

SEPIA:
Seminario de Electrónica para Pardillos
Interesados en Audio

(c) 2003, Luis Miguel Brugarolas

11 de junio de 2004

Índice general

1. Prefacio	11
1.1. ¿A quien va dirigido este libro?	11
1.2. Estructura del libro	12
1.3. Aprender electrónica	13
2. Introducción	15
2.1. Presentación del capítulo	15
2.2. ¿Qué es la electrónica?	15
2.2.1. Un poco de perspectiva	15
2.2.2. Inciación a la electrónica	16
2.3. Magnitudes Básicas	16
2.3.1. Corrientes	16
2.3.2. Tensiones	16
2.3.3. Resistencias	17
2.3.4. Tiempo y frecuencia	17
2.3.5. Multiplicadores	17
2.3.6. Señales continuas	18
2.3.7. Señales alternas	18
2.4. Aparato Matemático básico	18
2.4.1. Las 'tres' Leyes de Ohm	19
2.4.2. Cálculo de potencias	20
2.4.3. Ley de Kirchoff	20
2.4.4. Exponenciales y logaritmos. Los decibelios	20
2.4.4.1. Los decibelios	20
2.4.4.2. ¿Porqué se miden cosas en decibelios?	21
2.4.4.3. Algunas relaciones básicas	21
2.4.4.4. Complicaciones	21
2.4.5. Números complejos	22

2.5. Impedancias	22
2.5.1. Concepto	22
2.5.2. Definición formal	23
2.6. Ejemplos	25
2.6.1. Fuente de alimentación de los trogloditas	25
2.6.2. Resistencia de limitación de un LED	25
2.6.3. Potencia disipada en una resistencia	26
2.6.4. Componentes en serie y paralelo	26
2.6.5. Divisor resistivo	27
2.6.6. Filtro paso bajo	28
2.6.7. Filtro paso alto	31
2.7. El diseño	32
2.7.1. Errores admisibles	32
2.8. Introducción a los componentes electrónicos	33
2.8.1. Introducción	33
2.8.2. Componentes básicos	33
2.8.3. Identificación de los componentes	33
2.8.4. El valor de un componente: el código de colores	34
2.8.5. Valores disponibles	36
2.8.6. Cómo medir o caracterizar un componente	36
2.8.7. Información: las hojas de características	37
2.8.8. Símbolos	37
2.9. Resumen del capítulo	37
3. Fuente de Alimentación Simple	41
3.1. Introducción	41
3.2. Ejemplo de una fuente de alimentación básica	41
3.3. El transformador	41
3.3.1. Los parámetros más importantes de un transformador	42
3.3.2. Factor de regulación	43
3.4. El diodo	44
3.4.1. Funcionalidad	44
3.4.2. Tipos de diodo	46
3.4.2.1. Diodo rectificador	46
3.4.2.2. Diodo Zener	46
3.4.2.3. Diodo LED	47
3.4.3. El diodo en la fuente de alimentación	48

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	5
3.5. El condensador	50
3.5.1. Funcionalidad	50
3.5.2. La carga y descarga de un condensador	51
3.5.3. Vuelta a la fuente de alimentación	53
3.5.4. Tipos de condensador	53
3.5.4.1. Condensadores polarizados	54
3.5.4.2. Condensadores no polarizados	55
3.5.4.3. Selección del tipo de condensador	55
3.5.5. Rizado de alta frecuencia	56
3.5.6. Reducción del rizado	56
3.5.7. Reducción del rizado de alta frecuencia	57
3.5.8. Condensadores de desacoplo	57
3.5.9. Efecto de la tolerancia	58
3.6. Un paso atrás: el puente de diodos	59
3.7. La resistencia	60
3.7.1. El componente	60
3.7.2. Parámetros básicos	60
3.8. El fusible	61
3.9. Revisión final de la fuente	62
3.9.1. Circuito final	62
3.9.2. Funcionalidad: rectificador con filtrado	62
3.9.3. Prestaciones	62
3.9.4. Mejoras deseables y posibles	63
3.10. Componentes: ¿porqué tantos tipos?	63
3.11. Resumen del capítulo	64
4. Fuente de alimentación regulable	67
4.1. Reguladores lineales	67
4.1.1. Necesidad de mejorar el filtrado	67
4.1.2. Arquitecturas de los reguladores lineales	67
4.1.3. Regulador shunt con diodo Zener	68
4.1.4. Reguladores serie	70
4.1.5. Reguladores conmutados	70
4.2. Reguladores lineales integrados	71
4.3. Diseño de una fuente de tensión variable	71
4.3.1. Especificación de la fuente	71
4.3.2. Plan de trabajo	72

4.4. El regulador 317	72
4.4.1. Tensión de salida	73
4.4.2. Mínima tensión de caída en el regulador	76
4.5. Tensión de salida del transformador	77
4.6. Tensión de rizado: condensadores de filtrado	79
4.7. Asuntos de calor y temperatura	80
4.8. Esquema completo de la fuente de alimentación	82
4.8.1. Esquema	82
4.8.2. Lista de materiales	82
4.9. Medidores de corriente y tensión	83
4.9.1. Galvanómetro	83
4.9.2. Medidor de corriente	84
4.9.3. Medidor de tensión	85
4.9.4. Dos al precio de uno	86
4.9.5. Errores de medida	86
4.9.6. Introducción al polímetro	87
4.9.7. ¿Digital?	87
4.10 Efectos de segundo orden en la fuente	87
4.11 Posibles mejoras	88
4.12 Resumen del capítulo	88
5. Montaje de la fuente de alimentación	91
5.1. Introducción al capítulo	91
5.2. Etapas de un proyecto	91
5.3. Revisión del circuito	92
5.4. Instrumentación electrónica	92
5.5. El polímetro	93
5.5.1. Voltímetro	93
5.5.2. Amperímetro	94
5.5.3. Ohmetro	94
5.5.4. Aspecto externo de un polímetro digital	94
5.5.5. Ejemplo de medida con el polímetro	97
5.5.5.1. Tensión continua	97
5.5.5.2. Tensión alterna	97
5.5.5.3. Resistencia	97
5.5.5.4. Corriente continua	98
5.6. El osciloscopio	98

5.6.1. Función	98
5.6.2. La pantalla	98
5.6.3. Los circuitos de entrada	99
5.6.4. Las sondas	100
5.6.5. Los circuitos de barrido	101
5.6.6. El circuito de disparo	101
5.6.7. Otras funciones auxiliares	102
5.6.8. Osciloscopios analógicos y digitales	102
5.7. El diseño de la placa de circuito impreso	103
5.8. Fabricación de la placa de Circuito Impreso	104
5.9. Montaje de los componentes en la placa de circuito impreso	106
5.10. Unas pinceladas sobre el arte de la soldadura	107
5.10.1. Cuestiones previas	107
5.10.2. Soldadura de componentes en un circuito impreso	108
5.10.3. Corregir los desastres	109
5.10.4. La preparación de un montaje	110
5.11. Cajeados	110
5.12. Toques finales	111
5.13. Plan de pruebas	113
5.14. Realización de las pruebas	113
5.15. Otras medidas	114
5.16. Que hacer cuando no funciona	114
5.17. Resumen del capítulo	115
6. Montaje de un oscilador	117
6.1. Introducción	117
6.2. Presentación del oscilador	117
6.3. El trigger de Schmitt	118
6.4. Frecuencia de oscilación	120
6.4.1. Semiciclo negativo	120
6.4.2. Semiciclo positivo	120
6.4.3. Periodo de oscilación	121
6.5. Cambiando la frecuencia	121
6.6. Montaje del oscilador	121
6.7. Usos y abusos	123
6.7.1. Usos posibles	123
6.7.2. Abusos posibles	125
6.8. Una curiosidad	125
6.9. ¿Alguna otra idea?	125

7. El transistor bipolar	127
7.1. Introducción	127
7.1.1. Primera aproximación al transistor	127
7.1.2. Consideraciones preliminares sobre la polarización	128
7.1.3. Trabajo lineal o en saturación	130
7.1.4. Polarización del transistor	131
7.1.5. Algunos tipos comunes	132
7.1.6. Una hoja de características	133
7.2. Algunos ejemplos con transistores	133
7.2.1. Regulador lineal con diodo Zener	133
7.2.2. Fuente de corriente	138
7.2.3. Uso del transistor en conmutación	139
7.3. Modelo de baja señal	141
7.4. Funcionamiento en pequeña señal	142
7.4.1. Ejemplo 1: Transistor en emisor común	142
7.4.1.1. Polarización	143
7.4.1.2. Análisis de pequeña señal	144
7.4.1.3. Análisis del margen dinámico	145
7.4.2. Ejemplo 2: Transistor en emisor común con resistencia de emisor	145
7.4.2.1. Modelo de baja señal	145
7.4.3. Ejemplo 3: Seguidor de emisor	148
7.4.3.1. Modelo de baja señal	148
7.5. Ejemplo práctico: amplificador para micrófono	149
7.5.1. Micrófonos	149
7.5.2. Análisis del circuito	151
7.5.3. Pasos usados para la síntesis	152
7.5.4. Prototipado	153
7.5.5. Otros aspectos	153
7.6. Resumen del capítulo	154
8. Realimentación	157
8.1. Introducción histórica	157
8.2. Qué es la realimentación negativa	157
8.3. Efectos sobre la ganancia	158
8.3.1. Análisis detallado	158
8.3.2. Una visión simplificada: principio de tierra virtual	160
8.3.3. Amplificadores operacionales	160

8.4. Respuesta en frecuencia de un sistema realimentado	161
8.5. Mejora de la linealidad de un sistema realimentado	165
8.6. Algunos otros ejemplos de sistemas realimentados	167
8.6.1. Amplificador no inversor	167
8.7. Ventajas de la realimentación negativa	167
8.8. Estabilidad de un sistema realimentado	168
8.9. Definición de la realimentación negativa	172
8.10. Realimentación positiva	172
8.11. Generador de funciones	172
8.11.1. Circuito comparador	173
8.11.2. Circuito integrador	175
8.11.3. Oscilador	176
8.11.4. El generador de funciones	178
8.11.5. Posibles mejoras en el generador de funciones	180
8.11.6. Detalles de implementación del generador	181
8.12. Resumen del capítulo	181
9. Realización de un amplificador de potencia	183
9.1. Introducción al capítulo	183
9.2. Cuestiones preliminares	183
9.2.1. ¿Qué es un amplificador de potencia	183
9.2.2. Altavoces	184
9.2.3. Medida de la potencia	185
9.2.4. ¿Cuánta potencia?	186
9.3. Una solución no demasiado buena	187
9.3.1. Amplificador con seguidor de emisor	187
9.3.2. Amplificador con seguidor de emisor y salida desacoplada en continua	188
9.3.3. Condensador de acoplo en la salida	190
9.4. Mejorando la eficiencia	191
9.4.1. Amplificador en clase B	191
9.4.2. En el término medio está la virtud	193
9.4.3. Lo importante es polarizar	193
9.4.4. Esquema ¿final?	196
9.4.5. Prestaciones	197
9.5. ¡Mas madera!	197
9.5.1. Supertransistores	197
9.5.2. A la conquista del vatio	199

9.5.3. Más potencia	200
9.5.4. Amplificadores en puente o cómo lograr que uno más uno sean cuatro	201
9.6. La red de Zobel	202
9.7. Poca distorsión ¿cuánta de poca?	203
9.8. Notas finales	205
9.8.1. Componentes para amplificadores de potencia	205
9.8.2. Regulación de la alimentación	205
9.8.3. Desacoplo	205
9.8.4. Bucles de masa	205
9.9. Para aprender más	208
9.10. Resumen del capítulo	208
10. Tópicos del audio	211
10.1. El ruido	211
10.1.1. El ruido térmico	211
10.1.2. La relación señal a ruido	212
10.2. Medidas con señales sinusoidales	213
10.2.1. Descomposición en series de sinusoides	213
10.2.2. Frecuencia fundamental y armónicos	214
10.3. La distorsión	214
10.3.1. Distorsión armónica	214
10.3.2. Un ejemplo	215
10.4. Analógico y digital	216
10.4.1. Muestreo a suficiente velocidad	218
10.4.2. Muestreo con suficiente resolución	218