

INDICE

1. El Transistor como un Dispositivo de Corte y Saturación	10
1.1. El transistor como interruptor	1
1.1.1. Cálculos relacionados con el transistor como interruptor	2
1.1.2. Comparación del transistor como interruptor con un interruptor mecánico	4
1.2. Variantes del Circuito Básico del transistor como interruptor	7
1.3. Aplicaciones del transistor como interruptor	12
1.3.1. Lámparas indicadoras	12
1.3.2. Interfase entre diferentes niveles de voltaje	16
2. El Transistor como Interruptor Actuando como Elemento Decisorio	20
2.1. Sistemas con circuitos lógicos	21
2.2. Circuitos lógicos implementados con relés magnéticos	22
2.3. Circuito de lógico de relés para un sistema clasificador de piezas manufacturadas	25
2.4. Lógica implementada con transistores	30
2.5. Puertas lógicas – Módulos para construcción de circuitos lógicos	32
2.5.1. Puertas no inversoras: AND, OR	32
2.5.2. Puertas inversoras: NAND, NOR, NOT	34
2.5.3. Lógica positiva versus lógica negativa	36
2.6. Circuito lógico de estado sólido para el sistema clasificador de piezas manufacturadas	37
2.7. Dispositivos de entrada para la lógica de estados sólido	40
2.8. Dispositivos de salida para la lógica de estado sólido	47
2.9. Comparación entre la lógica de estado sólido y la lógica de relés	49
2.10. Circuito de estado sólido para controlar el ciclo de operación de una rebajadora automática	52
2.11. Circuito lógico para un anunciador de primera falla	55
2.12. Circuito lógico para controlar el ciclo de operación de un taladro automático	58
2.13. Familias lógicas – Sus características y principales cualidades	61
2.13.1. La familia RTL	62
2.13.2. La familia DTL	67
2.13.3. La familia HTL	69
2.13.4. La familia TTL	72
2.13.5. La familia CMOS	74
3. El Transistor como Interruptor en Circuitos con Memoria y Contadores	79
3.1. Flip – flops	80
3.2. Circuitos de control para un soldador utilizando slip – flops RS	83
3.3. Flip – Flops RS con entrada de reloj	84
3.4. Control de una cepilladora utilizando flip – flops RS con entrada de reloj	87
3.6. Registros de desplazamiento	93
3.6.1. Registro de desplazamiento implementados con flip – flop JK	93
3.6.2. Sistema de inspección y transporte usando un registro de desplazamiento	94

3.6.3. Registro de desplazamiento integrados	97
3.7. Contadores	99
3.7.1. El sistema binario	99
3.7.2. conteo en binario	999
3.7.3. Decimal codificado en binario (BCD)	100
3.7.4. Contadores con base en flip – flops	101
3.7.5. Contadores decadales	103
3.7.6. Contadores decadales en cascada	106
3.8. Decodificadores	108
3.9. Sistema estampador que utiliza contadores decadales y decodificadores	110
3.10. Monoestables	113
3.11. Relojes	117
3.12. Sistema de llenado automático de recipientes que usan un reloj y monoestables	119
3.13. Contadores regresivos y codificadores	122
3.13.1. Contadores decadales regresivos	122
3.13.2. Codificadores decimal a BCD	123
3.14. Temporizadores	125
3.14.1. Retardos en circuitos con relés	126
3.14.2. Circuitos serie resistencia – condensador: Constantes de tiempo	128
3.14.3. Temporizadores de estado sólido	128
3.15. Sistema envasador que utiliza un contador regresivo, un codificador y temporizadores	1134
4. El SCR	141
4.1. Teoría y operación de los SCR,	142
4.2. Formas de onda en el SCR	144
4.3. Características de puerta de SCR	145
4.4. Circuitos típicos de control de puerta	146
4.5. Otros circuitos de control de puerta	150
4.5.1. Retardos en el disparo usando condensadores	150
4.5.2. Uso de dispositivos de disparo en el manejo de la puerta	152
4.6. Métodos alternativos de conexión de los SCR a la carga	154
4.6.1. Control unidireccional de onda completa	154
4.6.2. Control bidireccional de onda completa	154
4.6.3. Circuitos puente con SRC	154
4.7. Los SCR en circuitos DC	155
5. EL UJT	163
5.1. Teoría y operación de los UJT	164
5.1.1. Disparo de UJT	164
5.1.2. Curvas características voltaje – corriente del UJT	1654
5.2. Osciladores de relajación con UJT	168
5.3. Circuitos de tiempo con UJT	173
5.3.1. Relé temporizado con UJT	173
5.3.2. Monoestable mejorado utilizando un UJT	174
5.4. Uso de UJT en circuitos de disparo de los SCR	176
5.4.1. Circuito de disparo con UJT (Sincronizado con la línea) para un SCR	76
5.4.2. Magnitud de los componentes de un circuito de disparo con UJT	178

5.4.3. Circuito de conmutación secuencial que utiliza un UJT para el control de puerta	181
5.4.4. Amplificación de salida lógico utilizando una combinación UJT -* SCR	184
6. El TRIAC y OTROS TIRISTORES	191
6.1. Teoría y operación de los triacs	192
6.2. Formas de onda en los triacs	193
6.3. Características eléctricas de los triacs	195
6.4. Métodos de disparo para triacs	197
6.4.1. Circuito RC de control de puerta	197
6.4.2. Dispositivos de disparo en circuitos de control de puerta para triacs	198
6.5. Interruptores bilaterales de silicio	200
6.5.1. Teoría y operación de un SBS	200
6.5.2. Utilización del terminal de puerta de un SBS	202
6.5.3. Eliminación de la histeresis de triac con un SBS	202
6.6. Dispositivos de disparo unilaterales	206
6.7. El diodo de cuatro capas utilizado para disparar un triac	208
6.8. Velocidad de aumento crítica del voltaje ampliado a un triac bloqueado (dv/dt)	211
6.9. Los UJT como dispositivos de disparo para triacs,	212
6.9.1. Circuito de disparo con UJT, y con realimentación por resistencia	212
6.9.2. Circuito de disparo con UJT, y con realimentación por voltaje	217
7. Sistema Automático Industrial de Soldadura con Control Digital	226
7.1. Descripción física del sistema de soldadura de rines	227
7.2. Secuencia de operaciones para hacer una soldadura	228
7.3. Diagrama de bloques del circuito de control para la secuencia	233
7.3.1. Un sistema complejo segmentado en pequeños subcircuitos o bloques – explicación del diagrama de bloques aproximado	233
7.3.2. Cómo el circuito de la secuencia de iniciación (Bloque A) encaja el sistema total	234
7.3.3. Cómo el circuito de la etapa de disparo y permisión (Bloque B) encaja en el sistema total	236
7.3.4. Cómo el circuito de la etapa paso a paso (Bloque C) encaja en el sistema total	236
7.3.5. Como el circuito predeterminado de la etapa contadora de tiempos (Bloque D) encaja en el sistema total	237
7.3.6. Como la etapa contadora de tiempos (Bloque E) encaja en el sistema total	237
7.3.7. Como el circuito paso a paso de caliente – frío y permisión (Bloque F) encaja en el sistema total	238
7.3.8. Como el circuito prederterminador del contador caliente frío (Bloque G) encaja en el sistema total	238
7.3.9. Como el contador caliente – frío (Bloque H) encaja en el sistema total	239
7.3.10. Como el circuito de potencia del soldador (Bloque I), encaja en el sistema total	239
7.4. Descripción Detallada del Circuito de Iniciación de la Secuencia y del Circuito de la Etapa de Disparo y Permitidor	239

7.4.1. Notación usada en los diagramas esquemáticos y el texto escrito	239
7.4.2. Funcionamiento del circuito	242
7.5. Descripción detallada del circuito de la etapa paso a paso y decodificadora	246
7.5.1. El circuito de la etapa a paso	246
7.5.2. El decodificador	249
7.6. La etapa contadora de tiempos y el circuito predeterminador de la etapa contadora de tiempos	250
7.6.1. La etapa contadora de tiempos	250
7.6.2. funcionamiento de los circuitos de predeterminador	252
7.6.3. Conexión entre si de los separadores	255
7.7. Circuito paso a paso caliente – frío y permitidor	257
7.8. Circuitos contador caliente – frío y predeterminador del contador caliente – frío	260
7.9. Circuito de potencia del soldador	262
7.9.1. Una visión simplificada del circuito de potencial del soldador	262
7.9.2. Circuito de potencia real del soldador	266
8. Amplificadores Operacionales	276
8.1. Características de los OP Amps	277
8.1.1. Capacidades básicas	278
8.1.2. Ganancia de voltaje de bucla abierta	278
8.1.3. Resistencia de entrada	279
8.1.4. Otras consideraciones concernientes a los Op Amps	278
8.1.3. Resistencia de entrada	279
8.1.4. Otras consideraciones concernientes a los Op Amps	280
8.2. El comprador de voltaje	283
8.3. El Op Amp amplificador inversor	284
8.4. El inversor de fase	289
8.5. Circuitos sumadores con Op Amps	289
8.6. Amplificador noinversor	291
8.7. Corrección del problema de desbalance (OFFSET)	292
8.8. El Op Amp amplificador diferencial	294
8.9. Un Op Amp conversor voltaje – corriente	295
8.10. Op Amps integradores y diferenciadores	296
9. Sistemas Realimentados y Servo Mecanismos	302
9.1. Sistemas de bucla abierta versus sistemas de bucla cerrada	303
9.2. Diagramas y nomenclatura de los sistemas de bucla cerrada	307
9.2.1. Diagrama general de bloques de un sistema de bucla cerrada	307
9.2.2. Nomenclatura utilizada en los sistemas de bucla cerrada	309
9.2.3. Características de un buen sistema de bucla cerrada	310
9.3. Ejemplos de sistemas de control de bucla cerrada	310
9.3.1. Servo mecanismo simple de cremallera y piñón	311
9.3.2. Máquina duplicadora de perfiles	312
9.3.3. Sistema de control de temperatura con bimetal	313
9.3.4. Sistema de control de presión utilizando moto – posicionador	314
9.4. Modos de control en sistemas industriales de bucla cerrada	316
9.5. Control todo a nada	317
9.5.1. Zona de actuación	319
9.6. Control proporcional	320

9.6.1. Banda proporcional	321
9.6.2. Los efectos del control proporcional	327
9.6.3. Desbalance en control proporcional	329
9.6.4. Controlador eléctrico proporcional de temperatura	331
9.7. Control proporcional – integral	334
9.8. Control proporcional – integral – derivativo	339
9.8.1. Controlador eléctrico proporcional – derivativo	340
9.8.2. Controlador eléctrico proporcional – integral – derivativo	342
9.9. Respuesta del proceso	344
9.9.1. Tiempo de retardo (Retardo de la reacción) en los procesos industriales	345
9.9.2. Atraso de transferencia	347
9.9.3. Atraso de transmisión y tiempo muerto	350
9.10. Relaciones entre las características del proceso y el modo de control apropiado	352
10. Amplificadores y Dispositivos Correctores Finales	360
10.1. Válvulas solenoide	362
10.2. Válvulas de dos posiciones operadas por motor eléctrico	363
10.3. Válvulas de posición proporcional operadas por motor	366
10.4. Válvulas electroneumáticas	367
10.4.1. Operador electroneumático de válvulas	367
10.4.2. Conversos de señal electroneumático para operar un posicionador neumático	369
10.5. Válvulas electrohidráulicas	372
10.6. Características de flujo de una válvula	373
10.7. Relés y contactores	377
10.7.1. Control todo o nada de corriente a la carga	377
10.7.2. Histéresis de los relés	377
10.7.3. Contador trifásico para conmutar entre delta y Y	380
10.8. Tiristores	383
10.9. Motores AC de fase partida	384
10.10. Servo motores AC	392
10.11. Servo amplificadores AC de estado sólido	401
10.11.1. Servo amplificador 1: Amplificador transistorizado de cuatro etapas con salida push – pull	401
10.11.2. Servo amplificador 2: Amplificador transistorizado de cuatro etapas estabilizado con troceador, con realimentación negativa y fuente de sin filtraje para el devanado de control	406
10.11.3. Servo amplificador 3: Amplificador híbrido utilizando un op amp CI en la etapa de entrada y con una etapa de salida discreta push – pull	412
10.12. Servo motores DC	413
10.13. Amplificadores para servo – motores DC	414
11. Transductores de Entrada – Dispositivos de Medida	423
11.1. Potenciómetros	425
11.2. Transformadores diferenciales de variación lineal (LVDTs)	430
11.3. Transductores de presión	432
11.3.1. Tubos Bourdon	432
11.3.2. Fuelles	432
11.4. Termocuplas	432

11.5. termistores y detectores resistivos de temperatura (RTDs)	439
11.6. Foceldas y dispositivos fotoeléctricos	443
11.6.1. Celdas fotovoltaicas	444
11.6.2. Celdas fotoconductoras	448
11.6.3. Acoplamiento t aislamiento ópticos: fototransistores diodos emisores de luz	452
11.7. Galgas extensiométricos	457
11.8. Tacómetros	460
11.8.1. Tacómetro generador DC	461
11.8.2. Tacómetros drag cup	461
11.8.3. Tacómetro AC de campo rotatorio	462
11.8.4. Tacómetros de rotor dentado	462
11.8.5. Tacómetros de captador fotoeléctrico	464
11.8.6. Tacómetros de frecuencia versus tacómetros de magnitud	464
11.9. Traductores de humedad	465
11.9.1. Higrómetros resistivos	465
11.9.2. Sicrometros	466
11.9.3. Detección de las condiciones en un material sólido	468
12. Nuevo Ejemplos de Sistemas Industriales de Bucla Cerrada	473
12.1. Control por termistor de la temperatura del aceite de apagado	474
12.2. Sistema de control de presión, modo proporcional	478
12.2.1. Fosos de calentamiento para lingotes de acero	478
12.2.2. El comparador/controlador electrónico	481
12.3. Controlador de temperatura proporcional – integral con entrada de termocupla	486
12.3.1. Circuito puente termocupla – valor de referencia	486
12.3.2. El preamplificador, el troceador y el demodulador	487
12.3.3. Control proporcional – integral	492
12.4. Controlador de la tensión de una tira	495
12.5. Control de borde para un rodillo recolector	500
12.6. Sistema de pesaje automático	505
12.6.1. La distribución mecánica	505
12.6.2. Circuito electrónico de pesaje	506
12.6.3. Lector óptico del peso	509
12.6.4. El ciclo lógico automático	512
12.6.5. Otros códigos y métodos de codificación	515
12.7. Controlador de bióxido de carbón para un horno de carburación	516
12.7.1. El proceso de carburación	516
12.7.2. Medida de la concentración de CO ₂	518
12.7.3. El detector de error, el controlador y el dispositivo corrector final	523
12.8. Control de la humedad relativa en un proceso de humedecimiento de textiles	527
12.9. Control de humedad de una bodega	531
13. Sistemas de Control de Velocidad de Motores	537
13.1. Motores DC – características y operación	538
13.1.1. Variación de la velocidad de un motor shunt DC	540
13.2. Control por tiristor de voltaje y corriente de armadura	542
13.3. Sistema de control de velocidad monofásico y de media onda para un motor Shunt DC	542

13.4. Otro sistema monofásico de control de velocidad	545
13.5. Control reversible de velocidad	546
13.6. Sistemas operadores trifásicos para motores DC	548
13.7. Ejemplo de un sistema operador trifásico	550
13.8. Control de velocidad de los motores de inducción	553
Índice	559