

Datenverarbeitung im Realzeitbetrieb

Eine Einführung

von Dr. rer. nat. **Martin Graef**,
Dr.-Ing. **Reinold Greiller** und **Gunda Hecht**

2. verbesserte Auflage

Mit 70 Abbildungen und 14 Tabellen



R. Oldenbourg Verlag München Wien 1972

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	11
1. Einleitung.....	15
2. Aufbau und Arbeitsweise eines programmgesteuerten digitalen Datenverarbeitungssystems.....	17
2.1 Das Prinzip der Verarbeitung digitaler Daten	17
2.2 Der Begriff der Programmsteuerung	18
2.3 Die maschineninterne Informationsdarstellung	19
2.3.1 Die Darstellung von Daten bei einem digitalen Datenverarbeitungssystem	19
2.3.1.1 Verschlüsselung ganzer Dezimalzahlen	20
2.3.1.2 Ziffernweise Verschlüsselung von Dezimalzahlen	20
2.3.1.3 Festpunktarithmetik und Gleitpunktarithmetik	21
2.3.1.4 Verschlüsselung alphanumerischer Zeichen	23
2.3.1.5 Feste und variable Wortlänge	24
2.3.2 Aufbau und Funktion von Befehlen	24
2.4 Der Aufbau eines Datenverarbeitungssystems	26
2.4.1 Die Zentraleinheit	27
2.4.1.1 Der Zentralspeicher	27
2.4.1.2 Das Leitwerk	28
2.4.1.3 Das Rechenwerk	29
2.4.2 Die peripheren Einheiten	30
2.4.2.1 Das Bedienungsfeld	30
2.4.2.2 Die Ein- Ausgabeeinheiten	31
2.4.2.3 Periphere Speicher	31
2.5 Grundzüge der Programmierung	33
2.5.1 Maschinensprachen	34
2.5.2 Programmiersprachen	35
2.5.2.1 Assemblersprachen	36
2.5.2.2 Makros	37
2.5.2.3 Höhere Programmiersprachen	38
2.5.3 Unterprogrammtechnik	39

2.5.4	Relative Adressierung	40
2.5.5	Technik der Parameterübergabe	42
2.5.5.1	Aufruf eines Unterprogramms	42
2.5.5.2	Gemeinsame Speicherbereiche	42
2.5.5.3	Parameterübergabe bei reentranter Programmierung	44
3.	Voraussetzung	
	für eine kontinuierliche Datenverarbeitung	45
3.1	Das Betriebssystem	45
3.1.1	Einige allgemeine Bemerkungen zum Einsatz eines Betriebssystems	45
	Hohe Arbeitsgeschwindigkeit	45
	Vermeidung von Stopzeiten	46
3.1.2	Definition des Betriebssystems	47
3.1.3	Die Standard-Systemeingabe	48
3.1.4	Das Betriebssystem und der Arbeitsspeicher	49
3.1.5	Rückgabe der Kontrolle an das Betriebssystem	50
3.1.6	Das Betriebssystem und höhere Programmiersprachen	50
3.1.7	Die Ladeprogramme	51
3.1.8	Zusammenfassung	53
3.2	Die automatische Programmunterbrechung	54
3.2.1	Das Prinzip der automatischen Programmunterbrechung	54
3.2.2	Der Speicherschutz	55
3.2.3	Der Befehlschutz	56
3.2.4	Die Uhr	56
3.2.5	Die Gleitpunktunterbrechung	57
3.2.6	Maschinenfehler	58
3.2.7	Ein- Ausgabeunterbrechung	58
3.2.8	Programmunterbrechung bei Stromausfall	58
3.2.9	Der Supervisor-Aufruf	59
3.2.10	Die Vorrangsteuerung bei automatischer Programmunterbrechung	60
	Anwenderprogramm	61
	Automatische Programmunterbrechung	61
	Interrupt-Supervisor	61
	Monitor	62
3.2.11	Zusammenfassung	62
3.3	Der Datenkanal	62
3.3.1	Die Aufgaben eines Datenkanals	62
3.3.2	Parallelarbeit von Zentraleinheit und peripheren Einheiten	65
3.3.3	Der Selektorkanal	67
3.3.4	Der Multiplexkanal	68
3.3.5	Die Arbeitsweise eines Datenkanals	71

3.4	Der Aufbau eines Betriebssystems	74
3.4.1	Der transiente Teil eines Betriebssystems (Systembibliothek)	75
3.4.2	Der residente Teil eines Betriebssystems	76
4.	Aufbau und Arbeitsweise eines Realzeitsystems	81
4.1	Das Prinzip der Realzeit-Datenverarbeitung	81
4.1.1	Kontenführung	81
4.1.2	Autofahrer und Hausfrau	82
4.1.3	Der Begriff „Realzeitbetrieb“	83
4.1.4	Der Aufbau eines Realzeitsystems	86
4.2	Automatische Programmunterbrechung und Vorrangsteuerung bei Realzeitbetrieb	87
4.2.1	Realisierung der Programmunterbrechung mit Registern	87
4.2.2	Realisierung der Programmunterbrechung unter Benutzung fester Arbeitsspeicherplätze	91
4.2.3	Kennzeichnung der verschiedenen Unterbrechungsursachen	91
4.3	Der Speicherschutz	92
4.3.1	Schutz eines einzelnen Arbeitsspeicherbereichs	93
4.3.2	Schutz mehrerer Teilbereiche	94
4.3.3	Schutz gegen Ein- Ausgabe	94
4.4	Die Uhr	95
4.4.1	Die Aufgaben einer Uhr	95
4.4.2	Die Realzeituhr	97
4.4.3	Die Tageszeituhr	97
4.5	Der Datenkanal in der Realzeit-Datenverarbeitung	98
4.5.1	Das Arbeiten mit dem Datenkanal im Realzeitbetrieb	99
4.5.2	Der Datenkanal beim Umschalten von Duplexanlagen	102
4.5.3	Steuerung der Transfervorgänge beim Multiplexkanal	102
4.5.3.1	Intern spezifizierter Index	103
4.5.3.2	Extern spezifizierter Index	104
4.6	Datenfernverarbeitung im Realzeitbetrieb	107
4.6.1	Einführung und Begriffsbestimmung	107
	Teilnehmerbetrieb	108
	Teilhaberbetrieb	109
	Geschwindigkeitsmaße für die Datenübertragung	109
4.6.2	Aufbau und Arbeitsweise eines Datenfernverarbeitungssystems ..	111
4.6.2.1	Grundbausteine und Systemkonfiguration	111
4.6.2.2	Die Übertragungssteuereinheit	113
	Aufgaben der Übertragungssteuereinheit	113
	Der Modem	113
	Beispiele	114
4.6.2.3	Die Datenübertragungswege und ihre Betriebsweise	116

Leitungsarten	116
Öffentliche Wählnetze	118
Überlassene Stromwege	119
4.6.2.4 Übertragungsverfahren und Verkehrsarten	120
Serienübertragung und Parallelübertragung	120
Asynchronübertragung	121
Synchronübertragung	122
Verkehrsarten	122
Simplexbetrieb	122
Halbduplexbetrieb	123
Vollduplexbetrieb	123
4.6.2.5 Die Datenstation	124
Die Datenübertragungseinrichtung	124
Die Dateneneinrichtung	125
4.6.3 Dateneingabe und Datenausgabe am Rechner	126
4.6.3.1 Allgemeines	126
4.6.3.2 Abrufbetrieb und Anforderungsbetrieb	126
Der Abrufbetrieb	127
Der Anforderungsbetrieb	127
5. Spezielle Probleme der Realzeit-Datenverarbeitung	128
5.1 Das Realzeit-Betriebssystem	128
5.1.1 Der modulare Aufbau des Betriebssystems	130
5.1.2 Das zentrale Steuerprogramm	132
5.1.3 Die Aufgaben des Betriebssystems bei Datenfernverarbeitung	136
5.1.4 Das Systemlogbuch	139
5.2 Antwortzeiten	140
5.2.1 Die Zentraleinheit	143
5.2.2 Zugriffszeit zu externen Speichern	145
5.2.3 Wartezeiten in Warteschlangen	145
5.2.4 Die Verwaltung durch das Betriebssystem	146
5.3 Prioritäten und Warteschlangen	146
5.3.1 Ankmunftsmuster	147
5.3.1.1 Exponentielle Verteilung	149
5.3.1.2 Erlang-Verteilung	150
5.3.1.3 Regulärer Ankmunftsprozeß	151
5.3.1.4 Hyperexponentielle Verteilung	151
5.3.2 Bedienungsmechanismus	152
5.3.2.1 Exponentielle Verteilung	152
5.3.2.2 Erlang-Verteilung	153
5.3.2.3 Konstante Bedienzeiten	153

5.3.2.4	Spezialfälle	154
5.3.3	Struktur der Warteschlangen	155
5.3.3.1	Feste Prioritäten und Warteschlangendisziplinen	157
	First-in, first-out (Fifo)	157
	Last-in, first-out (Lifo)	157
	Zufällige Bedienungsreihenfolge (random service)	157
5.3.3.2	Dynamische Prioritäten	157
5.3.3.3	Bedienungsunterbrechungen	161
5.4	Großraumspeicher	162
5.4.1	Speicherungsarten	163
5.4.2	Verwendungsweisen	165
5.4.3	Adressierungsverfahren	166
5.4.3.1	Direkte Adressierung	167
5.4.3.2	Indirekte Adressierung	168
5.4.3.3	Datensätze variabler Länge	171
5.5	Zuteilung der Arbeitsmittel	172
5.5.1	Dynamische Arbeitsspeicherzuteilung	175
5.5.2	Speicher- und Zeitzuteilung an reentrante Programme	176
6.	Beispiele für Datenverarbeitung im Realzeitbetrieb	178
6.1	Überblick über die Einsatzgebiete von Realzeitsystemen	178
6.1.1	Lagerhaltung	178
6.1.2	Kontenführung	179
6.1.3	Teilnehmer-Rechensysteme	180
6.1.4	Information Retrieval	182
6.2	Der Realzeitbetrieb von Prozeßrechnern	183
6.2.1	Begriffe und Definitionen	184
6.2.1.1	Prozesse	184
6.2.1.2	Kontinuierliche Prozesse	188
6.2.1.3	Diskontinuierliche Prozesse	189
6.2.1.4	Binäre, analoge und digitale Meßwerte	189
6.2.2	Die Meßwernerfassung in einem Dampfkraftwerk	191
6.2.2.1	Der Aufbau des Systems	191
6.2.2.2	Die Organisation der Meßwertverarbeitung	194
	Prüflisten	194
	Versorgungslisten	195
	Meßwertliste	195
6.2.2.3	Die Plausibilitätskontrolle	195
	Störspannungsimpulse	196
	Meßstellenbruch	196
6.2.2.4	Die Glättung der Meßwerte	196
6.2.2.5	Die Rücktransformation der Meßwerte	197

6.2.2.6 Die Grenzwertkontrolle	198
Feste Grenzen	198
Gleitende Grenzen	198
Tendenzüberwachung	199
Dauer der Grenzwertüberschreitung	199
6.2.2.7 Die Ermittlung von Kenngrößen	199
Verarbeitung zu Prozeßführungsgrößen	200
Statistische Auswertung	200
6.2.3 Die Prozeßführung bei einer Warmbandwalzstraße	200
6.3 Realzeit-Datenverarbeitung bei einer Luftverkehrsgesellschaft	203
6.3.1 Die elektronische Platzbuchung und ihre Bedeutung für eine Luftverkehrsgesellschaft	203
6.3.2 Der Aufbau des Systems	204
6.3.2.1 Einrichtungen in den Verkaufsstellen	205
Der Buchungsplatz (agent set)	205
6.3.2.2 Das Datenübertragungsnetz	211
6.3.2.3 Die Verarbeitungszentrale	211
6.3.3 Das Betriebssystem und das Buchungsprogramm	214
6.3.3.1 Das Bereitstellungsprogramm	214
6.3.3.2 Das Koordinierungsprogramm	215
6.3.3.3 Programme zur Steuerung peripherer Einheiten	215
6.3.3.4 Das Speichervermittlungsprogramm	215
6.3.3.5 Das Kanalprogramm	216
6.3.3.6 Das Endeprogramm	216
6.3.4 Der Ablauf einer Buchung	216
 Literaturverzeichnis	 218
Sachwortverzeichnis	225