ruido en circuitos integrados digitales TTL</i>	155
<i>Margen de ruido en circuitos integrados digitales CMOS</i>	157
<i>Curva de transferencia</i>	159
Temperatura de trabajo	161
Factor de calidad	162
Comparación entre las características de las principales familias de circuitos integrados digitales	163
9. CIRCUITOS INTEGRADOS (IV - Puertas lógicas integradas)	165
Introducción	165
Puerta lógica AND integrada	166
Puerta lógica OR integrada	168
Puerta lógica NAND integrada	172
Puerta lógica NOR integrada	175
Puerta lógica EOR integrada	177
Puerta lógica ENOR integrada	179
Puerta lógica NOT integrada	179
Puertas lógicas con colector abierto	181
10. DISPARADOR SCHMITT	183
Introducción	183
Disparador Schmitt	184
<i>Funcionamiento de un disparador Schmitt</i>	184
<i>Curva de respuestas de un disparador Schmitt</i>	185
Filtro antirruído	186
Aplicación de un disparador Schmitt	187
Disparadores Schmitt integrados	188

11. OPERADORES UNIVERSALES Y PUERTAS CONFIGURABLES DE FUNCIÓN MÚLTIPLE	189
Introducción	189
Técnica NAND	190
<i>Generación de una puerta NOT con una puerta NAND</i>	190
<i>Generación de una puerta AND con puertas NAND</i>	191
<i>Generación de una puerta OR con puertas NAND</i>	192
<i>Generación de una puerta NOR con puertas NAND</i>	193
<i>Generación de las puertas EOR y ENOR con puertas NAND</i>	193
Técnica NOR	195
<i>Generación de una puerta NOT con una puerta NOR</i>	195
<i>Generación de una puerta OR con puertas NOR</i>	196
<i>Generación de una puerta AND con puertas NOR</i>	197
<i>Generación de una puerta NAND con puertas NOR</i>	198
<i>Generación de las puertas EOR y ENOR con puertas NOR</i>	198
Ventajas del empleo de operadores universales	199
Puertas configurables de función múltiple	200
12. OPERADORES LÓGICOS COMPLEJOS	209
Introducción	209
Operador implicación	210
Operador inhibición	211
Operador identidad lógica	214
Operador paridad	217
Operador imparidad	220
Operador umbral lógico	223
Operador mayoría	226
Operador únicamente m	229

13. GENERADORES DE IMPULSOS (RELOJES)	231
Introducción	231
Clases de multivibradores	232
Multivibrador astable	232
Multivibradores astables transistorizados acoplados por colector	233
Multivibradores astables transistorizados acoplados por emisor	236
Generadores de impulsos integrados	237
El 555	238
Generador de impulsos con disparador Schmitt integrado	241
Circuito univibrador	244
Símbolos representativos de los multivibradores	246
14. OPERADORES LÓGICOS SECUENCIALES. (I - Memorias)	247
Introducción	247
Célula elemental de una memoria	248
Clasificación de los operadores lógicos secuenciales	251
Concepto de báscula o flip-flop	252
Célula elemental de almacenamiento de 1 bit con posibilidad de borrado ..	254
Flip-flop tipo S R asíncrono	256
<i>Tabla de excitaciones de un flip-flop S-R asíncrono</i>	260
Flip-flop tipo S R asíncrono con entradas invertidas	261
<i>Tabla de excitaciones de un flip-flop S-R asíncrono con</i> <i>entradas invertidas</i>	263
Flip-flop tipo S R asíncrono con puertas NAND	263
Flip-flop tipo S R asíncrono con puertas NAND y entradas invertidas	263
Flip-flop tipo S R sincronizado	266
Flip-flop tipo T	271

Flip-flop tipo D	274
Flip-flop tipo D activado por flancos (Edge Triggered)	276
Flip-flop tipo D con enable	280
Flip-flop tipo JK	281
Flip-flop tipo J-K activado por flancos (Edge Triggered)	285
Entradas auxiliares de los flip-flops	288
Conversión de un tipo de flip-flop en otro	289
15. OPERADORES LÓGICOS SECUENCIALES.	
(II - Registros de almacenamiento)	291
Introducción	291
Registro de almacenamiento	292
Registro de desplazamiento con entradas en serie	294
Registro de desplazamiento con entradas en paralelo	297
Registro de desplazamiento hacia la izquierda	299
Registros de desplazamiento bidireccionales	300
Registros de desplazamiento integrados	301
Clasificación de los registros de desplazamiento	302
Línea de retardo digital	304
Generador de secuencias binarias	304
16. OPERADORES LÓGICOS SECUENCIALES. (III - Contadores) ...	307
Introducción	307
Contadores	308
Contador en anillo con registro de desplazamiento	308
Contador de anillo de Johnson	310
Contadores asíncronos	311

<i>Contador asíncrono binario</i>	311
<i>Contador asíncrono de décadas</i>	313
Otros contadores asíncronos	315
Contadores síncronos	316
Contadores integrados	319
17. CODIFICADORES Y DECODIFICADORES	323
Introducción	323
Codificador decimal a binario BCD	324
Codificador integrado de decimal a binario BCD	326
Codificador hexadecimal a binario BCD	327
Decodificadores	329
Decodificador binario BCD a decimal	330
Decodificador binario BCD a hexadecimal	333
Decodificador / excitador binario BCD a display de siete segmentos	334
18. CONVERSORES DE ANALÓGICO A DIGITAL Y DE DIGITAL A ANALÓGICO	339
Introducción	339
Conversores D/A	340
Convertor D/A de 4 bits	341
Conversores D/A de cualquier número de bits	345
Conversores A/D	346
<i>Muestreo de la señal analógica</i>	346
<i>Circuito de muestreo</i>	350
Convertidores A/D	352
<i>Convertidor A/D tipo contador</i>	352
<i>Convertidor A/D de aproximaciones sucesivas</i>	353

19. MULTIPLEXORES Y DEMULTIPLEXORES	355
Introducción	355
Multiplexores	356
Multiplexor de cuatro canales	356
Aplicaciones de los multiplexores	360
Multiplexor de ocho canales	363
Multiplexor doble de cuatro canales	366
Multiplexor cuádruple de dos canales	368
Multiplexores integrados	371
Demultiplexores	371
Aplicaciones de los demultiplexores	373
Demultiplexor doble	376