

Inhalt

Vorwort	IX
Einleitung	XI
1 Neue Anforderungen in der Digitalen Fabrik	1
1.1 Komplettes Kabel- und Medienmanagement – digital	1
1.2 Breitbandiges Multiplexing – mehrkanalige Systeme (FDM/FDD, OFDM, TDM/TDD, WDM/WDD, SDH/STM)	2
1.3 Einkanalige LAN-Technologie (CSMA/CD)	15
1.3.1 Physikalische Strukturierungs- und logische (Ent-/)Kopplungsformen	23
1.4 Breitbandige Parallelschnittstellen	26
1.4.1 Beispiel Industrie-PC innen und nach außen	26
1.4.2 Serialisiertes externes Storage Networking (einschl. USB Networking)	30
1.5 Strom und Spannung (einschl. PoE und PLC)	33
1.6 Digitale serielle HF-Spannungsschnittstellen	36
1.6.1 Basisband, Gleich- und Wechselspannungsverfahren der 0/1-Logik	37
1.6.2 Differentialverfahren, Manchester-Codierung	41
1.7 Digitale schnelle Lowest-Power-Datenschnittstellen	43
1.7.1 Pulsung (in Baud) und Informationscodierung auf geschlossenen Leitungskreisen	44
1.7.2 Speisung und Triggerung über Schleifenwiderstand	45
1.7.3 Impulsstörungen	49
2 Kabelkanalanlage	51
2.1 Der Außenbereich (outdoor)	56
2.2 Kabelführungen, CPs, Kassetten, Outlets, Tanks und Modularprogramme	57
2.3 Verteiler- und Schaltschrank-Programme	63

3	Vernetzungsmodelle für die Digitale Fabrik	75
3.1	Das Gitternetz (Factory Communication Grid)	75
3.2	Zellulare Überlagerung und das Sechseck (Hexagon)	78
3.3	Vernetzungstopologien	85
3.3.1	Liniennetz	88
3.3.2	Kette	89
3.3.3	(Teil- bzw. Voll-)Vermaschung	90
3.3.4	Bus	94
3.3.5	Cluster	98
3.3.6	Stern	99
3.3.7	Baum	101
3.3.8	Clos	106
3.3.9	Butterfly-Netzwerk	108
3.3.10	Ring(e)	109
4	Automatisierungskomponenten und Informationstechnik in der Digitalen Fabrik	113
4.1	Die Feld-, Steuerungs- und Prozessebenen sowie Leitebene	114
4.1.1	Sensorik und Aktorik, Devices und Server	114
4.1.2	Konventionelle funktionale Schnittstellen RS-232, RS-422/-423 und RS-485	117
4.1.3	Master-Slave(s)-Prinzip	126
4.1.4	Wesentliche Feldbus-Netztechniken und -Systeme auf der Basis von RS-485 oder Ethernet	128
4.2	Gebäudeleittechnik als Overlay-Netze	131
4.3	Bordnetze in der Automation und z. B. für Robotik	134
4.4	Zu den geforderten Echtzeitfähigkeiten	135
4.4.1	Verzögernde Übertragungssicherungsprotokolle und Polling	136
4.4.2	Echtzeit-Möglichkeit mit Kollisions-Technik	139
4.5	Grundlegendes und Aktuelles zu High-Speed- und Gigabit-Ethernet	139
4.5.1	Bus-Hub	143
4.5.2	Fast (dt.: schnell)/100 Mbit/s	144
4.5.3	Neue Transceiver-Schnittstelle	145
4.5.4	GEth und Lanes	147
4.5.5	Erweiterte offene Transceiver-Schnittstellen	149
4.5.6	Miniaturisierte Mehrfach-Steckertechnik	150
4.5.7	10GEth	151
4.5.8	40GEth und 100GEth	153
5	Informationstechnische Kupferkabel (wire) als digitales Übertragungsmedium	155
5.1	Struktur und Aufbauelemente	155
5.2	Allgemeine Leistungsmerkmale	157
5.2.1	Ausbreitungsverzögerung	159
5.2.2	Dämpfung unter Breitbandigkeit	161

5.2.3	Weitere Phänomene der HF-Technik auf festen Metallleitern	165
5.2.3.1	Rückfluss und Reflexionen	166
5.2.3.2	End-Cross-over Talking	168
5.2.4	Weitere dB-Semantiken	171
5.2.5	Elektrische und andere Widerstände unter Breitbandigkeit	174
5.2.6	Durchmesser und Querschnittsfläche von Massivleitern sowie „Güte“	182
5.2.7	Frequenz/Bandbreite der Leiter	184
5.3	Die 2-, 4- und 8-drähtigen HF-Kupferkabel	190
5.3.1	Kabelarten nach Schirmungsformen	193
5.3.2	Leitungs- und Kabelbündel	197
5.3.3	Breitbandige DSL- und andere Anschlüsse im Outdoor- und Indoor-Einsatz für die Digitale Fabrik	199
5.4	Steckverbindertechnik	213
5.5	Koaxialkabel	223
5.5.1	Koaxiale HF-Steckverbinder	225
6	Lichtwellenleiter (engl.: fibre optics) als digitales Übertragungsmedium	227
6.1	Vor- und Nachteile von LWL	227
6.2	Struktur und Aufbauelemente von Ein- bzw. Zwillings-LWL und Faserbündeln	229
6.3	Anmerkungen zur Optoelektronik	231
6.4	Brechungsprofile und „Indexe“ einschl. POF	232
6.5	Wellenlängen im Glasfasermedium und optische „Durchlass“-Fenster	233
6.5.1	Dämpfungen und Reichweiten	234
6.5.2	„Güte“ und Übertragungsklassen	236
6.5.3	Weitere dB-Semantiken bei LWL	237
6.6	Weitere Dispersionen	238
6.7	Planen mit Dämpfungsbudgets und „Link Margins“	239
6.8	Baud, Symbole und Wavelength Division Multiplexing (WDM, OFDM, Wide-WDM, CWDM, DWDM, Parallel Optics)	240
6.9	LWL-Steckverbinder	244
7	Digitalfunk	247
7.1	Spektrum, Frequenzen, Blöcke, Bänder und Kanäle	248
7.1.1	(Träger-)Frequenz-Management für wireless	255
7.1.2	Ausgangspunkte referierter Standards und Frequenzfestlegung	258
7.2	Funkfeldbeschreibungen	259
7.2.1	Das Medium Funk in der Wechselwirkung mit der Umgebung	267
7.2.2	Weitere Einflussparameter eines Funksystems und Einordnungskriterien nach Techniken	270

7.3	Aus dem Regulativ	274
7.3.1	Nicht öffentlicher fester Funk (nöF) zum und auf dem Betriebsgelände	274
7.3.2	Nicht öffentlicher mobiler Landfunk (nömL) für die Produktionsstätten	276
7.3.3	Kurzstrecken- und Nahbereichsfunk innerhalb und außerhalb des Betriebsgeländes für jedermann	277
7.3.4	Funk-LAN (WLAN) im Feld (auch engl.: Radio LANs, kurz RLANS)	280
7.3.5	Andere und ähnliche Techniken für Applikationen der Automatisierungstechnik	286
7.4	Optisch breitbandig	294
7.5	Öffentliche Netzdienste, breitbandig und zellular	295
7.6	Zeitsignalempfang und Verbreitung für äußerst präzise Produktionsabläufe	296
7.7	Ausblick	297
	Stichwortverzeichnis	299