

Franzis Computer-Praxis

Dr. Anton Piotrowski

IEC-Bus

Die Funktionsweise des IEC-Bus
und seine Anwendung
in Geräten und Systemen

Mit 125 Abbildungen und 95 Tabellen

Franzis'

Inhalt

Teil I Theoretische Grundlagen		17
1	Einführung	18
2	Busstruktur	20
2.1	Funktionselemente	20
2.2	Signalleitungen des IEC-Bus	22
2.2.1	Schnittstellensteuerbus	22
2.2.2	Datenbus	23
2.2.3	Übergabesteuerbus	24
3	Struktur eines IEC-Gerätes	26
3.1	Gerätfunktion	26
3.2	Schnittstellenfunktionen	26
3.2.1	Handshakequelle	27
3.2.2	Handshakesenke	27
3.2.3	Sprecherfunktion	27
3.2.4	Erweiterter Sprecher	27
3.2.5	Hörerfunktion	27
3.2.6	Erweiterter Hörer	27
3.2.7	Bedienungsruf	27
3.2.8	Fern/Eigen-Umschaltung	28
3.2.9	Parallel-Poll-Funktion	28
3.2.10	Rücksetzfunktion	28
3.2.11	Triggerfunktion	28
3.2.12	Steuerfunktion	28
3.3	Nachrichtendecodierungslogik	29
3.4	Arbeitsweise der IEC-Schnittstelle	31
4	Nachrichtenkonzept	33
4.1	Einteilung und Codierung	33
4.2	Untergruppierung	34
5	Beschreibung der Nachrichten	37
5.1	Eindrahtnachrichten	37
5.1.1	Universalbefehle	37
5.1.2	Handshakesignale	38
5.1.3	Zustandsnachrichten	38
5.2	Mehrdrahtnachrichten	39
5.2.1	Universalbefehle	39
5.2.2	Adressierte Befehle	40
5.2.3	Adressen	41

Inhalt

5.2.3.1	Höreraadressen	42
5.2.3.2	Sprecheradressen	42
5.2.4	Entadressierbefehle	44
5.2.5	Sekundärbefehle und Unteradressen	44
5.2.6	Gerätenachrichten	46
5.3	Interne Nachrichten	47
6	Beschreibung der Schnittstellenfunktionen	52
6.1	Die AH-Funktion	53
6.2	Die SH-Funktion	56
6.3	Die T-Funktion	59
6.4	Die TE-Funktion	60
6.5	Die L-Funktion	62
6.6	Die LE-Funktion	64
6.7	Die PP-Funktion	64
6.8	Die DC-Funktion	67
6.9	Die DT-Funktion	68
6.10	Die SR-Funktion	69
6.11	Die RL-Funktion	70
6.12	Die C-Funktion	72
7	Interne Nachrichten an Gerätefunktion	78
8	Teilausrüstungen von Schnittstellenfunktionen	79
8.1	Teilausrüstung der AH-Funktion	79
8.2	Teilausrüstung der SH-Funktion	79
8.3	Teilausrüstung der Hörerfunktion	80
8.4	Teilausrüstung der Sprecherfunktion	82
8.5	Teilausrüstung der SR-Funktion	82
8.6	Teilausrüstung der PP-Funktion	82
8.7	Teilausrüstung der RL-Funktion	83
8.8	Teilausrüstung der DC-Funktion	84
8.9	Teilausrüstung der DT-Funktion	84
8.10	Teilausrüstung der C-Funktion	85
9	Einstellvorgänge	87
9.1	Übertragung von Gerätenachrichten	87
9.2	Enderkennung	87
9.3	Sekundärdressierung	90
9.4	Serienabfrage	91
9.5	Einstellung zur Parallelabfrage	91
9.6	Antwort auf die Parallelabfrage	92
9.7	Übergabe der Steuerung	92
9.8	Trigger auslösen	92
9.9	Geräte rücksetzen	93
9.10	Alle Geräte rücksetzen	93
9.11	Geräte in Fernsteuerzustand bringen	93
9.12	Geräte in Fernsteuerzustand mit Verriegelung bringen	93
9.13	Geräte in Eigensteuerungszustand bringen	94
9.14	Einstellvorgänge unter Berücksichtigung interner Nachrichten	94

10	Anhang	95
10.1	Codierung der externen Nachrichten	95
10.2	Liste der internen Nachrichten	98
10.3	Liste der externen Nachrichten	99
10.4	Codierung der ASCII-Zeichen	100
10.5	Abkürzungen der Zustände der Schnittstellenfunktionen	102
Teil II Technische Realisierung		103
1	IEC-Interface-Bausteine	104
1.1	Interface-Baustein HEF 4738	105
1.1.1	Schnittstellenfunktionen	105
1.1.2	Beschreibung der Ein- und Ausgangssignale	105
1.1.3	Blockschaltbild	107
1.1.4	Device-Talker-Handshake	109
1.1.5	Device-Listener-Handshake	109
1.1.6	Schaltung für die Parallelabfrage	110
1.1.7	Schaltung für die Serienabfrage	110
1.1.8	Grundschialtung für Listener- und Talker-Betrieb	111
1.2	GPiB-Listener/Talker-Baustein 96 LS 488	113
1.2.1	Pinbeschreibung	114
1.2.2	Betriebsarten des 96 LS 488	117
1.2.3	Einstellung der Geräteadresse	117
1.2.4	Status- bzw. Serienabfrage	118
1.2.5	Gerätenachrichtenübertragung	120
1.3	Interface-Baustein MC 68488	120
1.3.1	Ein- und Ausgangssignale	121
1.3.2	Registerbeschreibung	122
1.3.2.1	Data-Out-Register	122
1.3.2.2	Data-In-Register	122
1.3.2.3	Interrupt-Register	122
1.3.2.4	Interrupt-Mask-Register	124
1.3.2.5	Serial-Poll-Register	124
1.3.2.6	Parallel-Poll-Register	124
1.3.2.7	Command-Status-Register	125
1.3.2.8	Adress-Switch-Register	125
1.3.2.9	Address-Mode-Register	125
1.3.2.10	Address-Status-Register	125
1.3.2.11	Address-Register	126
1.3.2.12	Command-Pass-Through-Register	126
1.3.2.13	Auxiliary-Command-Register	128
1.3.3	Einstellung der Geräteadresse	128
1.3.4	Systemkonfiguration	129
1.3.5	Betriebssoftware	130
1.3.5.1	Talker-Routine	130
1.3.5.2	Listener-Routine	130
1.4	GPiB-Adapter TMS 9914	130
1.4.1	Ein- und Ausgangssignale	134
1.4.2	Blockschaltbild	135

Inhalt

1.4.3	Register	136
1.4.3.1	Interrupt-Status-Register 0 und 1	136
1.4.3.2	Interrupt-Mask-Register 0 und 1	137
1.4.3.3	Address-Register	138
1.4.3.4	Address-Status-Register	138
1.4.3.5	Auxiliary-Command-Register	139
1.4.3.6	Bus-Status-Register	142
1.4.3.7	Serial-Poll-Register	142
1.4.3.8	Command-Pass-Through-Register	143
1.4.3.9	Parallel-Poll-Register	143
1.4.3.10	Data-In-Register	143
1.4.3.11	Data-Out-Register	143
1.4.4	Betriebssoftware	144
1.4.4.1	Initialisierung	144
1.4.4.2	Adressierung und Einstellung von Geräten	144
1.5	GPiB-Talker/Listener-Baustein 8291	146
1.5.1	Ein- und Ausgangssignale	148
1.5.2	Blockschaltbild	149
1.5.3	Register	149
1.5.3.1	Data-Register	149
1.5.3.2	Interrupt-Register	151
1.5.3.3	Serial-Poll-Register	153
1.5.3.4	Address-Mode-Register	153
1.5.3.5	Address-Status-Register	155
1.5.3.6	Command-Pass-Through-Register	156
1.5.3.7	Auxiliary-Mode-Register	156
1.5.4	Interner Zähler	157
1.5.5	Hilfsregister	158
1.5.5.1	Hilfsregister A	158
1.5.5.2	Hilfsregister B	158
1.5.5.3	End-Of-Sequence-Register	159
1.5.6	Systemkonfiguration	159
1.5.7	Betriebssoftware	159
1.6	IEC-Bus-Controller 8292	160
1.6.1	Ein- und Ausgangssignale	160
1.6.2	Registerbeschreibung	164
1.6.2.1	Interrupt-Status-Register	164
1.6.2.2	Interrupt-Mask-Register	165
1.6.2.3	Controller-Status-Register	165
1.6.2.4	GPiB-Bus-Status-Register	166
1.6.2.5	Event-Counter-Register	166
1.6.2.6	Event-Counter-Status-Register	166
1.6.2.7	Time-Out-Register	166
1.6.2.8	Time-Out-Status-Register	166
1.6.2.9	Error-Flag-Register	167
1.6.2.10	Error-Mask-Register	167
1.6.2.11	Command-Register	168
1.6.3	Systemkonfiguration	173
2	Technische Realisierung von IEC-Schnittstellen	174
2.1	IEC-Controller-Modul für Prozessorsysteme	174
2.1.1	Mikroprozessorsystem	175
2.1.1.1	Mikroprozessor	175
2.1.1.2	Speicherorganisation	177
2.1.1.3	I/O-Adressierung	178

2.1.1.4	Steuerregister	178
2.1.1.5	Kommandoabfrage	179
2.1.1.6	Datentransfer	179
2.1.2	Hauptsystemschnittstelle	180
2.1.2.1	Interruptlogik	180
2.1.2.2	Moduladresserkennung	180
2.1.2.3	DMA-Logik	180
2.1.2.4	Statusinformation/Steuerbits	181
2.1.3	IEC-Interface	182
2.1.3.1	Kontrollregister für Managementsignale	182
2.1.3.2	Datenausgabe auf den IEC-Bus	183
2.1.3.3	Dateneingabe von IEC-Bus	183
2.1.3.4	SRQ-Logik/Bedienungsruf	185
2.1.3.5	Enderkennung	185
2.1.4	Modul-Masterprozessor-Dialog	185
2.1.4.1	Befehlsübermittlung	187
2.1.4.2	Befehlsausführung	187
2.1.4.3	Befehlsfertigmeldung	187
2.1.4.4	Operationscodes	187
2.1.4.5	Datenorganisation	189
2.1.5	Betriebssoftware	191
2.1.5.1	IEC-Bus-Einstellung	192
2.2	Interruptgesteuerte IEC-Geräteschnittstelle für Prozessor-Bussysteme	192
2.2.1	Mikroprozessorsystem	198
2.2.1.1	Zentraleinheit	198
2.2.1.2	Speicherorganisation	198
2.2.1.3	I/O-Adressierung	198
2.2.1.4	Statusabgabe und -abfrage	198
2.2.1.5	Flag-Register	200
2.2.2	Hauptsystem-Schnittstelle	200
2.2.2.1	Interruptlogik	200
2.2.2.2	Moduladresserkennung	201
2.2.2.3	Status- und Steuerbits	201
2.2.2.4	Datentransfer	202
2.2.3	IEC-Bus-Interface	202
2.2.3.1	Datenausgabe auf den IEC-Bus	202
2.2.3.2	Dateneingabe von IEC-Bus	202
2.2.3.3	Enderkennung	203
2.2.3.4	Interrupt-Controller	203
2.2.3.5	Ready-Logik	203
2.2.3.6	Device-Clear-Nachrichtenverarbeitung	203
2.2.3.7	MLA-Decodierung	203
2.2.3.8	UNL-Decodierung	203
2.2.3.9	Anzeigeeinheit/Bedienfeld	204
2.2.4	Modul/Master-CPU-Dialog	204
2.2.4.1	Befehlsvorrat	204
2.2.4.2	Statusflags für IEC-Betrieb	205
2.2.4.3	Datenorganisation	205
2.2.4.4	Befehlsübergabe	206
2.2.4.5	Befehlsausführung	209
2.2.4.6	Befehlsfertigmeldung	209
2.2.5	Betriebssoftware	210
2.2.5.1	Hauptprogramm	210
2.2.5.2	Unterprogramme zur Befehlsausführung	211
2.2.5.3	Interruptverwaltung und Konzept	211
2.2.5.4	Unterprogramme für IEC-Bus-Verkehr	216
2.2.5.5	Anzeige der Schnittstellenzustände	220
2.2.5.6	Ansteuerung durch IEC-Controller	221

Inhalt

2.3	Tastaturgesteuerter IEC-Bus-Controller/Monitor	222
2.3.1	Funktionsbeschreibung	222
2.3.1.1	Tastatur	222
2.3.1.2	Kontrollregister	222
2.3.1.3	Dateneingabe	224
2.3.1.4	Datenausgabe	224
2.3.1.5	Anzeigeeinheiten	224
2.3.1.6	Schieberegister	225
2.3.2	Betriebssoftware/Bedienung	225
2.3.2.1	Initialisierung	225
2.3.2.2	Einstellung von Geräten	225
2.3.2.3	Serienabfrage	225
2.3.2.4	Meßwerterfassung	226
2.4	Mikroprozessorgesteuerter Controller mit Interfacebausteinen 8291 und 8291	226
2.4.1	Funktionsbeschreibung	226
2.4.1.1	Mikroprozessorsystem	226
2.4.1.2	Speicherorganisation	226
2.4.1.3	I/O-Decodierung	232
2.4.1.4	Single-Step-Betrieb	232
2.4.1.5	Terminalanschluß	232
2.4.1.6	Listener/Talker-Funktion	233
2.4.1.7	Controller-Funktion	233
2.4.1.8	Busan Kopplung	233
2.4.2	Betriebssoftware	233
2.4.2.1	Befehlsdecodierung	234
2.4.2.2	Initialisierungsroutine	234
2.4.2.3	Datenausgaberoutine	234
2.4.2.4	Dateneingaberoutine	238
2.4.2.5	Hilfsprogramme	238
2.4.2.6	Kommando- und Datenpuffer	238

Teil III Systemtechnik

1	Elektrische, mechanische und logische Festlegungen	242
1.2	Mechanische Festlegungen	242
1.2.1	Steckverbinder	242
1.2.2	Verbindungskabel	244
1.2.3	Geräteanordnung – Systemzusammenschluß	244
1.2.4	Kabellängen	244
1.3	Elektrische Festlegungen	245
1.3.1	Zustandspegel	245
1.3.2	Leitungstreiber	246
1.3.3	Leitungsempfänger	246
1.3.4	Gesamtbelastung	246
1.3.5	Erdung	247
1.3.6	Sonstiges	247
1.3.7	Zeitangaben	247
1.3.8	Übertragungsgeschwindigkeiten	248
1.4	Logische Festlegungen	248
1.4.1	Codierung der adressierten Befehle	249
1.4.2	Codierung der Universalbefehle	249
1.4.3	Geräteadressen, Hörer- und Sprecheradressen	249
1.4.4	Zweitadressen	249

2	Systemaufbau	251
2.1	Problemdefinition	251
2.2	Prüflingsanalyse	252
2.3	Systementwurf	253
2.3.1	Systeme ohne Controller	253
2.3.2	Systeme mit einfachem Controller	253
2.3.3	Systeme mit Controller	255
2.3.4	Systeme mit mehreren Controllern	256
2.4	Prüfsysteme mit IEC-Bus	256
2.4.1	Zentrale Kontrolle und zentraler Prüflingsanschluß	258
2.4.2	Zentrale Kontrolle und dezentrale Prüfperipherie	258
2.4.3	Dezentrale Kontrolle und dezentrale Prüfperipherie	258
2.5	Geräteauswahl	261
2.5.1	Schnittstellenfunktion	261
2.5.2	Funktionsspezifische Eigenschaften	264
2.5.3	Operationelle Eigenschaften	264
2.5.4	Bus-Extender	265
2.5.5	IEC-Interface-Geräte	267
2.5.6	Controllerauswahl	268
2.6	Hardware-Integration	268
2.7	Systemsoftware	268
2.7.1	Anwendersoftware	269
2.7.2	Programmerstellung	269
2.7.3	Softwareintegration	270
2.7.4	Abnahme	270
2.8	Dokumentation	270
2.9	Fehleranalyse	271
2.9.1	Arten von Fehlern	271
2.9.2	Fehlerquellen	273
2.9.2.1	Mechanische Fehler	273
2.9.2.2	Statische Fehler	274
2.9.2.3	Dynamische Fehler	274
2.9.2.4	Programmierfehler – Logische Fehler	274
2.9.2.5	Sonstige Fehler	275
2.9.3	Fehlerlokalisierung	276
3	Systemprogrammierung	278
3.1	Gerätesteuerung	278
3.1.1	Einstellbefehle	278
3.1.2	Meßwerte	282
3.1.3	Statusinformationen	282
3.1.4	Datenübertragung	282
3.2	Anwendersoftware (BASIC)	283
3.2.1	Syntax	284
3.2.1.1	Einstellsequenzen	286
3.2.1.2	Sekundärbefehle und Sekundäradressen	287
3.2.2	Anweisungen für Datenübertragung	287
3.2.2.1	OUTPUT-Statement	288
3.2.2.2	EOI-Statement	288
3.2.2.3	ENTER-Statement	289
3.2.3	Gerätesteuerung und -kontrolle	289
3.2.3.1	TRIGGER-Statement	289
3.2.3.2	RESET-Statement	290
3.2.3.3	REMOTE-Statement	290
3.2.3.4	LOCAL-Statement	291

Inhalt

3.2.3.5	LOCAL-LOCKOUT-Statement	291
3.2.4	Serienabfrage	291
3.2.4.1	STATUS-Statement	291
3.2.4.2	REQUEST-Statement	292
3.2.5	Parallelabfrage	292
3.2.5.1	PPOLL-CONFIGURE-Statement	292
3.2.5.2	PPOLL-UNCONFIGURE-Statement	293
3.2.5.3	PPOLL-Statement	293
3.2.6	Management-Statements	294
3.2.6.1	CONFIGURE-Statement	294
3.2.6.2	SENBUS-Statement	294
3.2.6.3	PASS-CONTROL-Statement	295
3.2.6.4	ABORTIO-Anweisung	296
Literatur		297
Sachverzeichnis		298

Wichtiger Hinweis

Die in diesem Buch wiedergegebenen Schaltungen und Verfahren werden ohne Rücksicht auf die Patentslage mitgeteilt. Sie sind ausschließlich für Amateur- und Lehrzwecke bestimmt und dürfen nicht gewerblich genutzt werden*).

Alle Schaltungen und technischen Angaben in diesem Buch wurden vom Autor mit größter Sorgfalt erarbeitet bzw. zusammengestellt und unter Einschaltung wirksamer Kontrollmaßnahmen reproduziert. Trotzdem sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Der Verlag sieht sich deshalb gezwungen, darauf hinzuweisen, daß er weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen kann. Für die Mitteilung eventueller Fehler sind Verlag und Autor jederzeit dankbar.

*) Bei gewerblicher Nutzung ist vorher die Genehmigung des möglichen Lizenzinhabers einzuholen.