

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
Zielgruppe und Zielsetzung.....	3
Aufbau des Buches.....	4
Danksagung.....	6
1 Grundlagen	7
1.1 OSI-Referenzmodell.....	7
1.1.1 Dienste, Protokolle, Protokollstacks.....	8
1.2 Ethernet.....	9
1.2.1 CSMA/CD: Zugriffsverfahren bei Ethernet.....	9
1.2.2 Adressierung.....	11
1.2.3 Ethernet-Rahmen.....	12
1.2.4 Cyclic Redundancy Check (CRC).....	13
1.2.5 Ethernet-Technologien.....	14
1.2.6 Kodierung: Manchester-Kodierung, MLT-3, 4B5B.....	16
1.2.7 Ethernet im OSI-Modell.....	17
1.2.8 Kopplungselemente.....	18
1.2.9 Autonegotiation, Autopolarity, Autocrossing.....	21
1.2.10 Redundanz, Spanning Tree Protocol.....	22
1.2.11 Virtuelle LANs (VLANs).....	25
1.3 Internet-Protokolle.....	26
1.3.1 TCP/IP.....	28
1.3.2 IP-Adressen.....	29
1.3.3 Subnetze.....	30
1.3.4 Routing.....	31
1.3.5 IP-Multicast.....	32
1.3.6 ARP: Address Resolution Protocol.....	33
1.3.7 Byte Order.....	35

1.3.8 Zuweisung von IP-Adressen	35
1.3.9 Das IPv4-Datagramm	37
1.3.10 Transportprotokolle: TCP und UDP	38
1.3.11 SNMP – Simple Network Management Protocol	42
1.4 LLDP	51
1.4.1 LLDP MIB	53
1.4.2 LLDP und PROFINET	56
1.5 Network Address Translation	57
2 Industrial Ethernet	59
2.1 Anforderungen	59
2.1.1 Umgebungsbedingungen	59
2.1.2 Topologie, Installation	59
2.1.3 Ausfallsicherheit	60
2.1.4 Echtzeit	61
2.1.5 Uhrzeitsynchronisation	62
2.1.6 Safety	65
2.1.7 IT-Sicherheit	67
2.1.8 Applikationsschicht	69
2.2 Kommunikationsmodelle	69
2.2.1 Client/Server-Modell	70
2.2.2 Provider/Consumer-Modell	70
2.3 Herstellerkonzepte	71
2.3.1 Ethernet Powerlink	71
2.3.2 SERCOS-III	80
2.3.3 EtherNet/ IP	86
2.3.4 Modbus/TCP	93
3 PROFINET IO	97
3.1 Übersicht	97
3.1.1 Topologie	98
3.1.2 Kommunikationskanäle von PROFINET IO	98
3.1.3 Realtime-Klassen	99
3.1.4 Geräteklassen	100
3.1.5 Performance	101

3.2 IO-Device: Gerätemodell	102
3.2.1 Application Process Instance (API).....	102
3.2.2 Slot, Subslot, Channel, Index	102
3.2.3 Module, Submodule	103
3.2.4 Kompaktgeräte, Modulare Geräte	103
3.3 Applikationsschicht	104
3.3.1 PROFIdrive	104
3.3.2 PROFIsafe	110
3.4 Redundanz.....	114
3.4.1 Media Redundancy Protocol (MRP)	114
3.4.2 Media Redundancy for Real-Time (MRRT).....	115
3.5 Konformitätsklassen	116
3.6 Applikationsbeziehungen	117
3.7 Zyklischer Datenaustausch	117
3.7.1 Zeitpunkt und Häufigkeit der Übertragung.....	118
3.7.2 Zeitüberwachung beim Empfänger	119
3.7.3 Provider Status/Consumer Status (IOPS/IOCS)	119
3.7.4 APDU Status: CycleCounter, DataStatus, TransferStatus	121
3.7.5 Isochrone Datenaustausch	122
3.8 Querverkehr.....	131
3.9 Alarme.....	131
3.10 Diagnose.....	138
3.10.1 Kanal-Diagnose	138
3.10.2 Netzwerkdiagnose: SNMP.....	138
3.10.3 Aufzeichnung des Datenverkehrs	138
3.10.4 Status-LEDs.....	139
3.11 Gerätebeschreibung	139
3.11.1 ApplicationProcess.....	141
3.12 Remote Procedure Calls	148
3.12.1 Universal Unique Identifier (UUID)	149
3.12.2 RPC-Ausführung	150
3.13 Inbetriebnahme.....	153
3.13.1 Projektierung	154

3.13.2 Download auf den IO-Controller	156
3.13.3 Hochlauf des IO-Device	156
3.13.4 Tool für Inbetriebnahme und zyklischen Datenaustausch	158
3.14 PNIO-Protokollelemente	161
3.14.1 MAC-Multicasts	162
3.14.2 RT-Frames	162
3.14.3 NRT-Frames	175
4 EtherCAT	191
4.1 Überblick	191
4.2 Funktionsprinzip	192
4.3 Topologie, Medien	193
4.4 Signalfluss	194
4.5 Redundanz	196
4.6 Safety-over-EtherCAT	197
4.6.1 Sicherheitsmaßnahmen	198
4.6.2 Zustände eines FSoE-Knotens	199
4.7 Referenzmodell	200
4.8 Gerätemodell	201
4.8.1 Einfache EtherCAT-Slaves	202
4.8.2 Komplexe EtherCAT-Slaves	203
4.9 Slave-Adressraum	204
4.10 Slave Information Interface (SII)	205
4.11 Adressierung	206
4.11.1 Physikalische Adressierung	206
4.11.2 Multicast, Broadcast	207
4.11.3 Logische Adressierung	207
4.12 Querverkehr	208
4.13 Uhrzeitsynchronisation	208
4.14 Applikationsschicht	210
4.14.1 Mailbox	211
4.14.2 Prozessdaten	212
4.15 EtherCAT State Machine	212
4.16 Sync Manager	214

4.16.1 Handshake Mode	215
4.16.2 Buffered Mode	216
4.16.3 Parameter eines Sync Channel.....	217
4.16.4 CANopen-Objekte für Sync Manager	219
4.17 Status-LEDs	219
4.18 Gerätebeschreibung.....	220
4.18.1 EtherCATInfo.xsd	221
4.19 TwinCAT und EtherCAT	225
4.19.1 TwinCAT System Manager	226
4.19.2 Ein einfaches SPS-Programm.....	230
4.20 Protokollelemente.....	237
4.20.1 EtherCAT-Frame	238
4.20.2 Slave-Initialisierung.....	241
4.20.3 Zyklischer Datenverkehr.....	245
4.20.4 Mailbox-Kommunikation, CoE	246
4.20.5 Ethernet over EtherCAT (EoE)	260
5 rcX-Anwendungen	263
5.1 Einführung.....	263
5.2 NXHX, netSTICK.....	263
5.3 RCX	264
5.3.1 rcX Task-Schnittstellen	265
5.3.2 Verwendung von Treibern.....	270
5.3.3 rcX-Konfigurationsdatei	271
5.4 UDP-Anwendung	275
5.4.1 Anforderungen.....	275
5.4.2 Projekt-Dateien.....	276
5.4.3 Projekt anlegen	278
5.4.4 Basis-Modifikationen am Quellcode	287
5.4.5 Erster Test	290
5.4.6 Ressourcen anpassen	292
5.4.7 Zusammenfassung der Peripherie-Konfiguration	301
5.4.8 Initialisierung der Ethernet-Schnittstelle	302
5.4.9 Callback-Funktionen.....	305

5.4.10 EthUdp_Public.h: Neue Pakete definieren	308
5.4.11 EthUdp_Private.h: Union erweitern	309
5.4.12 EthUdp_Process.c: Neue Kommandos verarbeiten	309
5.4.13 EthUdp_Functions.c: Request-Verarbeitung	310
5.4.14 Test	315
5.4.15 Antwort-Message (EthUdp_Process.c).....	316
5.4.16 Funktionsgenerator	318
5.4.17 Debug-Ausgaben über RS232	323
6 Ein IO-Device mit netX	327
6.1 Einleitung	327
6.2 PNIO-Protokollstack	327
6.2.1 PNS-Tasks	327
6.3 IOD-Anwendungsbeispiel	327
6.3.1 Ausgangsdaten, Eingangsdaten, Status-LEDs	328
6.3.2 Startprojekt	328
6.3.3 rcX-Konfigurierung: Datei Config_netX.c	329
6.3.4 Ressourcen-Initialisierung: PNIOD_Resources.*	341
6.3.5 Datei PNIOD_Process.c	342
6.3.6 Test	349
6.4 Antriebssimulation	350
6.4.1 PROFIdrive-Parameter	350
6.4.2 Zustandsmaschine	354
6.4.3 Simulation von Zustandsmaschine und Positionierung	356
6.4.4 Azyklischer Parameterzugriff	360
6.5 Alarme und Diagnose	366
6.5.1 Beispiel: Prozessalarm, Diagnosealarm und Diagnoseeinträge	367
7 Ein EtherCAT-Slave mit netX	371
7.1 Einleitung	371
7.2 EtherCAT-Protokollstack	371
7.2.1 Tasks im EtherCAT-Protokollstack	372
7.3 Einfacher EtherCAT-Slave	372
7.3.1 Ausgangsdaten, Eingangsdaten, Status-LEDs	373
7.3.2 Startprojekt	373

7.3.3 rcX-Konfigurierung: config_netX.c	373
7.3.4 Header-Dateien.....	382
7.3.5 Lokale Ressourcen, remote Ressourcen	383
7.3.6 ISR für Ausgangsdaten	384
7.3.7 Nachrichtenschleife	386
7.3.8 Test mit TwinCAT.....	387
7.4 Antriebssimulation	388
7.4.1 CANopen-Objektverzeichnis.....	388
7.4.2 Test mit TwinCAT.....	391
7.4.3 Zustandsmaschine.....	393
7.4.4 Simulation von Zustandsmaschine und Positionierung.....	394
7.5 EMCY Messages.....	403
Anhang.....	407
A.1 Software zum Buch	407
A.2 IOD/EtherCAT-Slave	409
A.2.1 netX Starterboard (NXHX).....	409
A.2.2 netSTICK.....	409
A.3 Ungarische Notation.....	411
A.4 Datentypen, Alignment.....	412
A.4.1 struct, Alignment	412
A.4.2 Typedef.....	414
A.4.2.1 Neudefinition elementarer Datentypen	415
A.4.3 Union	416
Glossar	419
Literaturverzeichnis.....	429
Stichwortverzeichnis.....	441