

INDICE

Prefacio	XXVII
1 Introducción a los amplificadores operacionales	1
Objetivos de aprendizaje	1
1-0 Introducción	2
¿Todavía tienen uso los circuitos analógicos?	
1.1.1. Sistemas analógicos y digitales	2
1.1.2. Desarrollo de los amplificadores operacionales	3
1.1.3. Los amplificadores operacionales se especializan	3
1.2. Amplificador operacional de propósito general 741	4
1.2.1 Símbolos de circuito y terminales	4
1.2.2. Circuitos internos simplificados en un amplificador operacional para propósito general	5
1.2.3. Etapa de entrada: amplificador diferencial	6
1.2.4. Etapa intermedia: desplazar de nivel	6
1.2.5. Etapa de salida: en contrafase	6
1-3 Encapsulado y terminales	6
1-3-1 Encapsulado	6
1-3-2 Combinación de símbolo y terminales	7
1-4 Como identificar o especificar un amplificador operacional	8
1-4-1 El código de identificación	8
1-4-2 Ejemplo de especificación de números para un pedido	10
1-5 Fuentes secundarias	10
1-6 Conexión de circuitos de amplificadores operacionales	10
1-6-1. La fuente de alimentación	10
1-6-2 Sugerencias para conexión de amplificadores operacionales	11
Problemas	12
2. Primeras Experiencias con un Amplificador Operacional	13
Objetivos de aprendizaje	13
2.0. Introducción	14
2-1 Terminales de los amplificadores operacionales	14
2-1-1 Terminales de la fuente alimentación	15
2-1-2 Terminales de salida	16
2-1-3 Terminales de entrada	16
2-1-4 Corrientes de polarización de entrada y voltaje de desvío	17
2-2 Ganancia de voltaje en lazo abierto	18
2-2-1 Definición	18
2-2-2 Voltaje diferencial de entrada, E_d	18
2-2-3 Conclusiones	18
2-3 Detectores de cruce por cero	20
2-3-1 Detector no inversor de cruce por cero	20
2-3-2 Detector inversor por cruce de cero	21
2-4 Detectores de nivel de voltaje positivo y negativo	21
2-4-1 Detectores de nivel positivo	21
2-4-2 Detectores de nivel negativo	21
2-5 Aplicación comunes de los detectores de nivel de voltaje	21
2-5-1 Voltaje de referencia ajustable	21
2-5-2 Interruptor activado por sonido	22

2-5-3 Voltímetro de columna luminosa	24
2-5-4 Detector de humo	26
2.6. Referencia de voltaje Integradas	27
2.6.1. Introducción	27
2.6.2. REF - 02	27
2.6.3. Aplicaciones del detector de nivel de voltaje REF - 02	27
2-7 Procesamiento de señales con detectores de nivel de voltaje	29
2-7-1 Introducción	29
2-7-2. Convertidor de onda senoidal a cuadrada	29
2.8. Interfase de una computadora con Detectores de Nivel de Voltaje	29
2-8-1. Introducción	29
2-8-2. Comprador de voltaje cuádruple LM 339	30
2-8-3. Modulador de ancho de pulso no inversor	31
2-8-4. Moduladores de ancho de pulso inversores y no inversores	34
2.9. Interconexión entre un modulador hecho con un amplificador operacional	36
2.10. Simulación de circuito de un comparador hecho con un amplificador operacional	36
2.10.1. Introducción	36
2.10.2. Cómo crear, inicializar y simular un circuito	37
Ejercicios de laboratorio	40
Problemas	41
3 Amplificadores Inversores y no Inversores	44
Objetivos de aprendizaje	44
3-0 Introducción	45
3-1 Amplificador inversor	45
3-1-1 Introducción	45
3-1-2 Voltaje positivo aplicado a la entrada inversora	45
3-1-3 Corrientes de carga y de salida	47
3-1-4 Voltaje negativo aplicado a la entrada inversora	48
3-1-5 Voltaje aplicado a la entrada inversora	49
3-1-6 Procedimiento de diseño	51
3-1-7 Procedimiento de análisis	51
3-2 Sumador inversor y mezclador de audio	52
3-2-1 Sumador inversor	52
3-2-2 Mezclador de audio	53
3-2-3 Nivel de cd para desviar una señal de ca	53
3-3 Amplificador multicanal	55
3.3.1. Por qué es necesario un amplificador multicanal	55
3.3.2. Análisis del circuito	55
3.3.3. Procedimiento de diseño	56
3-4 Amplificador inversor de promedio	56
3-5 Seguidor de voltaje	57
3-5-1 Introducción	57
3-5-2 En qué se emplea el seguidor de voltaje	59
3-6 Amplificador no inversor	60
3-6-1 Análisis del circuito	60
3-6-2 Procedimiento de diseño	62
3-7 La Fuente de voltaje ideal	64

3-7-1 Definición y aclaración	64
3-7-2 La Fuente de voltaje ideal no reconocida	64
3-7-3 Fuente de voltaje ideal práctica	64
3-7-4. Fuentes de voltaje exactas	66
3-8 Sumador no inversor	67
3-9 Operación con fuente de alimentación única	67
3-10 Amplificadores diferenciales	68
3-10-1 El Restador	69
3-10-1 Amplificador inversor y no inversor	70
3-11 Servoamplificador	71
3-11-1 Introducción	71
3-11-2. Análisis del circuito servoamplificador	71
3-11-2 Acción de retardo	72
3.12. Cómo Diseñar un Circuito Acondicionador de Señal	73
3.13. Simulación en Pspice	77
3.13.1. Amplificador inversor: entrada de DC	78
3.12.2. Amplificador inversor: entrada de CA	78
3.12.3. Sumador inversor	80
3.12.4. Amplificador no inversor	81
Ejercicios de laboratorio	82
Problemas	83
4 Comparadores y circuitos de control	86
Objetivos de aprendizaje	86
4-0 Introducción	87
4-1 Efectos del ruido sobre los circuitos comparadores	87
4-2 Retroalimentación positiva	89
4-2-1 Introducción	89
4-2-2 Voltaje de umbral superior	90
4-2-3 Voltaje de umbral inferior	90
4-3 Detector de cruce de cero con histéresis	92
4-3-1 Definición de histéresis	92
4-3-2 Detector de cruce por cero con histéresis como un elemento de memoria	93
4-4 Detectores de nivel del voltaje con histéresis	93
4-4-1 Introducción	93
4-4-2 Detector no inversor de nivel de voltaje con histéresis	94
4-4-3 Detector inversor de nivel de voltaje con histéresis	96
4-5 Detector de nivel de voltaje con ajuste independiente de histéresis y voltaje central	98
4-5-1 Introducción	98
4-5-2 Circuito de control de un cargador de batería	100
4-6 Principios del control apagado-encendido (on-off)	101
4-6-1 Compradores en el control de procesos	101
4-6-2 El termostato como comparador	102
4-6-3 Directrices para la selección y diseño	102
4-7 Un Controlador con dos puntos de ajuste independiente	102
4-7-1 Principios de funcionamiento	102
4-7-2 Características de entrada-salida de un controlador con dos puntos ajuste independientes	102

4-7-3 Selección de los voltajes de los puntos de ajuste	103
4-7-4 Circuito para el ajuste de voltajes de puntos de ajuste independiente,	104
4-7-5 Precauciones	106
4-8 CI Comparador de presión 111/311	106
4-8-1 Introducción	106
4-8-2 Operación de la terminal de salida	106
4-8-3 Operación de la terminal de habilidades	106
4-9 Una aplicación biomédica	108
4.10. Detector de ventana	110
4-9-1 Introducción	110
4-9-2 Funcionamiento del circuito	110
4-11 Retardo de propagación	110
4-11-1 Definición	110
4-11.2. Medición del retardo de propagación	112
4.12. Empleo de PSpice para modelar y simular circuitos comparadores	112
4.12.1. Simulación del detector de cruce de cero con histéresis	113
4.12.2. Detector de ventana	115
Ejercicios de laboratorio	117
Problemas	118
5 Algunas aplicaciones de los amplificadores operacionales	120
Objetivos de aprendizaje	120
5-0 Introducción	121
5-1 Voltímetro de cd de alta resistencia	121
5-1-1 Circuito básico de medición de voltaje	121
5-1-2 Cambio de escala en el voltímetro	122
5-2 Voltímetro universal de alta resistencia	123
5-2-1 Funcionamiento de circuito	123
5-2-2 Procedimiento de diseño	124
5-3 Convertidores de voltaje a corriente: cargas flotantes	125
5-3-1 Control de voltaje la corriente de carga	125
5-3-2 Probador de diodo zener	125
5-3-3 Probador de diodos	125
5-4 Probador de diodo emisor de luz	127
5-5 Alimentación de corriente constante a un carga conectada a tierra	128
5-5-1 Convertidor de voltaje diferencial a corriente	128
5-5-2 Fuente de corriente constante alta con carga conectada a tierra	129
5-5-3 Conexión de la salida de un microcontrolador con un transmisor de 4 a 20 mA	130
5-5-4 Fuente de corriente de 4 a 20 mA con control digital	131
5-6 Medición de corriente de cortocircuito y conversión de corriente a voltaje	132
5-6-1 Introducción	132
5-6-2 Uso del amplificador operacional para medir corriente de cortocircuito	132
5-7-1 Celda fotoconductora	134
5-7-2 Fotodiodo	135
5-8 Amplificador de corriente	135
5-9 Mediciones de energía de la celda solar	136

5-9-1 Introducción a los problemas	136
5-9-2 Conversión de la corriente de cortocircuito de una celda solar a voltaje	137
5-9-3 Circuito divisor de corriente (convertidor de corriente a corriente)	138
5-10 Desfasador	139
5-10-1 Introducción	139
5-10-2 Circuito Desfasador	140
5-11 Convertidores de temperatura a voltaje	141
5-11-1 El transductor de temperatura AS590	141
5-11-2. Termómetro Celsius	142
5-11-3. Termómetro Fahrenheit	142
5.12. Simulación en PSpice	142
Ejercicios de laboratorio	144
Problemas	145
6 Generadores de señal	147
Objetivos de aprendizaje	147
6-0 Introducción	148
6-1 Multivibrador astable	148
6-1-1 Acción del Multivibrador	148
6-1-2 Frecuencia de oscilación	150
6.2. Multivibrador Monoestable	152
6-2-1 Introducción	152
6-2-2 Estado estable	152
6-2-3 Transición al estado de temporización	153
6-2-4 Estado temporización	153
6-2-5 Duración del pulso de salida	155
6-2-6 Tiempo de recuperación	155
6-3 Generadores de onda triangular	156
6-3-1 Teoría de funcionamiento	156
6-3-2 Frecuencia de operación	158
6-3-3 Generador unipolar de onda triangular	159
6-4 Generador de onda diente de sierra	161
6-4-1 Funcionamiento del circuito	161
6-4-2 Análisis de la forma de onda diente de sierra	161
6-4-3 Procedimiento de diseño	161
6-4-4 Convertidor de voltaje a frecuencia	163
6-4-5 Modulación de frecuencia y manipulación por desplazamiento de frecuencia	163
6-4-6 Desventajas	164
6-5 Modulador / demodulador balanceado, el AD630	166
6-5-1 Introducción	166
6-5-2 Terminales de entradas-salida	166
6-5-3 Formas de onda de entrada-salida	166
6-6 Generador de onda triangular y cuadrada de precisión	166
6-6-1 Funcionamiento del circuito	166
6-6-2 Frecuencia de oscilación	168
6-7 Estudio de la generación de una onda senoidal	168
6-8 Generador de funciones trigonométrica universal el AD639	169
6-8-1 Introducción	169

6-8-2 Operación de la función senoidal	169
6-9 Generador de onda senoidal de precisión	171
6-9-1 Funcionamiento de circuito	171
6-9-2 Frecuencia de oscilación	174
6.9.3. Generador de formas de onda de alta frecuencia	174
6.10. Simulación en PSpice de los Circuitos Generadores de Señales	175
6.10.1. Multivibrador astable	175
6.10.2. Multivibrador monoestable	177
6.10.3. Generador de onda triangular bipolar	178
6.10.4. Generador de onda triangular unipolar	179
Ejercicios de laboratorio	181
Problemas	182
7 Amplificadores Operacionales con Diodos	184
Objetivos de aprendizaje	184
7-0 Introducción a los rectificadores de presión	185
7-1 Rectificadores de media onda	186
7-1-1 Introducción	186
7-1-2 Rectificador inversor de media onda lineal, con salida positiva	187
7-1-3 Rectificador inversor lineal de media onda, con salida negativa	189
7-1-4 Separador de polaridad de señal	190
7-2 Rectificadores de precisión circuito de valor absoluto	191
7-2-1 Introducción	191
7-2-2 Tipos de rectificadores de onda completa de precisión	192
7-3 Detectores de pico	195
7-3-1 Seguidor y retenedor de pico positivo	195
7-3-2 Seguidor y retenedor de pico negativo	197
7-4 Convertidor de ca a cd	197
7-4-1 Conversión de ca a cd o circuito MAV	197
7-4-2 Rectificador de precisión con entradas sumadoras	199
7-4-3 Convertidor de ca a cd	200
7-5 Circuitos con zona muerta	200
7-5-1 Introducción	200
7-5-2 Circuitos de zona muerta con salida negativa	200
7-5-3 Circuitos de zona muerta y salida positiva	202
7-5-4 Circuitos con zona muerta y salida bipolar	204
7-6 Reportador de precisión	205
7-7 Convertidor de onda triangular a onda senoidal	205
7-8. Simulación en PSpice de amplificadores operacionales con diodos	206
7.8.1. Rectificador de media onda lineal	206
7.8.2. Rectificador de onda completa de precisión	208
7.8.3. Amplificador de valor medio absoluto	210
Ejercicios de laboratorio	212
Problemas	213
8 Amplificadores Diferenciales, de Instrumentación y de Puente	214
Objetivos de aprendizaje	214
8-0 Introducción	215
8-1 Amplificador diferencial básico	215
8-1-1 Introducción	215

8-1-2 Voltaje en modo común	217
8-1-2 Comparación entre amplificadores diferenciales y amplificadores de una sola entrada	217
8-2-1 Medición con amplificador de entrada única	217
8-2-2 Medición con amplificador diferencial	218
8-3 Mejoras en el amplificador diferencial básico	219
8-3-1 Incremento de la resistencia de entrada	219
8-3-2 Ganancia ajustable	219
8-4 Amplificador de instrumentación	222
8-4-1 Funcionamiento del circuito	222
8-4-2 Voltaje de salida respecto a una referencia	224
8-5 Detención y medición mediante el amplificador de instrumentación	225
8-5-1 Terminal de detección	225
8-5-2 Mediciones de voltaje diferencial	226
8-5-3 Convertidor de voltaje diferencial a corriente	227
8-6 El Amplificador de instrumento como circuito acondicionador de señal	229
8-6-1 Introducción al sensor de deformaciones	229
8-6-2 Material utilizado en el sensor de deformación	229
8-6-3. Cómo se usa la información obtenida mediante el sensor de deformaciones	230
8-6-4. Montaje de los sensores de deformación	231
8-6-5. Cambios en la resistencia del sensor de deformación	231
8-7 Medición de pequeños cambios en la resistencia	231
8.7.1. Es necesario utilizar un puente resistivo	231
8-7-2. Puente básico de resistencia	232
8-7-3. Efectos térmicos en el balance del puente	233
8-8. Balanceo de un puente de sensores de deformación	234
8-8-1. Técnica obvia	234
8-8-2. Una técnica mejor	234
8-9. Aumento en la salida del puente de sensores de deformación	235
8-10. Una aplicación práctica del detector de deformaciones	237
8-11. Medición de presión, fuerza y peso	239
9 Funcionamiento en CD: Polarización, Desvío y Deriva	249
Objetivos de aprendizaje	249
9-0 Introducción	250
9-1 Corrientes de polarización de entrada	251
9-2 Desvío de las corrientes de entrada	252
9-3 Efectos de las corrientes de polarización en el voltaje de salida	253
9-3-1 Simplificación	253
9-3-2 Efecto de una corriente de polarización de entrada (-)	253
9-3-3 Efecto de la corriente de polarización de entrada (+)	255
9-4 Efecto de la desviación de corriente en el voltaje de salida	256
9-4-1 Seguidor de voltaje compensado por corriente	256
9-4-2 Otros amplificadores compensados por corriente	257
9-4-3 Resumen sobre la compensación de la corriente de polarización	257
9-5 Desviación del voltaje de entrada	258
9-5-1 Definición y modelo	258
9-5-2 Efecto de voltaje de desvío del voltaje de entrada en el voltaje de	259

salida	
9-5-3 Medición de voltaje de desvío del voltaje de entrada	259
9-6 Voltaje de desvío de entrada del circuito sumador	261
9-6-1 Comparación entre la ganancia de señal y de la desviación de Voltaje de desvío de entrada	261
9-6-2 Como no eliminar los efectos del voltaje desvío	262
9-7 Anulación del efectos de voltaje de desvío y las corrientes de polarización	262
9-7-1 Diseño o secuencia de análisis	262
9-7-2 Circuitos para la anulación del desvío de entrada	263
9-7-3 Procedimiento para la anulación del voltaje de salida (en caso de ser necesario)	264
9-8 Deriva	264
9-9 Medición de voltaje de desvío y las corrientes de polarización	266
Ejercicios de laboratorio	267
Problemas	268
10 Funcionamiento en CA: Ancho de Banda, Velocidad de Respuesta, y Ruido	
Objetivos de aprendizaje	
10-1 Respuesta en frecuencia del amplificador operacional	271
10-1-1 Compensación interna de frecuencia	271
10-1-2 Curva de respuesta en frecuencia	272
10-1-3 Ancho de banda con ganancia unitaria	273
10-1-4 Tiempo de subida	274
10-2 Ganancia del amplificador y respuesta en frecuencia	275
10-2-1 Efecto de la ganancia en lazo abierto sobre la ganancia en lazo cerrado de un amplificador que funciona en cd	275
10-2-2 Ancho de banda para pequeña señal: límites de alta y baja frecuencia	277
10-2-4 Ancho de banda de amplificadores inversores y no inversores	278
10-2-5 Obtención del ancho de banda por el método gráfico	279
10-3 Velocidad de respuesta y voltaje de salida	280
10-3-1 Definición de la velocidad de respuesta	281
10-3-2 Causa de la limitación en la velocidad de respuesta	281
10-3-3 límite de la velocidad de respuesta para ondas senoidales	281
10-3-4 Método Simplificado para obtener la velocidad de respuesta	284
10-4 Ruido en el voltaje de salida	285
10-4-1 Introducción	285
10-4-2 Ruido en los circuitos de amplificadores operacionales	285
10-4-3 Ganancia de ruido	286
10-4-4 Ruido en el sumador inversor	286
10-4-5 Resumen	286
Ejercicios de laboratorio	286
Problemas	288
11 Filtros activo	289
Objetivos de aprendizaje	289
11-0 Introducción	290
11-1 Filtro pasa bajas básico	291
11-1-1 Introducción	291

11-1-2 Diseño del filtro	292
11-1-3 Respuesta del filtro	294
11-2 Introducción al filtro Butterworth	294
11-3 Filtro Butterworth pasa bajas de - 40 db/década	295
11-3-1 Procedimiento simplificado de diseño	295
11-3-2 Respuesta del filtro	297
11-4 Filtro Butterworth pasabajas de -60 db/década	297
11-4-1 Procedimiento de diseño simplificado	297
11-4-2 Respuesta del filtro	297
11-5 Filtro Butterworth pasa-altas	300
11-5-1 Introducción	300
11-5-2 Filtro de 20 dB/década	301
11-5-3 Filtro de 40 dB/década	303
11-5-4 Filtro de 60 dB/década	304
11-5-5 Comparación de las magnitudes y ángulos de fase	306
11-6 Introducción a los filtros pasa-banda	307
11-6-1 Respuesta en frecuencia	307
11-6-2 Ancho de banda	308
11-6-3 Factor de calidad	309
11-6-4 Filtro de banda angosta y de banda ancha	309
11-7 Filtro de banda ancha básico	310
11-7-1 Configuración en cascada	310
11-7-2 Circuito del filtro de banda ancha	310
11-7-3 Respuesta en frecuencia	310
11-8 Filtros pasa-banda de banda angosta	311
11-8-1 Circuito del filtro de banda angosta	312
11-8-2 Funcionamiento	312
11-8-3 Filtro de octava para ecualizador estéreo	313
11-9 Filtros de muesca	314
11-9-1 Introducción	314
11-9-2 Teoría de los filtros de muesca	315
11-10 Filtro de muesca de 120 Hz	315
11-10-1 Para qué sirve un filtro de muesca	315
11-10-2 Planteamiento del problema	316
11-10-3 Procedimiento para consumir un filtro de muesca	316
11-10-4 Componentes del filtro pasa banda	316
11-10-5 Montaje final	317
11-11. Simulación de circuitos de Filtros activos con PSpice	317
11-11-1. Filtro paa bajas	318
11-11-2. Diltro pasa altas	320
11-11-3. Filtro pasa banda	321
Ejercicios de laboratorio	323
Problemas	325
12 Modulación, Demodulación y Cambio de Frecuencia por Medio de un Multiplicador	
Objetivos de aprendizaje	327
12-0 Introducción	328
12-1 Multiplicación de voltajes de cd	328

12-1-1 Factor de escala del multiplicador	328
12-1-2 Los cuadrantes del multiplicador	329
12-2. Elevación al cuadrado de un número o de voltaje de cd	331
12-3. Duplicación de la frecuencia	331
12-3-1 Principio del duplicador de frecuencia	331
12-3-2 Elevación al cuadrado de un voltaje senoidal	332
12-4 Detección el ángulo de fase	334
12-4-1 Fundamento teóricos	334
12-4-2 Medidor del ángulo de fase	336
12-4-3 Ángulos de fase superiores que +90o	337
12-5 Divisor analógico	337
12.6. Cálculo de raíces cuadradas	339
12-7 Introducción a la modulada en amplitud	339
12-7-1. Para qué sirve la modulación en amplitud	339
12-7-2. Definición de modulación en amplitud	340
12-7-3. El multiplicador utilizado como modulador	340
12-7-4. Matemáticas de un modulador balanceado	340
12-7-5. Frecuencias de suma y de diferencia	342
12-7-6. Frecuencia y bandas laterales	344
12-8. Modulación en amplitud estándar	345
12-8-1. Circuito modulador de amplitud	345
12-8-2. Espectro de frecuencias de un modulador AM estándar	348
12-8-3. Comparación entre moduladores AM estándar y moduladores balanceados	349
12-9. Demodulación de un voltaje de AM	349
12-10. Demodulación de voltaje de un modulador balanceado	353
12-11. Modulación y demodulación de banda lateral única	353
12-12. Desplazamiento de frecuencia	353
12-13. Receptor de modulación en amplitud universal	355
12-13.1. Sintonización y mezclado	355
12-13-2. Amplificador de frecuencia intermedia	357
12-13-3. Procedimiento para la detección	357
12-13-4. Receptor universal de AM	357
Ejercicios de laboratorio	358
Problemas	358
13 Circuitos integrados temporizadores	
Objetivos de aprendizaje	360
13-0 Introducción	361
13-1 Modos de operación del temporizador	362
13-2 Terminales del 555	363
13-2-1 Encapsulado y terminales de alimentación	363
13-2-2 Terminal de salida	364
13-2-3 Terminal de reinicio	364
13-2-4 Terminal de descarga	364
13-2-5 Terminal de voltaje de control	364
13-2-6 Terminal de disparo y de umbral	364
13-2-7 Retrasos en el tiempo de encendido	366
13-3 Operación estable	369

13-3-1 Operación de circuito	369
13-3-2 Frecuencia de oscilación	369
13-3-3 Ciclo de trabajo	371
13-3-4 Ampliación del ciclo de trabajo	372
13-4 Aplicaciones del 555 como multivibrador astable	373
13-4-1 Oscilador con barrido de tonos	373
13-4-2 Desplazador de frecuencia controlado por voltaje	375
13-5 Funcionamiento monoestable	376
13-5-1 Introducción	376
13-5-2 Circuito de pulso de entrada	378
13-6 Aplicaciones del 555 como multivibrador de un Monoestable	379
13-6-1 Control de nivel de agua	379
13-6-2 Interruptor de tacto	379
13-6-3 Divisor de frecuencia	380
13-6-4 Detector de pulso faltante	381
13-7 Introducción a los contadores para temporización	382
13-8 Temporización /contador programable XR 2240	383
13-8-1 Descripción del circuito	383
13-8-2 Funcionamiento del contador	384
13-8-3 Programación de las salidas	386
13-9 Aplicaciones del temporizador/contador	387
13-9-1 Aplicaciones del temporización	387
13-9-2 Oscilador salidas sincronizadas	388
13-9-3 Generador de señal con patrón binario	389
13-9-4 Sintetizador de frecuencias	390
13-10 Temporizador programable mediante interruptores	392
13-10-1 Intervalos de temporización	392
13-10-2 Funcionamiento del circuito	392
13.11. Simulación de los Circuitos del Temporizador 555 con PSpice	392
13-11-1. Multivibrador astable o autónomo	392
13-11-2. Circuito para control de ráfagas de tono	395
Ejercicios de laboratorio	397
Problemas	397
14 Convertidores Digital a Analógico y Analógico a Digital	398
Objetivos de aprendizaje	398
14-0 Introducción	399
14-1 Características de un DAC	399
14-1-1 Resolución	399
14-1-2 Ecuación de entrada-salida	401
14-2 Características del ADC	402
14-2-1 Ecuación de entrada-salida	402
14-2-1 Error de cuantificación	404
14-3 Procedimiento para la conversión digital a analógico	404
14-3-1 Diagrama de bloques	404
14-3-2 Red de escalera R-2R	405
14-3-3 Corrientes de escalera	406
14-3-4 Ecuación de la escalera	407
14-4 DAC con salida de voltaje	407

14.5. DAC multiplicador	409
14-6. Convertidor digital a analógico de 8 bits: el DAC - 08	410
14-6-1 Terminales de alimentación	410
14-6-2 Terminales de referencia (multiplicadora)	410
14-6-3 Terminales de entrada digital	410
14-6-4 Corrientes de salida analógica	412
14-6-5 Voltaje de salida unipolar	413
14-6-6 Voltaje de salida analógica bipolar	414
14-7 Compatibilidad con microprocesadores	416
14-7-1 Principios de interfase	416
14-7-2 Registros temporales de memoria	416
14-7-3 El proceso de selección	416
14-8 DAC compatible con el microprocesadores AD5589	417
14-8-1 Introducción	417
14-8-2 Alimentación	419
14-8-3 Entradas digitales	419
14-8-4 Circuitos lógica	419
14-8-5 Salida analógica	419
14-8-6 Circuito para prueba dinámica	421
14-9 ADC Integrador	421
14-9-1 Tipos de ADCs	421
14-9-2 Principios de funcionamiento	421
14-9-3 Fase integradora de señal T1	423
14-9-4 Fase integración de referencia T2	423
14-9-5 La conversión 45	424
14-9-6 Puesta a cero	425
14-9-7 Resumen	425
14-10 ADC de Aproximaciones Sucesivas	425
14-10-1 Funcionamiento del circuito	426
14-10-2 Analogía de las aproximaciones sucesiva	426
14-10-3 Tiempo de conversión	428
14-11 ADC para microprocesadores	428
14-12-1 Terminales de voltaje de la entrada analógica	429
14-12-2 Terminales de salida digital	429
14-12-3 Terminal de la opción de entrada	431
14-12-4 Terminales de la opcional de salida	431
14-12-5 Terminales de control de microprocesador	432
14-13 Como probar el AD670	432
14-14 Convertidores paralelos (flash)	434
14-14-1 Principios de su funcionamiento	434
14-14-2 Tiempo de conversión	434
14-15 Respuesta en frecuencia de los ADC	434
14-15-1 Error de apertura	434
14-15-2 Amplificador de muestreo y retención	436
Ejercicios de laboratorio	437
Problemas	439
15 Fuente de Alimentación	441
Objetivos de aprendizaje	441

15-0 Introducción	442
15-1 Introducción a la fuente de alimentación no reguladas	442
15-1-2 Diodos rectificadores	444
15-1-3 Características de las fuentes positivos y negativas	444
15-1-4 Capacitor de filtrado	445
15-1-5 Carga	445
15-2 Regulación de voltaje de cd	445
15-2-1 Variaciones en el voltaje de carga	445
15-2-3 Modelo en cd para una fuente de alimentación	447
15-2-4 Porcentaje de regulación	449
15-3 Voltaje de rizo de ca	449
15-3-1 Cálculo del voltaje de rizo de ca	449
15.3.2. Frecuencia del voltaje de rizo y porcentaje de rizo	451
15.3.3. Cómo controlar el voltaje de rizo	452
15-4 Procedimiento para diseñar una fuente no regulada con un puente rectificador de onda completa	452
15-5-1 Fuentes de alimentación bipolar o positiva y negativa	456
15-5-2 Fuentes de alimentación de dos valores	457
15-6 Por que es necesaria la regulación de voltaje	457
15-7 Historia de los reguladores de voltaje lineales	457
15-7-1 La primera generación	457
15-7-2 La segunda generación	458
15-7-3 La tercera generación	458
15-8 Reguladores de voltaje lineales	458
15-8-1 Clasificación	458
15-8-2 Características comunes	458
15-8-3 Circuitos de autoprotección	460
15-8-4 Protección externa	460
15-8-5 Disminución del rizo	460
15-9 Fuente de alimentación para circuitos lógicos	460
15-9-1 Circuito regulador	460
15-9-2 La fuente no regulada	461
15-10 Fuente de alimentación de +15 V para aplicaciones lineales	461
15-10-1 Regulador de + 15 V para corriente alta	461
15-10-2 Regulador + 15 V para corriente baja	462
15-10-3 Fuente de alimentación de no regulada para los reguladores de + 15	463
15-11 Regulador de voltaje ajustable de tres terminales positivo (LM317HV) y negativo (LM337HV)	463
15-12 Ajuste del Voltaje de carga	463
15-12-1 Ajuste del voltaje de salida regulado positivo	463
15-12-2 Características del LM317HV	465
15-12-3 Regulador de voltaje negativo ajustable	465
15-12-4 Protección externa	465
15-13 Regulador de voltaje ajustable tipo laboratorio	466
15-14. Otros reguladores lineales	467
Ejercicio de laboratorio	467
Problemas	467
Apéndice 1 Amplificador operacional con frecuencia uA 741	499

Apéndice 2 Amplificador operacional LM301	479
Apéndice 3 Capacitor de voltaje LM311	486
Apéndice 4 Regulador ajustable de 3 terminales LM117	493
Apéndice 5 Significado de términos e instrucciones que aparecen en el programa de simulación PSpice	499
Respuestas a los problemas impares	500
Bibliografía	506
Índice	508