

Dieter Gustedt/Werner Wiesner

Fiber Optik Übertragungstechnik

Sende- und Empfangsgrundlagen – TTL- und ECL-Schnittstellen –
Meßtechnik – Feldbussysteme und LAN-Netzwerke

Mit 322 Abbildungen und 85 Tabellen

Franzis'

Inhalt

1	Einführung	13
2	Einleitung	16
2.1	Geschichtliche Entwicklung der LWL	16
2.2	Einsatzgebiete	17
2.3	Gründe für die LWL-Technologie	18
3	Grundlagen der LWL-Übertragungstechnik	21
3.1	Physikalische und mathematische Grundlagen der Strahlung	21
3.1.1	Das elektromagnetische Spektrum	23
3.1.2	Radiometrie, Photometrie	27
3.1.3	Geometrische Optik	33
3.1.4	Dispersion und Absorption der Strahlung	43
3.1.5	Interferenz und Kohärenz	46
3.1.6	Der Welle – Teilchen Dualismus	48
3.2	Übertragungsmedium – Lichtwellenleiter	49
3.2.1	Grundlagen von LWL	49
3.2.2	LWL/Glasfaserkabel	61
3.3	Elektro-optische Komponenten	68
3.3.1	Grundlagen der Halbleiterphysik	68
3.3.2	Senderbauelemente	82
3.3.3	Empfänger-Bauelemente	105
3.3.4	Mechanischer Aufbau von Sender- und Empfängerdioden	110
4	Praktische Betrachtung von LWL-Installationen	112
4.1	Übertragungsmedien	112
4.1.1	Koaxialkabel	112
4.1.2	Verdrillte Zweidrahtleitung	113
4.1.3	Optische Faser	113
4.2	Herstellung von Glas-LWL	114
4.2.1	Quarzglas – das Material für Glasfasern	114
4.2.2	Vorform – Herstellung	116
4.2.3	Ausziehen von Fasern	118
4.2.4	Glasfaserkenndaten	119
4.3	LWL-Kabel	121
4.3.1	Anforderungen an das Kabel	121
4.3.2	Das Einfaserkabel	122

4.3.3	Das Mehrfaserkabel	123
4.3.4	Das Kunststoffaserkabel	124
4.3.5	Arten von LWL-Kabeln	128
4.3.6	Normierte Bezeichnungen von LWL-Kabel	129
4.3.7	Typische Kennzahlen von LWL-Kabeln	132
4.4	Verlegung von LWL-Kabeln	136
4.4.1	Außeneinsatz	136
4.4.2	Einsatz in Gebäuden und Anlagen	141
4.5	Verbindungstechnik	145
4.5.1	Ankopplung des LWL an Sende- und Empfangselemente	145
4.5.2	Steckersysteme und Eigenschaften	150
4.5.3	Spleißverbindungen	164
4.5.4	Mechanische Spleißverbindungen	170
4.6	Passive optische Komponenten	171
4.6.1	Verzweiger und Sternkonfigurationen	171
4.6.2	Wellenlängenmultiplexer und -demultiplexer	172
4.6.3	Faseroptische Schalter und Filter	173
4.6.4	Faseroptische Isolatoren	175
4.7	Zuverlässigkeit und Alterung	175
4.8	LWL-Systembetrachtungen	177
4.8.1	Optisches Übertragungssystem	177
4.8.2	Lineare „worst-case“-Methode	179
4.8.3	Statistische Methode	180
5	LWL-Schnittstellen für asynchrone Datenübertragung in Feldbussystemen und Industriesteuerungen	186
5.1	Optische Komponenten für Kunststoff-LWL	186
5.1.1	Marktübersicht Kunststoff-LWL-Übertragung	187
5.1.2	Aktive Komponenten für 1 mm Kunststoff-LWL	188
5.1.3	650 nm LED-Sender für Kunststofffasern	190
5.1.4	Empfänger für Kunststoff-LWL	191
5.1.5	Kunststoff-LWL-Kabel	194
5.1.6	Teiler und passive Koppler	197
5.2	Optische Komponenten für Glas-LWL	198
5.2.1	Marktübersicht Multimode-Glas-LWL Sender und Empfänger	199
5.2.2	Aktive Komponenten für Glas-LWL	199
5.2.3	850 nm Infrarot LED-Sender für Multimode-LWL	203
5.2.4	Empfänger für Glas-LWL	205
5.3	Schaltungstechnik für Glas- und Kunststoff-LWL	209
5.3.1	Senderschaltung	209
5.3.2	Empfängerschaltung	211
5.4	Leistungsbudget Betrachtung	212
5.5	Zuverlässigkeit und Lebensdauer von LWL Systemen	215
5.6	LWL Anwendungs- und Schaltungsbeispiele für den PROFIBUS und INTERBUS	217

5.6.1	PROFIBUS	217
5.6.2	INTERBUS	217
6	LWL-Sender- und Empfängerschaltungen für synchrone Datenübertragungen	219
6.1	Grundlagen synchroner LWL-Übertragung und Schaltungsentwicklung	220
6.1.1	LED-Treiberstufe	221
6.1.2	LWL-Empfängerschaltung	229
6.1.3	Allgemeine Spezifizierung einer LWL-Übertragungsstrecke	239
6.1.4	Berechnungsmodell einer Lichtwellenleiter Übertragung	246
6.2	Diskrete Sender- und Empfängerkomponenten für synchrone Multimode-LWL-Datenübertragung	252
6.3	Schaltungsbeispiele für LED-Sender	254
6.3.1	Einfache Treiberschaltung für niedrige Datenraten	254
6.3.2	LED-Treiberschaltung für Ethernet und Token Ring Datenübertragung	256
6.3.3	Senderschaltung mit Konstantstromquelle	256
6.3.4	LED-Treiberschaltungen für 155 Mbd Datenübertragung	257
6.4	Schaltungsbeispiele für wechsellspannungskoppelte Empfänger	259
6.4.1	Einfache Empfängerschaltung für niedrige Datenraten (< 20 Mbit/s)	260
6.4.2	Empfängerschaltung für Ethernet und Token Ring Applikationen	260
6.4.3	Empfängerschaltung für 155 Mbit/s Datenübertragung	263
6.5	Anwendungsbeispiele für synchrone LWL-Datenübertragung	264
6.5.1	LWL-Übertragung für niedrige Datenraten (< 10 Mbd)	265
6.5.2	LWL-Übertragung für Datenraten kleiner 155 Mbd	266
6.5.3	Parallel- /Seriell-Wandlung	268
6.6	Schaltungsentflechtung & EMV Kriterien	270
6.6.1	Leitungsgebundene Kopplung über gemeinsame Leitungselemente	270
6.6.2	Feldgebundene Kopplung über niederfrequente (Leitungslänge << Wellenlänge) elektrische und magnetische Felder	271
6.6.3	Hochfrequente elektromagnetische Felder	271
6.6.4	Abschirmung	272
6.6.5	Electro Static Discharge (ESD)	273
6.6.6	Beispiel einer Leiterplattenentflechtung	273
7	LWL-Schnittstellen für 100 Mbit/s und 1.25 Gbit/s Lokale Netzwerke (LAN)	275
7.1	Aufbau und mechanische Merkmale integrierter LWL-Sender und Empfänger	276
7.1.1	LWL-Transceiver für Standard Anwendungen mit Duplex SC- oder MIC-Steckverbinder	277
7.1.2	Simplex Sender- und Empfangsmodule	278
7.1.3	10-Pin- und 20-Pin-Transceiver (Small Form Factor) mit RJ-45 Abmessungen	279
7.2	Sender- und Empfängertechnologie der LWL-Transceiver für LAN-Anwendungen	280
7.2.1	LWL-Transceiver mit 820 nm und 1300 nm LED-Sender	280

7.2.2	Transceiver mit 1300 nm FP-LASER.	281
7.2.3	Transceiver mit 850 nm und 1300 nm VCSEL-Sender	282
7.2.4	LWL-Transceiver Empfängerschaltung	284
7.2.5	Empfänger mit integrierter Taktrückgewinnung	284
7.2.6	Leistungsmerkmale der LWL-Transceiver.	285
7.3	Schaltungstechnik und Applikation	286
7.3.1	Emitter gekoppelte Logik (engl. ECL = Emitter Coupled Logic)	287
7.3.2	Übersicht über ECL Schaltkreis Familien	288
7.3.3	Positive Versorgungsspannung (PECL)	289
7.3.4	Leitungsanpassung	290
7.3.5	EMV und Abschirmung	294
7.3.6	Bestückungs-, Löt- und Reinigungsempfehlungen.	295
7.4	LWL-Transceiver Datenblattcharakterisierung	295
7.4.1	Relatives Rauschen des Lasers (engl. RIN = Relative Intensity Noise).	296
7.4.2	Rückflußdämpfung (engl. RL = Return Loss)	297
7.4.3	Auslöschverhältnis (engl. ER = Extinction Ratio)	298
7.4.4	Empfindlichkeit	298
7.4.5	Jitter	298
7.4.6	Sender Spektrum.	299
7.4.7	Modenrauschen und Verluste (engl. Mode Selective Loss)	300
7.4.8	Bandbreite des Multimode-LWL bei unterschiedlicher Anregung	302
8	Feldbussysteme und lokale Netzwerke in der Übersicht.	305
8.1	Einführung in Netzwerke	305
8.1.1	OSI-Schichtenmodell	306
8.1.2	Netzwerkkomponenten	308
8.2	Industrielle Feldbussysteme	310
8.2.1	Einführung	310
8.2.2	SERCOS	316
8.2.3	PROFIBUS	320
8.2.4	INTERBUS DIN 19258.	327
8.3	Lokale Netzwerke LAN	333
8.3.1	Netzwerktopologien	333
8.3.2	Lokale und Weitverkehrsnetze	334
8.3.3	Netzwerkaufbau	336
8.3.4	Ethernet, Fast Ethernet und Gigabit Ethernet	337
8.3.5	Token Ring IEEE 802.5	355
8.3.6	FDDI	358
8.3.7	ATM	368
8.3.8	Fibre Channel	383
8.3.9	Basisbandübertragung in öffentlichen Netzen	389
9	Meßverfahren für LWL-Systeme	394
9.1	Leistungsmessung	395
9.1.1	Kalibrierung	397
9.1.2	Unsicherheiten bei optischen Leistungsmessungen	397

9.1.3	Meßgeräteauflösung vs. Meßungenauigkeiten	399
9.2	Dämpfungsmessung	399
9.2.1	Prinzip der Dämpfungsmessung	399
9.2.2	Meßaufbau für Dämpfungsmessungen	401
9.2.3	Einfügungsdämpfung einer Steckverbindung	402
9.2.4	Hilfsmittel	403
9.2.4.1	LWL Sprechverbindung	403
9.3	Numerische Apertur	403
9.4	Optisches Rückstreumeßgerät	405
9.5	Jittermessung	408
9.5.1	Jittermessung mit dem Oszilloskop	409
9.5.2	Jittermessung mit dem Phasendetektor	410
9.5.3	Messung mit einem Jitteranalyser	410
9.5.3.1	Jitter Erzeugung	411
9.5.3.2	Jitter Übertragung	412
9.5.3.3	Jitter Verträglichkeit	413
9.6	Empfindlichkeit und Bitfehler-Messung	415
9.6.1	Meßaufbau für BER Messung	417
9.7	Spektralanalyse	418
9.7.1	Meßaufbau	418
9.7.2	Kalibrierung	419
9.7.3	Messung	419
9.8	Fragen zur Meßtechnik	420
9.8.1	Optische Leistungsmessungen	420
9.8.2	LWL-Kabelverluste	422
9.8.3	Optische Rückstreumeßgeräte	423
9.8.4	Bandbreitenmessungen	424
9.8.5	Optische Rückstreuverluste	424
9.9	Optische Meßstandards	425
10	Anhang	428
10.1	Normen und Standards	428
10.1.1	Sicherheit	428
10.1.2	Normierung	446
10.2	Literaturverzeichnis	456
10.3	Bezugsquellen	462
10.3.1	Aktive Optoelektronische Bauelemente	462
10.3.2	Optische Verbindungstechnik	465
10.3.3	LWL-Kabel	469
10.3.4	Übertragungssysteme	471
10.3.5	Meßtechnik – Optische Messungen	474
10.4	Begriffsbestimmungen	474
10.4	Warenzeichen	489
	Sachverzeichnis	490