

ÍNDICE

Presentación	25
Contenido.....	27
1. PROCESOS INDUSTRIALES. FABRICACIÓN. SISTEMAS EN TIEMPO REAL. MODELOS. JERARQUÍA. SINCRONIZACIÓN	29
1.1. Introducción y orientación para el estudio	31
1.2. Objetivos	31
1.3. Características generales de los procesos industriales..	31
1.4. Métodos de explotación de los sistemas de fabricación.	35
1.5. Características temporales de los sistemas industriales	36
1.6. Definiciones de tiempo real.....	37
1.7. Determinación de prioridades y su aplicación	38
1.8. Modelos jerárquicos y análisis correspondiente	40
1.9. Mecanismos de sincronización entre aplicaciones distribuidas.....	44
1.10. Conclusiones	45
1.11. Bibliografía	46

1.12. Evaluación	46
1.12.1. Evaluación Objetiva	46
2. COMUNICACIONES INDUSTRIALES. SISTEMAS DISTRIBUIDOS. PROGRAMACIÓN DE REDES DISTRIBUIDAS	49
2.1. Introducción y orientaciones en el estudio	51
2.2. Objetivos	51
2.3. Comunicaciones industriales y sistemas de tiempo real	51
2.3.1. Sistemas en tiempo real	53
2.4. Sistemas distribuidos	55
2.4.1. Modelo cliente/servidor	56
2.5. Programación.....	59
2.5.1. Sistemas en tiempo real	59
2.5.2. Gestión de interrupciones y entradas/salidas	60
2.5.3. Comunicaciones y puertos.....	60
2.5.3.1. Serie	61
2.5.3.2. Paralelo	62
2.6. Conclusiones	62
2.7. Bibliografía	63
2.8. Evaluación	63
2.8.1. Evaluación Objetiva	63
3. MODELO OSI DE REDES INDUSTRIALES. BUSES DE CAMPO. ORGANIZACIONES Y ESTANDARIZACIÓN	67
3.1. Introducción y orientación para el estudio	69
3.2. Objetivos	69
3.3. El modelo OSI en las redes industriales	70
3.3.1. Introducción	70

3.3.2.	Un poco de historia. MAP, TOP y MiniMAP	72
3.3.3.	Situación actual y tendencias	78
3.4.	Organizaciones y estandarización	80
3.4.1.	Introducción. Se inicia la guerra por la estandarización	83
3.4.2.	Buses de campo estandarizados	87
3.5.	Buses de campo	90
3.5.1.	Introducción	90
3.5.2.	Funciones y características	91
3.5.3.	Paradigmas de comunicación y planificación	93
3.5.3.1.	Paradigmas de comunicación	93
3.5.3.2.	Paradigmas de planificación.....	95
3.6.	Conclusiones	99
3.7.	Bibliografía	99
3.8.	Evaluación	100
3.8.1.	Evaluación Objetiva	100
4.	BUS DE CAMPO PROFIBUS. APLICACIONES INDUSTRIALES	103
4.1.	Introducción y orientación para el estudio	105
4.2.	Objetivos	107
4.3.	Capa física (PHY)	107
4.3.1.	Medio físico	107
4.3.2.	Método de transmisión.....	110
4.3.3.	Topología	110
4.4.	Capa de enlace de datos (FDL).....	111
4.4.1.	Acceso al medio.....	114
4.4.2.	Procedimientos de transmisión.....	115
4.4.3.	Gestión del testigo	116

4.4.3.1.	Paso del testigo	116
4.4.3.1.1.	Recepción del testigo....	117
4.4.3.1.2.	Transmisión del testigo .	117
4.4.3.2.	Conexión y desconexión de estaciones	118
4.4.3.3.	Inicialización del anillo lógico.....	119
4.4.3.4.	Tiempo de rotación objetivo	120
4.4.4.	Modos de envío	122
4.4.5.	Petición del estado de todas las estaciones	123
4.4.6.	Prioridades de las tramas	123
4.5.	Máquina de estados del nivel de enlace de datos (FDL)	125
4.5.1.	Estaciones subordinadas	127
4.5.2.	Estaciones principales.	128
4.5.2.1.	Listen_Token	128
4.5.2.2.	Active_Idle	129
4.5.2.3.	Claim_Token	130
4.5.2.4.	Use_Token	131
4.5.2.5.	Await_Data_Response	132
4.5.2.6.	Check_Access_Time	132
4.5.2.7.	Pass_Token.....	132
4.5.2.8.	Check_Token_Pass	133
4.5.2.9.	Await_Status_Response	134
4.6.	Tiempos y temporizadores.....	134
4.6.1.	Tiempos	134
4.6.1.1.	Tiempo de bit	134
4.6.1.2.	Tiempo de sincronización	135
4.6.1.3.	Intervalo de sincronización	135
4.6.1.4.	Tiempo de retardo de estación.....	135

4.6.1.5.	Tiempo preparado	136
4.6.1.6.	Margen de seguridad	136
4.6.1.7.	Tiempo de inactividad	137
4.6.1.8.	Tiempo de retardo de transmisión ..	137
4.6.1.9.	Tiempo de ranura TSL.....	137
4.6.1.10.	Tiempo límite	138
4.6.1.11.	Tiempo de actualización del GAP ..	139
4.6.1.12.	Tiempo de ciclo de testigo	139
4.6.1.13.	Tiempo de ciclo de mensajes	139
4.6.1.14.	Tiempo de reacción del sistema	140
4.6.2.	Temporizadores	142
4.6.2.1.	Temporizador de rotación del testigo	142
4.6.2.2.	Temporizador de inactividad del bus	142
4.6.2.3.	Temporizador de ranura	143
4.6.2.4.	Temporizador límite	143
4.6.2.5.	Temporizador de intervalo de sincronización	143
4.6.2.6.	Temporizador de actualización del GAP	144
4.7.	Estructura de las tramas	145
4.7.1.	Tramas de longitud fija sin campo de datos	145
4.7.2.	Tramas de longitud fija con campo de datos	150
4.7.3.	Tramas con campo de datos de longitud variable	151
4.7.4.	Trama testigo	151
4.8.	Seguridad en los datos y gestión de errores	152
4.9.	Servicios de transferencia de datos	153
4.10.	Aplicaciones y productos comerciales	154

4.11. Conclusiones	156
4.12. Bibliografía	157
4.13. Evaluación	158
4.13.1. Evaluación objetiva	158
 5. BUS DE CAMPO WORLDFIP. APLICACIONES INDUSTRIALES Y FABRICACIÓN	 161
5.1. Introducción y orientación para el estudio	163
5.2. Objetivos	164
5.3. Capa física	165
5.3.1. Velocidades de transmisión	166
5.3.2. Distancias máximas	167
5.3.3. Codificación	167
5.3.4. Codificación de las tramas	168
5.4. Capa de enlace de datos	169
5.4.1. Variables y mensajes	169
5.4.2. Interfaces con la capa física y la capa de aplicación	170
5.4.3. Mecanismo de asignación del acceso al medio físico	173
5.4.4. Tabla de consulta periódica	174
5.4.5. Peticiones de transferencias aperiódicas de variables	176
5.4.5.1. Peticiones libres	178
5.4.5.2. Peticiones específicas	179
5.4.6. Petición de transferencia de mensajes sin reconocimiento	180
5.4.7. Petición de transferencia de mensajes con reconocimiento	182
5.4.8. Clases de conformidad	183

5.4.9.	Tramas	184
5.4.10.	Temporizadores	186
5.4.10.1.	Temporizador T1	187
5.4.10.2.	Temporizador T2	187
5.4.10.3.	Temporizador T3	187
5.4.10.4.	Temporizador T4	188
5.4.10.5.	Temporizador T5	188
5.4.10.6.	Temporizador T6	188
5.4.11.	Prestaciones y eficiencia en la transmisión de variables.....	188
5.4.12.	Máquina de estados de la capa de enlace de datos del árbitro de bus	192
5.4.13.	Máquina de estados de la capa de enlace de datos de la entidad consumidora/productora.....	195
5.5.	Capa de aplicación	198
5.5.1.	Lectura/Escritura local	199
5.5.2.	Indicaciones de la Recepción/Transmisión de una variable	199
5.5.3.	Lectura/Escritura remota.....	200
5.5.4.	Resincronización.....	201
5.5.5.	Puntualidad y actualización	204
5.5.5.1.	Actualización asíncrona.....	205
5.5.5.2.	Actualización síncrona.....	205
5.5.5.3.	Puntualidad asíncrona.....	206
5.5.6.	Consistencia espacial y temporal	207
5.5.6.1.	Consistencia temporal	208
5.5.6.2.	Consistencia espacial.....	209
5.5.7.	Tipos de variables y unidades de protocolo de datos	209
5.6.	Gestión de red	210

5.6.1.	Servicios locales y remotos	212
5.6.2.	Múltiples entidades de aplicación	213
5.6.3.	Lista de servicios SM_MPS	214
5.6.4.	Asignación de memoria para los identificadores	215
5.6.5.	Servicios SM_MPS y PDUs	216
5.6.5.1.	PDUs de etiquetado y direccionamiento	217
5.6.5.2.	PDUs de descarga remota	217
5.6.5.3.	PDU de lectura remota	218
5.6.5.4.	PDU de presencia	218
5.6.5.5.	PDU de identificación	218
5.6.5.6.	PDU de control remoto	218
5.6.5.7.	PDUs de monitorización remota	219
5.6.5.8.	PDUs de informes	219
5.6.6.	Servicios SMS.....	219
5.7.	Seguridad.....	220
5.7.1.	Redundancia del medio	220
5.7.2.	Errores en la capa física	220
5.7.3.	Capa de enlace de datos	220
5.7.4.	Secuencia de comprobación de trama	221
5.7.5.	Redundancia del árbitro de bus	221
5.7.6.	Validez de variables.....	223
5.7.7.	Puntualidad, actualización y consistencia espacial de datos	223
5.7.8.	Fiabilidad de las transferencias	224
5.8.	Aplicaciones.....	224
5.9.	Conclusiones	225
5.10.	Bibliografía	226
5.11.	Evaluación	226

5.11.1. Evaluación objetiva	226
6. EL BUS DE COMUNICACIONES CAN	229
6.1. Introducción y orientaciones para el estudio.....	231
6.2. Objetivos	231
6.3. Origen histórico y evolución.....	231
6.4. El bus de comunicaciones CAN.....	233
6.5. Nodo CAN.....	235
6.6. Capa de enlace de datos	235
6.6.1. Formato de la trama de datos y remota.....	237
6.6.2. Gestión de acceso al medio.....	239
6.6.3. Codificación de la trama	241
6.6.4. Detección y gestión de errores	242
6.6.5. Aislamiento de nodos con fallo	243
6.6.6. Filtros y máscaras en controladores CAN.....	243
6.6.7. Características adicionales en controladores CAN	244
6.7. Capa física	244
6.8. Bus de campo DeviceNet	250
6.8.1. Capa física	250
6.8.2. Capa de aplicación	251
6.8.2.1. Modelo maestro/esclavo.....	254
6.8.3. Los perfiles de dispositivo y la hoja electrónica de datos	258
6.9. Bus de campo CANopen	259
6.10. Conclusiones	261
6.11. Bibliografía	261
6.12. Evaluación	261
6.12.1. Evaluación objetiva	261

7.	BUSES Y PROTOCOLOS EN DOMÓTICA E INMÓTICA	265
7.1.	Introducción y orientaciones al estudio	267
7.2.	Objetivos	267
7.3.	Reseña histórica y niveles físicos	268
7.3.1.	Reseña histórica	268
7.3.2.	Estado actual	270
7.3.3.	Niveles físicos	271
7.3.3.1.	Transmisión con cable.....	271
7.3.3.1.1.	Líneas de distribución de energía eléctrica	271
7.3.3.1.2.	Cable coaxial	273
7.3.3.1.3.	Cable de par trenzado ..	273
7.3.3.1.4.	Cable de fibra óptica	275
7.3.3.2.	Transmisión sin cable.....	276
7.3.3.2.1.	Radiofrecuencia.....	276
7.3.3.2.1.1.	Bluetooth .	277
7.3.3.2.1.2.	IEEE 802.11b....	279
7.3.3.2.1.3.	IEEE 802.11g....	281
7.3.3.2.1.4.	IEEE 802.15.4...	281
7.3.3.2.1.5.	IEEE 802.16x....	282
7.3.3.2.1.6.	Infrarrojos .	282
7.4.	Estándares mundiales en Domótica e Inmótica	283
7.4.1.	KNX-EIB.....	283
7.4.1.1.	Generalidades del sistema EIB	286
7.4.1.2.	Topología y tecnología en EIB	287
7.4.1.3.	Telegrama en EIB.....	292

7.4.1.3.1.	Campos del telegrama en EIB	294
7.4.2.	SCP	299
7.4.2.1.	Topología tecnología de la red LON	300
7.4.2.2.	Instalación. Protocolo de comunicación del sistema LonWorks®.....	302
7.4.2.3.	Direcciones LonWorks®.....	304
7.4.2.3.1.	Dirección física.....	304
7.4.2.3.2.	Dirección lógica.....	305
7.4.2.4.	Configuraciones de los routers.....	306
7.4.2.5.	Mensajes y variables en LonTalk® .	306
7.4.2.6.	BACNet.....	310
7.5.	Sistemas propietarios	311
7.5.1.	Características y tipos.....	311
7.5.2.	Otros sistemas y tecnologías	313
7.5.2.1.	Bus DALI	313
7.5.2.2.	Inmótica	314
7.6.	Otros protocolos y plataformas relacionados con la domótica	315
7.6.1.	UPnP y Jini	316
7.6.1.1.	UPnP	316
7.6.1.2.	Jini	316
7.6.2.	HAVI.....	318
7.6.3.	OSGi	319
7.7.	Conclusiones	320
7.8.	Bibliografía	320
7.9.	Evaluación	321
7.9.1.	Preguntas de desarrollo.....	321

7.9.2.	Evaluación objetiva	322
8.	ETHERNET INDUSTRIAL. APLICACIONES	325
8.1.	Introducción y orientaciones para el estudio.....	327
8.2.	Objetivos	327
8.3.	Razones de uso	328
8.3.1.	Interoperabilidad	328
8.3.2.	Plug'n'Play	329
8.3.3.	Robustez industrial	329
8.3.4.	Software Ethernet	330
8.3.5.	OPC	330
8.3.6.	Control y mantenimiento remoto	331
8.3.7.	Atravesar la frontera del cableado físico.....	332
8.4.	Soluciones basadas en Ethernet IEC 61784-2	332
8.4.1.	EtherCAT	332
8.4.2.	Ethernet PowerLink.....	336
8.4.3.	Ethernet/IP	340
8.4.4.	Profinet.....	342
8.4.4.1.	PROFINET IO	345
8.4.4.2.	PROFINET CBA	346
8.4.5.	Otras	348
8.5.	Despliegue de Ethernet en la industria	349
8.5.1.	Electrónica de interconexión	350
8.5.1.1.	Hubs	351
8.5.1.2.	Bridges	351
8.5.1.3.	Switches	351
8.5.2.	Dominios de colisión y de difusión	352
8.5.3.	Control de flujo. Tecnología <i>Full Duplex</i>	354

8.6. Redes virtuales	355
8.7. Prioridad y Trunking.....	357
8.8. Conclusiones	358
8.9. Bibliografía	359
8.10. Evaluación	359
8.10.1. Ejercicios resueltos	359
8.10.2. Evaluación objetiva	362
 9. SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN AVANZADA. INTERFACES Y CONTROL ELECTRÓNICO. SENSORES Y ACTUADORES INTELIGENTES. REDES DE SENSORES. SISTEMAS SCADA. BUS USB Y OTROS.....	 365
9.1. Introducción y orientaciones para el estudio.....	367
9.2. Objetivos	367
9.3. Control centralizado vs distribuido	367
9.4. Sensores inteligentes.....	371
9.5. El PC en los sistemas distribuidos de control. Software SCADA.....	372
9.6. Enlaces físicos más utilizados en las comunicaciones industriales.....	373
9.6.1. RS-232C	374
9.6.2. RS-422.....	378
9.6.3. RS-485.....	379
9.7. Bus USB	381
9.7.1. El Bus USB en el entorno industrial.....	386
9.8. Conclusiones	386
9.9. Bibliografía	386
9.10. Evaluación	387
9.10.1. Evaluación objetiva	387

10. OTROS BUSES DE CAMPO Y APLICACIONES DE COMUNICACIONES Y CONTROL INDUSTRIAL.....	391
10.1. Introducción y orientaciones para el estudio.....	393
10.2. Objetivos	393
10.3. Buses de campo: Buses estandarizados IEC y de-facto	393
10.3.1. Características generales.....	394
10.3.2. Intentos de normalización.....	395
10.3.2.1. IEC	396
10.3.2.2. MiniMAP	397
10.3.2.3. CENELEC	398
10.3.3. Comparativa y funcionalidades básicas	399
10.4. Sistemas de control y comunicación.....	400
10.4.1. HART	400
10.4.2. Bus de medidas.....	405
10.4.3. Bucle de corriente.....	406
10.4.4. GP-IB / HP-IB	407
10.5. Otros sistemas de comunicaciones y control: FireWire .	410
10.5.1. Historia	410
10.5.2. FireWire y USB.....	411
10.5.3. Niveles de protocolo del estándar	412
10.5.3.1. Nivel físico	412
10.5.3.2. Nivel de enlace	413
10.5.3.3. Nivel de transacciones	413
10.5.3.4. Gestión del bus.....	414
10.6. Sistemas de sensores inteligentes distribuidos	415
10.6.1. Concepto	415
10.6.2. La norma IEEE 1451	416
10.7. Otras aplicaciones	418

10.7.1. Automoción.....	420
10.7.2. Navegación marítima	422
10.7.3. Aviación y aeroespacial	424
10.7.4. Dispositivos de ayuda en la discapacidad	426
10.8. Conclusiones	428
10.9. Bibliografía	429
10.10. Evaluación.....	429
10.10.1. Evaluación objetiva.....	429

ANEXO.

SOLUCIONES A LAS PREGUNTAS DE EVALUACIÓN OBJETIVA.....	433
---	-----