

Índice general

Acrónimos

1. Red de a bordo	1
1.1. Energía de a bordo	1
1.1.1. Baterías de plomo AGM	1
1.2. Cables	2
1.3. Aluminio versus cobre	2
1.3.1. Resistencia cobre y aluminio	3
1.4. Capacidad de resistencia a la corriente	4
1.4.1. Nomenclatura del cableado dentro de un vehículo	6
1.4.2. Conectores	6
1.4.3. Ejemplos consumos de dispositivos	7
Ejemplos	8
2. Resistencias	11
2.1. Teoría	12
2.1.1. Resistencia específica	12
2.1.2. Potencia media	14
2.1.3. Temperatura máxima	17
2.1.4. Resistencia térmica de una resistencia	18
2.1.5. Carga pulsante	20
2.1.6. Tensión máxima de trabajo	21
2.1.7. Equivalente real de una resistencia	21
2.1.8. Conexión en serie y paralelo de resistencias	22
2.1.9. Ruido térmico Johnson	24
2.2. Resistencias de montaje superficial	24
2.2.1. Resistencias de película gruesa	26
2.2.2. Resistencias de película fina	27
2.2.3. Resistencias de folio	27
2.2.4. Resistencias shunt	28
2.2.5. Potenciómetros	28

2.2.6.	Resistencias SC	29
Ejemplos		30
3.	Bobinas y transformadores	33
3.1.	Bobinas	33
3.1.1.	Potencia consumida	35
3.1.2.	Teoría	36
3.1.3.	Bobinas en serie y en paralelo	39
3.2.	Transformadores	43
3.2.1.	Circuito con etapa de potencia AB y transformador para circuito de instrumentación para simular un turbocargador	45
Ejemplos		48
Referencias		50
4.	Condensadores	51
4.1.	Diseño de condensadores con simetrías sencillas	51
4.1.1.	Ley de Gauß	52
4.1.2.	Capacidad de una única carga	53
4.1.3.	Condensador de placas paralelas	53
4.1.4.	Condensador cilíndrico	55
4.1.5.	Condensador esférico	56
4.2.	Configuración en serie y en paralelo de condensadores	57
4.2.1.	Conexión en paralelo	58
4.2.2.	Conexión en serie de condensadores	59
4.3.	Condensadores cerámicos	61
4.4.	Condensadores electrolíticos	69
4.4.1.	Condensadores de aluminio	69
4.4.2.	Condensador de tántalo	77
4.4.3.	Condensador de Niobio	77
4.4.4.	Condensadores con polímero de aluminio	78
4.5.	Condensadores de folio	78
4.5.1.	Dimensionamiento y propiedades eléctricas	82
4.5.2.	Condensadores de folio de poliéster (MKT)	83
4.5.3.	Condensadores de folio de polipropileno (MKP)	83
4.5.4.	Materiales típicos para encapsular condensadores	84
Ejemplos		85
Referencias		91
5.	Transistores y diodos	93
5.1.	Transistores bipolares	93
5.1.1.	Zona de bloqueo	95
5.1.2.	Zona lineal	95
5.1.3.	Zona de saturación	95
5.1.4.	Modelo de pequeña señal de un transistor NPN	96
5.1.5.	Transistores frecuentes que utilizar	96
5.2.	MOSFET	97

5.2.1.	MOSFET de enriquecimiento	97
5.2.2.	Modelo de pequeña señal de un MOSFET de canal N	100
5.3.	IGBT	101
5.4.	Diodos	102
5.4.1.	Diodos Schottky	103
5.4.2.	Diodos Zener	104
5.5.	Diodos frecuentes que utilizar	106
	Ejemplos	107
6.	Amplificadores operacionales y comparadores	109
6.1.	Amplificadores operacionales	109
6.2.	Introducción	111
6.2.1.	Offset de tensión de entrada	115
6.2.2.	Corrientes parásitas de entrada	117
6.3.	Circuitos típicos con amplificadores operacionales	120
6.3.1.	Seguidor de tensión	120
6.3.2.	Amplificador inversor	121
6.3.3.	No inversor	122
6.3.4.	Comparadores	126
6.3.5.	Sumador	127
6.3.6.	Restador	129
6.3.7.	Integrador	130
6.3.8.	Diferenciador	131
6.3.9.	Amplificador logarítmico	131
6.3.10.	Potenciador	132
6.3.11.	Medida de corriente	133
6.3.12.	Detector cambio de dirección de corriente	134
6.3.13.	Amplificadores de instrumentación	135
6.4.	Comparadores	141
6.5.	Amplificadores operacionales y comparadores típicos	141
7.	Reguladores de tensión	143
7.1.	Reguladores de tensión continua	143
7.1.1.	Reguladores lineales	144
7.1.2.	Fuentes conmutadas	148
7.1.3.	Convertidores reductores	148
7.1.4.	Convertidores elevadores	151
7.1.5.	Alimentación en microcontroladores	153
7.1.6.	Doblador de tensión con condensadores	154
7.2.	Reguladores de tensión alterna	156
8.	Filtros	159
8.1.	Filtro paso alto	159
8.2.	Filtro paso bajo	162
8.2.1.	Resolución mediante la transformada de Laplace	163
8.2.2.	Resolución mediante ecuaciones diferenciales	163

8.3.	Filtro paso bajo L C	166
8.4.	Filtro paso banda	170
8.4.1.	Circuito RCL serie	170
8.4.2.	RCL paralelo	171
8.5.	Filtro elimina banda	174
9.	Estabilidad	177
9.1.	Estudio teórico de la estabilidad de una fuente conmutada	179
	Referencias	182
10.	Osciladores y circuitos con osciladores	183
10.1.	Resonadores cerámicos y osciladores de cuarzo	185
10.1.1.	Circuitos típicos de oscilación usados con microcontroladores .	186
10.1.2.	Factor de seguridad de oscilación	187
10.1.3.	Medida de la potencia consumida en el oscilador	191
10.2.	Osciladores con puertas NOT	193
10.3.	Generador de onda cuadrada con el integrado LM555	197
10.4.	Configuración de frecuencia y ciclo de trabajo variable	197
10.4.1.	Frecuencia de funcionamiento constante con ciclo de trabajo variable	200
	Ejemplos	201
11.	Potencia y energía	205
11.1.	Potencia	205
11.2.	Configuración High Side y Low Side	206
11.3.	Cálculo de la potencia disipada en un MOSFET para distintos tipos de cargas	208
11.3.1.	Cálculo de potencia con carga resistiva	208
11.3.2.	Cálculo de potencia cuando la carga es inductiva	212
11.3.3.	MOSFET trabajando en la zona de saturación y en la zona lineal	222
11.4.	Energía soportada en un MOSFET	227
11.4.1.	Cálculo mediante Laplace	228
11.4.2.	Cálculo de energía mediante balances de energía	232
11.4.3.	Energía disipada en el MOSFET igual a la almacenada en la bobina	235
11.5.	Circuitos discretos de control para MOSFET	239
11.5.1.	Técnicas para acelerar los tiempos de encendido y apagado de transistores NPN	241
11.6.	Control mediante puertas lógicas	247
11.6.1.	Control mediante otro MOSFET de canal N de pequeña señal . .	250
11.7.	High Side con medidas adicionales de protección por sobrecorriente . . .	251
11.8.	Control de un MOSFET Low Side con medidas de protección por sobrecorriente	253
11.9.	Control IGBT	253
11.9.1.	Control de bujías con IGBT	254
11.10.	Cálculo de potencia en drivers integrados	256

11.10.1. Cálculo de potencia consumida por los drivers	259
11.11. Motores con escobillas	261
Ejemplos	263
12. Cálculos térmicos	279
12.1. Equilibrio termodinámico	279
12.2. Conducción de calor	279
12.3. Convección	281
12.3.1. Determinación del coeficiente de convección mediante el número de Nusselt	282
12.4. Radiación térmica	284
12.5. Convección y radiación térmica	285
12.6. Comportamiento térmico dentro de una caja	285
12.7. Temperatura para distintas fuentes de calor dentro de un PCB	287
12.7.1. Cálculos aproximados orientativos	287
12.7.2. Métodos aproximados de estimación de la temperatura en la unión para distintas fuentes de calor dentro de un mismo PCB ..	289
12.8. Capacidad térmica	298
12.9. Esquemas térmicos	298
12.9.1. Análisis capacidad térmica radiador mediante Laplace	300
12.9.2. Simulación térmica mediante programas tipo CAD y LTSpice ..	303
12.10. Sensores de temperatura	304
12.10.1. Termorresistencia PT100	305
12.10.2. Termopares	306
12.10.3. NTC	307
12.10.4. Diodos	308
Ejemplos	309
Referencias	321
13. Tecnologías de circuitos impresos	323
13.1. FR4 y otras tecnologías rígidas	324
13.1.1. Propiedades físicas	324
13.1.2. Acabados de la placa	327
13.1.3. Vías térmicas	328
13.1.4. Orden de las capas	334
13.2. Thick Copper PCB	335
13.3. Placas de circuitos impresos flexibles	336
13.3.1. Capacidad de corriente máxima admisible	336
13.4. TFT (<i>Thick Film Technology</i>)	337
13.4.1. Corriente máxima permitida en las pistas	340
13.4.2. Corriente máxima en los bondings	342
13.4.3. Cálculo de la resistencia térmica para distintas cápsulas	348
13.5. LTCC (<i>Low Temperature Cofired Ceramic</i>)	352
13.6. HTCC (<i>High Temperature Cofired Ceramic</i>)	353
13.7. DBC (<i>Direct Bonded Copper</i>)	353
13.8. IMS (<i>Insulated Metal Substrate</i>)	354

13.9. AMS (<i>Aluminium Metal Substrate</i>)	355
Ejemplos	356
Referencias	364
14. Compatibilidad electromagnética	365
14.1. Teoría	366
14.1.1. Espectro electromagnético de las señales más comunes	367
14.1.2. Series de Fourier	367
14.1.3. Pulso cuadrado ideal	367
14.1.4. Señal trapezoidal	368
14.2. Instrumentos de medida	371
14.3. Red de estabilización de impedancia	373
14.3.1. Montaje	374
14.4. Modulaciones	376
14.5. Modos y estados de funcionamiento	377
14.6. Normas	378
14.7. Cámaras para ensayos de compatibilidad electromagnética	379
14.7.1. Cámaras anecoicas	380
14.7.2. Cámaras reverberantes	381
14.8. Emisiones radiadas	381
14.8.1. Medidas electromagnéticas	381
14.9. Ensayos de inmunidad	385
14.9.1. Radiación electromagnética	385
14.9.2. Inmunidad magnética	387
14.9.3. BCI	387
14.9.4. Handys	389
14.9.5. Celda TEM	390
14.10. Emisiones conducidas	390
14.11. Stripline	392
14.12. Conrmedidas para mejorar comportamiento EMC	395
14.12.1. Ferritas	395
14.12.2. Acoplamientos capacitivos	396
14.12.3. Superficies de radiación	399
14.12.4. Fuentes conmutadas	400
Ejemplos	401
15. Ensayos eléctricos	403
15.1. Test de inversión de polaridad	403
15.2. Load Dump o Pulso 5	405
15.3. Pulso 1	408
15.4. Pulso 2a	409
15.5. Pulso 2b	410
15.6. Pulso 3a	410
15.7. Pulso 3b	412
15.8. Perfil de arranque	413

16. Descargas electrostáticas	415
16.1. ESD	415
16.1.1. Cálculos	415
16.1.2. Resolución mediante ecuaciones diferenciales	417
16.1.3. Resolución mediante la transformada de Laplace	420
16.1.4. Test ESD en el laboratorio	421
Ejemplos	422
Referencias	423
17. Transformada de Laplace	425
17.1. Teoría	425
17.1.1. Transformación	425
17.1.2. Transformada inversa de Laplace	426
17.1.3. Linearidad	426
17.1.4. Derivada	426
17.1.5. Traslación	427
17.1.6. Integración	428
17.1.7. Convolución	429
17.2. Diagrama de bloques	429
17.2.1. Bloques en serie	429
17.2.2. Bloques en paralelo	430
17.2.3. Red realimentación	430
17.3. Correspondencias importantes entre el dominio temporal y el de la frecuencia	431
17.3.1. Función Delta Dirac	431
17.3.2. Función escalón	432
17.3.3. Función exponencial	432
17.3.4. Función t^n	433
17.3.5. Función coseno	433
17.3.6. Función amortiguada	434
17.3.7. Resumen transformadas	435
17.3.8. Aplicaciones prácticas	436
17.3.9. Carga de condensador	439
17.3.10. Sobretenión en el apagado debido a un circuito R L C	442
17.3.11. Descarga rápida regenerativa de una válvula proporcional	445
17.3.12. Carga de un filtro de segundo orden	446
17.4. Resolución de problemas de Laplace con Python	449
17.4.1. Representación del diagrama de Bode	449
17.4.2. Respuesta a un escalón de tensión	450
17.5. Uso de Laplace en Mathcad	452
Ejemplos	453

18. Buses e interfaces de comunicación	459
18.1. Buses circuitería a bordo	459
18.1.1. CAN	459
18.1.2. LIN	462
18.2. Interfaces de comunicación dentro a nivel de circuito	463
18.2.1. I2C	463
18.2.2. SPI	465
18.2.3. LVDS	465
Ejemplos	466
Referencias	467
Índice alfabético	469