

Índice

| | | | |
|--|----------|---|-----------|
| Prólogo | XI | 2.10.2. Realización de esquemas con contactos .. | 12 |
| 1 Principios de automatización | 1 | 2.10.3. Otras funciones importantes | 12 |
| 1.1. Concepto de automatización | 2 | 2.11. Definición de sistemas combinacionales | 13 |
| 1.2. Técnicas de automatización | 2 | 2.12. Síntesis de sistemas combinacionales. Tabla de | |
| 1.2.1. Automatización mecánica | 2 | Karnaugh | 13 |
| 1.2.2. Automatización neumática | 2 | Problemas | 15 |
| 1.2.3. Automatización hidráulica | 3 | Actividades | 16 |
| 1.2.4. Automatización eléctrica | 3 | 3 Dispositivos de mando automáticos | 17 |
| 1.2.5. Automatización electrónica | 3 | 3.1. Sistemas cableados. Realización de esquemas | |
| 1.3. Tipos de controles de un proceso | 3 | básicos | 18 |
| 1.3.1. Control en lazo abierto | 3 | 3.1.1. Relés | 18 |
| 1.3.2. Control en lazo cerrado | 3 | 3.1.2. Contactor | 18 |
| 1.4. Tipos de procesos industriales | 4 | 3.1.3. Numeración de los contactos | 18 |
| 1.4.1. Procesos continuos | 4 | 3.2. Encendido de una lámpara mediante relé | 19 |
| 1.4.2. Procesos discretos | 4 | 3.3. Realización de automatismos básicos | 19 |
| 1.4.3. Procesos discontinuos o por lotes | 4 | 3.4. Automatismos con temporizadores | 20 |
| 1.5. Controladores secuenciales | 5 | 3.4.1. Otros tipos de temporizadores | 21 |
| 1.5.1. Asíncronos | 5 | Problemas | 23 |
| 1.5.2. Síncronos | 5 | Actividades | 23 |
| Problemas | 6 | 4 Procedimientos para el arranque | |
| Actividades | 6 | de motores | 25 |
| 2 Álgebra de Boole | 7 | 4.1. Arranque de un motor | 26 |
| 2.1. Funcionamiento digital (binario) de un sistema .. | 8 | 4.1.1. Corriente de arranque | 26 |
| 2.1.1. El sistema binario | 8 | 4.2. Conexiones en el motor asincrono trifásico | 26 |
| 2.1.2. Sistemas lógicos | 8 | 4.3. Procedimientos de arranque para motores | |
| 2.2. Puerta OR | 8 | asíncronos trifásicos | 27 |
| 2.3. Puerta AND | 9 | 4.3.1. Conexión estrella-triángulo | 27 |
| 2.4. Puerta NOT | 9 | 4.3.2. Arranque mediante autotransformador | 28 |
| 2.5. El álgebra de Boole | 9 | 4.3.3. Acción sobre el circuito del rotor | 28 |
| 2.6. Operaciones en el álgebra de Boole | 9 | 4.3.4. Arrancadores estáticos | 29 |
| 2.7. Teoremas importantes del álgebra de Boole | 10 | 4.3.5. Variadores de frecuencia | 29 |
| 2.8. Funciones en el álgebra de Boole | 11 | 4.4. Inversión del sentido de giro de los motores | |
| 2.9. Tabla de la verdad de una función lógica | 11 | asíncronos | 30 |
| 2.10. Realización de funciones lógicas | 11 | 4.5. Puesta en marcha de los motores síncronos | 31 |
| 2.10.1. Realización con puertas lógicas | 11 | 4.5.1. Arranque como motor asíncrono | 31 |
| | | 4.5.2. Motor asincrono sincronizado | 31 |

| | |
|--|----|
| 4.5.3. Arranque mediante motor de arrastre | 31 |
| Problemas | 32 |
| Actividades | 32 |

5 Elementos de protección y medida 33

| | |
|---|----|
| 5.1. Diagrama de bloques de los relés de protección | 34 |
| 5.1.1. Características de los relés | 34 |
| 5.1.2. Criterios para detectar una anomalía en una instalación | 34 |
| 5.2. Características eléctricas de construcción de los relés de protección | 34 |
| 5.2.1. Relés de inducción | 34 |
| 5.2.2. Relés electromagnéticos | 35 |
| 5.2.3. Relés electrónicos | 35 |
| 5.2.4. Relés electrodinámicos | 35 |
| 5.2.5. Relés térmicos | 35 |
| 5.3. Relés de protección según la magnitud eléctrica que vigilan | 36 |
| 5.3.1. Relé diferencial | 36 |
| 5.3.2. Interruptores diferenciales | 36 |
| 5.4. Relés de tensión | 37 |
| 5.4.1. Relés de máxima tensión | 37 |
| 5.4.2. Relés de mínima tensión | 37 |
| 5.4.3. Relés de máxima y mínima tensión | 37 |
| 5.5. Relés de intensidad | 37 |
| 5.5.1. Relés de sobreintensidad con transformadores de intensidad | 38 |
| 5.5.2. Relés térmicos | 38 |
| 5.5.3. Relés térmicos diferenciales | 38 |
| 5.5.4. Relés de máxima intensidad electromagnética | 38 |
| 5.5.5. Relés de impedancia | 38 |
| 5.5.6. Relés de frecuencia | 38 |
| 5.5.7. Relés de potencia | 39 |
| 5.6. Puesta a tierra de las máquinas | 39 |
| 5.6.1. Protección contra contactos | 39 |
| 5.7. Aparatos de medida | 39 |
| 5.7.1. Conexión de los aparatos de medida | 39 |
| 5.7.2. Símbolos de los aparatos de medida | 40 |
| 5.8. Normas del Reglamento electrotécnico de baja tensión para la puesta a tierra | 40 |
| 5.8.1. Tomas de tierra | 41 |
| 5.8.2. Líneas principales de tierra | 41 |
| 5.8.3. Conductores de protección | 41 |
| 5.8.4. Protección de las instalaciones | 41 |
| Problemas | 42 |
| Actividades | 42 |

6 Circuitos combinacionales 43

| | |
|--|----|
| 6.1. Introducción | 44 |
| 6.2. Decodificadores | 44 |
| 6.2.1. Implementación de funciones lógicas con decodificadores | 45 |
| 6.3. Codificadores | 46 |
| 6.4. Multiplexores | 46 |
| 6.5. Demultiplexores | 47 |
| 6.6. Comparadores binarios | 47 |
| 6.7. Circuito semisumador | 48 |
| 6.8. Ejemplos resueltos | 48 |

| | |
|-----------------------|----|
| Problemas | 52 |
| Actividades | 52 |

7 Sistemas de numeración y códigos 53

| | |
|---|----|
| 7.1. Sistema binario | 54 |
| 7.2. Sistema octal | 54 |
| 7.3. Sistema hexadecimal | 54 |
| 7.4. Códigos decimales codificados en binario (BCD) | 54 |
| 7.5. Otros códigos binarios | 55 |
| 7.5.1. Código Gray | 55 |
| 7.5.2. Código Johnson | 55 |
| 7.5.3. Código BCD exceso tres | 55 |
| 7.6. Códigos alfanuméricos | 56 |
| Problemas | 57 |
| Actividades | 57 |

8 Autómatas programables 59

| | |
|---|----|
| 8.1. Definición de autómata programable | 60 |
| 8.1.1. ¿Para qué se utiliza? | 60 |
| 8.1.2. Aspecto de un autómata | 60 |
| 8.1.3. La base: el sistema digital | 61 |
| 8.2. Clasificación de los autómatas según su tamaño | 61 |
| 8.3. Otros elementos del sistema | 62 |
| 8.4. Sistemas programados. Programación básica | 62 |
| 8.5. Representación de entradas y salidas | 63 |
| 8.6. Programación de contactos de apertura y cierre | 63 |
| 8.7. Instrucciones básicas STEP 7 en KOP | 64 |
| 8.8. Programación en formato FUP | 64 |
| Problemas | 66 |
| Actividades | 66 |

9 Programación de esquemas cableados 67

| | |
|--|----|
| 9.1. Realización de programas KOP a partir del esquema de cableado | 68 |
| 9.1.1. Realización de automatismos básicos | 68 |
| 9.1.2. Relés incompatibles pasando por paro | 68 |
| 9.1.3. Relés incompatibles sin pasar por paro | 69 |
| 9.2. Programación de temporizadores | 69 |
| 9.2.1. Ejemplos de operación con temporizadores | 70 |
| 9.3. Programación de contadores | 71 |
| 9.4. Uso de marcas | 72 |
| Problemas | 73 |
| Actividades | 74 |

10 Programación con OMRON 75

| | |
|--|----|
| 10.1. Serie CxxH | 76 |
| 10.2. Serie CPM2A | 76 |
| 10.3. Serie CQM1 | 76 |
| 10.4. Direccionamiento de entradas y salidas | 77 |
| 10.5. Cable RS232 de conexión | 77 |
| 10.6. Ejemplos de programación | 77 |
| 10.7. Control de flancos | 78 |
| Actividades | 80 |

11 Ejemplos de programas 81

11.1. Cableado de los S7-200 82
 11.1.1. Cableado de las entradas 82
 11.1.2. Cableado de las salidas 82

11.2. Cableado de los S7-300 82

11.3. Autómatas Omron 83

11.4. Relés interfaces 83

11.5. Cintas transportadoras 84

11.6. Control de tolva 85

11.7. Control de velocidad de bombas de agua 87

11.8. Llenado de silos 89

Actividades 91

12 Sistemas secuenciales 93

12.1. Biestables 94
 12.1.1. Biestables asíncronos 94
 12.1.2. Biestables síncronos 94

12.2. Contadores 95

12.3. Registros de desplazamiento 96

Problemas 98

Actividades 98

13 Síntesis de sistemas secuenciales con autómatas 99

13.1. Modelos de síntesis con autómatas programables 100
 13.1.1. Modelo de autómata de Moore 100
 13.1.2. Modelo de autómata de Mealy 100

13.2. Método de programación GRAFCET 100
 13.2.1. Principios básicos 100
 13.2.2. Etapas 100
 13.2.3. Condición de transición 101
 13.2.4. Reglas de evolución del GRAFCET 101

13.3. Ecuaciones lógicas 102

13.4. Otras posibilidades de GRAFCET 103
 13.4.1. Elección condicional entre varias secuencias 103
 13.4.2. Secuencias simultáneas 104
 13.4.3. Salto condicional a otra etapa 104

13.5. Acciones asociadas a las etapas 104

13.6. Realización del programa 105
 13.6.1. Condiciones iniciales 105
 13.6.2. GRAFCET 105
 13.6.3. Asignación de variables al autómata 105
 13.6.4. Listado del programa del autómata 105
 13.6.5. Movimiento de vaivén de un móvil 106

13.7. Método visual de programación 108

Problemas 113

Actividades 114

14 Elementos de neumática 117

14.1. El aire comprimido. Principios fundamentales 118

14.2. Producción del aire comprimido 118

14.2.1. Compresores volumétricos 118

14.2.2. Turbocompresores 119

14.2.3. Accionamiento del compresor 119

14.3. Distribución del aire comprimido 119
 14.3.1. Acumulador 120
 14.3.2. Separador 120
 14.3.3. Red de aire 120
 14.3.4. Preparación del aire 121

14.4. Componentes neumáticos 121

14.5. Cilindros neumáticos 121
 14.5.1. Cilindros de simple efecto 122
 14.5.2. Cilindros de doble efecto 122
 14.5.3. Cilindros de doble efecto con amortiguador 122
 14.5.4. Unidad oleoneumática 122

14.6. Válvulas 122
 14.6.1. Válvulas distribuidoras 123
 14.6.2. Representación de las válvulas distribuidoras 123

14.7. Estudio funcional de las válvulas distribuidoras 124
 14.7.1. Válvulas 2/2 124
 14.7.2. Válvulas 3/2 124
 14.7.3. Válvulas 4/2 124
 14.7.4. Válvulas 5/2 124
 14.7.5. Válvula 4/3 124
 14.7.6. Empleo de las válvulas distribuidoras 125
 14.7.7. Válvulas antirretorno 125
 14.7.8. Selectores de circuito 125
 14.7.9. Válvulas de escape rápido 125
 14.7.10. Válvulas de simultaneidad 126
 14.7.11. Reguladores de caudal 126
 14.7.12. Temporizadores 126
 14.7.13. Accesorios 126

Problemas 127

Actividades 127

15 Mando neumático 129

15.1. Tipos de mandos neumáticos 130

15.2. Instalaciones neumáticas 130
 15.2.1. Mando directo de un cilindro de simple efecto mediante pulsador 130
 15.2.2. Mando directo de un cilindro de doble efecto mediante pulsador 130
 15.2.3. Mando de un cilindro de simple efecto desde dos puntos distintos 131
 15.2.4. Mando condicional de un cilindro de simple efecto 131
 15.2.5. Control de la velocidad en los cilindros de simple efecto 131
 15.2.6. Control de la velocidad en los cilindros de doble efecto 132
 15.2.7. Aumento de la velocidad en los cilindros de doble efecto 132
 15.2.8. Mando indirecto de un cilindro de simple efecto 132
 15.2.9. Mando indirecto de un cilindro de doble efecto 132
 15.2.10. Mando condicional de un cilindro de doble efecto 133
 15.2.11. Mando de un cilindro de doble efecto con retroceso automático 133
 15.2.12. Mando automático de un cilindro de doble efecto 133

| | |
|---|-----|
| 15.2.13. Mando de un cilindro de doble efecto con control de tiempo en el retroceso | 134 |
| 15.2.14. Mando de un cilindro de doble efecto con anulador de señal | 134 |
| 15.2.15. Señales intermedias durante el avance del cilindro | 134 |
| 15.3. Electroneumática | 135 |
| 15.3.1. Electroválvulas | 135 |
| 15.3.2. Mando electroneumático | 135 |
| 15.4. Ejemplos realizados con autómatas | 135 |
| Problemas | 140 |
| Actividades | 140 |

Hidráulica aplicada 141

| | |
|---|-----|
| 16.1. Principios físicos fundamentales | 142 |
| 16.2. Magnitudes físicas | 142 |
| 16.2.1. Unidad de presión | 142 |
| 16.2.2. Transmisión hidráulica de fuerza | 142 |
| 16.2.3. Ley de circulación | 142 |
| 16.2.4. Energía hidráulica | 143 |
| 16.2.5. Rozamiento y circulación | 143 |
| 16.3. Fluidos hidráulicos y sus principales características | 144 |
| 16.3.1. Viscosidad | 144 |
| 16.3.2. Índice de viscosidad | 144 |
| 16.4. Bombas hidráulicas. Sus tipos | 144 |
| 16.4.1. Bombas de caudal fijo | 144 |
| 16.4.2. Bombas de caudal variable | 144 |
| 16.4.3. Bombas de engranajes | 144 |
| 16.4.4. Bomba de paletas | 145 |
| 16.4.5. Bombas de pistones | 145 |
| 16.4.6. Características de las bombas y su rendimiento | 145 |
| 16.5. Instalaciones hidráulicas | 145 |
| 16.5.1. Estructuración en bloques de una instalación hidráulica | 145 |
| 16.5.2. Depósito de aceite | 146 |
| 16.5.3. Filtro | 146 |
| 16.5.4. Manómetro | 147 |
| 16.5.5. Válvulas de cierre y limitadoras de presión | 147 |
| 16.5.6. Tuberías y conducciones | 147 |
| 16.6. Válvulas | 147 |
| 16.6.1. Válvulas distribuidoras 2/2 | 148 |
| 16.6.2. Válvulas distribuidoras 3/2 | 148 |
| 16.6.3. Válvulas distribuidoras 4/2 | 148 |
| 16.6.4. Válvulas distribuidoras 5/2 | 149 |

| | |
|---|-----|
| 16.6.5. Válvulas distribuidoras 4/3 | 149 |
| 16.6.6. Válvulas de caudal | 149 |
| 16.6.7. Válvulas reguladoras de presión | 149 |
| 16.7. Elementos hidráulicos de trabajo | 150 |
| 16.7.1. Cilindros | 150 |
| 16.7.2. Motores hidráulicos | 151 |
| Problemas | 152 |
| Actividades | 152 |

Circuitos hidráulicos 153

| | |
|---|-----|
| 17.1. Gobierno de un cilindro de simple efecto | 154 |
| 17.2. Mando de un cilindro de doble efecto | 154 |
| 17.3. Mando de un cilindro de doble efecto mediante válvula 4/3 | 154 |
| 17.4. Regulación de la velocidad de avance de un cilindro | 155 |
| 17.5. Regulación del caudal de entrada | 155 |
| 17.6. Regulación del caudal de salida | 156 |
| 17.7. Regulador de presión | 156 |
| 17.8. Circuito de avance rápido | 157 |
| 17.9. Electrohidráulica | 157 |
| 17.10. Aplicación del autómata programable a la electrohidráulica | 158 |
| Problemas | 160 |
| Actividades | 160 |

Apéndice I: Programa SysWin 161

| | |
|----------------------------------|-----|
| 1.1. Inicio de un proyecto | 162 |
| 1.2. Introducción de un programa | 163 |
| 1.3. Administración de bloques | 164 |

Apéndice II: Programación Step7 MicroWin 165

| | |
|--|-----|
| II.1. Familiarizarnos con el programa | 166 |
| II.2. Comunicarnos con el autómata | 166 |
| II.3. Realización de un programa ejemplo | 167 |
| II.4. Conclusión | 169 |

| | |
|-----------------|-----|
| Glosario | 171 |
|-----------------|-----|

| | |
|---------------------|-----|
| Bibliografía | 173 |
|---------------------|-----|