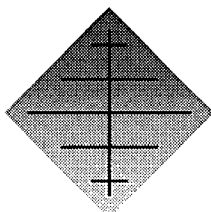


Klaus Dembowski

PC-gesteuerte Meßtechnik

- ★ Zur Entwicklung
von PC-Peripherie für die Meßwerterfassung
- ★ Theorie und Praxis der Steuerungs- und Regelungstechnik

Markt&Technik Verlag AG



Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| VORWORT | 13 |
| 1 Computergesteuerte Meßtechnik | 17 |
| 1.1 Entwicklung der computergesteuerten Meßtechnik | 17 |
| 1.2 Computer-Meßkonfigurationen | 20 |
| 2 Die IBM-Personalcomputer und ihre Ableger | 23 |
| 2.1.1 IBM-PC-Ausstattungsmerkmale | 23 |
| 2.1.2 IBM-AT-Ausstattungsmerkmale | 25 |
| 2.1.3 Computer in Meßsystemen | 27 |
| 2.2.1 Personalcomputer und ihre Prozessoren | 27 |
| 2.2.2 Die Systemplatine eines PC | 28 |
| 2.2.3 Komponenten eines PC-Systems | 30 |
| 2.2.4 Die 8-Bit-Verbindung, der PC-Slot | 30 |
| 2.3.1 AT-Computer und ihre Prozessoren | 35 |
| 2.3.2 Die Systemplatine eines ATs | 36 |
| 2.3.3 Komponenten eines 80286-AT-Systems | 38 |
| 2.3.4 Die 16-Bit-Verbindung, der AT-Slot | 39 |
| 2.4 Adressen in einem PC/AT-System | 43 |
| 2.4.1 PC/AT-Input/Output-Adressen | 44 |
| 2.4.2 PC/AT-Speicher-Adressen | 45 |
| 2.5 Zur Kompatibilität | 46 |
| 3 Aufbau und Entwicklung von Erweiterungskarten | 49 |
| 3.1 Interface zum PC-I/O-Bus | 50 |
| 3.2 Aufbau einer Adressendekodierung | 51 |
| 3.2.1 I/O-Dekodierung | 52 |
| 3.2.2 Flexible I/O-Dekodierung | 54 |
| 3.2.3 Speicherbereich-Dekodierung | 56 |
| 3.2.4 Ansteuerung des IBM-Slots | 56 |
| 3.3 Interrupts in IBM-Rechnern | 59 |
| 3.3.1 Der Interrupt-Controller 8259A | 61 |
| 3.3.2 Anwendung und Programmierung von Interrupts | 63 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.3.3 | Interrupt-Kanal-Erweiterung | 66 |
| 3.4 | DMA in IBM-Rechnern | 67 |
| 3.4.1 | Der DMA-Controller 8237 | 68 |
| 3.4.1.1 | Adreßzähler | 71 |
| 3.4.1.2 | Durchlauf-Register | 71 |
| 3.4.1.3 | Status-Register (08H) | 71 |
| 3.4.1.4 | Mask-Register-1 (0AH) | 72 |
| 3.4.1.5 | Mode-Register (0BH) | 73 |
| 3.4.1.6 | High-Low-Flip-Flop (0CH) | 73 |
| 3.4.1.7 | DMA-Page-Register | 73 |
| 3.4.2 | DMA-Programm | 74 |
| 3.4.3 | DMA-Testschaltung | 75 |
| 4 | Digitale Bauelemente | 77 |
| 4.1 | TTL-Baureihen | 77 |
| 4.1.1 | TTL-Bausteine in der Praxis | 78 |
| 4.2 | CMOS-Baureihen | 80 |
| 4.3 | Entwurf von Logikschaltungen | 81 |
| 4.3.1 | Logische Grundsaltungen | 82 |
| 4.3.2 | Rechenregeln der Schaltalgebra | 84 |
| 4.3.3 | KV-Diagramme | 86 |
| 4.4 | Programmierbare Logikbausteine | 88 |
| 4.4.1 | PAL als Dekoder für eine Erweiterungskarte | 95 |
| 4.5 | Der Port-Baustein 8255 | 102 |
| 4.5.1 | Control-Word-Register | 105 |
| 4.5.2 | Der Mode 0 | 107 |
| 4.5.3 | Der Mode 1 | 108 |
| 4.5.4 | Der Mode 2 | 113 |
| 4.6 | Der Timer/Counter 8253 | 115 |
| 4.6.1 | Control Word Register | 117 |
| 4.6.2 | Die Betriebsarten des 8253 | 117 |
| 4.6.3 | Die Programmierung der Zähler | 120 |
| 4.7 | PC Timer/PIO-Karte | 121 |
| 5 | Bauelemente analoger Schaltungen | 127 |
| 5.1 | Widerstandstypen | 127 |
| 5.2 | Kondensatortypen | 131 |
| 5.3 | Operationsverstärker | 134 |
| 5.3.1 | Invertierender Verstärker | 136 |
| 5.3.2 | Nichtinvertierender Verstärker | 138 |
| 5.3.3 | Differenzverstärker | 138 |
| 5.3.4 | Addierer | 139 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.3.5 | Spannungsfolger | 139 |
| 5.3.6 | Strom-Spannungsumsetzer | 139 |
| 5.3.7 | Komparator | 139 |
| 5.3.8 | Schmitt-Trigger | 140 |
| 5.3.9 | Einige reale Operationsverstärker | 140 |
| 5.4 | Instrumentenverstärker | 141 |
| 5.4.1 | Der Instrumentenverstärker AD524 | 142 |
| 5.4.2 | Instrumentenverstärker als Brückenverstärker | 145 |
| 5.5 | Abtast- und Halteverstärker | 148 |
| 5.5.1 | Sample & Hold Baustein AD585 | 150 |
| 6 | Wandlerbausteine | 153 |
| 6.1 | Kenngößen von Wandlerbausteinen | 154 |
| 6.2 | Analog/Digital-Wandlung | 154 |
| 6.2.1 | Sukzessive Approximation | 156 |
| 6.2.2 | Flash-Wandler | 158 |
| 6.2.3 | Semi-Flash-Wandler (Halb-Parallel-Wandler) | 160 |
| 6.2.4 | Single-Slope-Verfahren | 161 |
| 6.2.5 | Dual-Slope-Verfahren | 162 |
| 6.2.6 | Quad-Slope-Verfahren | 165 |
| 6.2.7 | Spannungs-Frequenz-Wandler | 165 |
| 6.3 | Analog/Digital-Wandler im Detail | 168 |
| 6.3.1 | Der Analog/Digital-Wandler μ PD7002 | 168 |
| 6.3.2 | Der Analog/Digital-Wandler AD574 | 171 |
| 6.3.3 | Der Analog/Digital-Wandler MAX 158 | 175 |
| 6.4 | Digital/Analog-Wandlung | 177 |
| 6.4.1 | Parallelverfahren | 178 |
| 6.4.2 | Wägeverfahren | 179 |
| 6.4.3 | Zählverfahren | 180 |
| 6.5 | Digital/Analog-Wandler im Detail | 182 |
| 6.5.1 | Der Digital/Analog-DAC-08 | 182 |
| 6.5.2 | Der Digital/Analog-Wandler AD7228 | 184 |
| 7 | Messen, Steuern und Regeln | 187 |
| 7.1 | Messen | 187 |
| 7.2 | Spannungsmessung | 189 |
| 7.2.1 | Wechselspannungsmessung | 189 |
| 7.3 | Temperaturmessung | 194 |
| 7.3.1 | Temperaturmessung mit PT100 | 194 |
| 7.3.2 | Temperaturmessung mit Thermoelement | 198 |
| 7.3.3 | Thermoelementverstärker | 200 |
| 7.4 | Steuern | 201 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 7.4.1 | Leistungsstufe mit Operationsverstärker | 201 |
| 7.4.2 | Halbleiterrelais | 204 |
| 7.5 | Regeln | 204 |
| 7.5.1 | P-Regler | 205 |
| 7.5.2 | I-Regler | 206 |
| 7.5.3 | D-Regler | 207 |
| 7.5.4 | PI-Regler | 208 |
| 7.5.5 | PD-Regler | 209 |
| 7.5.6 | PID-Regler | 210 |
| 7.5.7 | Praktische Realisierung von Reglern | 211 |
| 7.5.8 | Regelungen mit dem Computer | 213 |
| 7.5.9 | Digitale Regelung | 214 |
| 7.5.9.1 | Dimensionierung und Programmierung einer digitalen Regelung | 214 |
| 7.5.10 | Pulsbreiten-modulierte Temperaturregelung | 215 |
| 8 | Der Aufbau von Meßwerterfassungskarten | 221 |
| 8.1 | Masseprobleme | 221 |
| 8.1.2 | Spannungsversorgung | 222 |
| 8.2 | PC-Multifunktionskarte | 224 |
| 8.2.1 | Testprogramm für die Multifunktionskarte | 233 |
| 8.3 | Eine 12-Bit-A/D-Wandlerkarte mit Sample & Hold | 238 |
| 8.3.1 | Abgleich der A/D-Wandlerkarte | 244 |
| 8.3.2 | Testprogramm für die 12-Bit-A/D-Wandlerkarte | 247 |
| 8.3.3 | Temperaturmessung | 249 |
| 9 | Die RS232-Schnittstelle im Meßbetrieb | 251 |
| 9.1 | Der UART 8250 | 256 |
| 9.1.1 | Interrupt-Enable-Register | 258 |
| 9.1.2 | Interrupt-Identification-Register | 258 |
| 9.1.3 | Leitungs-Steuer-Register | 259 |
| 9.1.4 | Leitungs-Status-Register | 260 |
| 9.1.5 | Modem-Steuer-Register | 261 |
| 9.1.6 | Modem-Statusregister | 261 |
| 9.1.7 | Baudrate-Register | 262 |
| 9.2 | Analog Digital-Wandler an der RS232-Schnittstelle | 262 |
| 9.2.1 | Der A/D-Wandler LTC1090 | 263 |
| 9.2.2 | LTC1090-Applikation | 266 |
| 9.3 | Meßsysteme an der RS232-Schnittstelle | 272 |
| 9.4 | Meßsystem mit 8052-Basic-Mikrocontroller an der RS232-Schnittstelle | 273 |
| 9.4.1 | Speicherbereichsaufteilung des 8052-AH Basic | 276 |
| 9.4.2 | 8052-Applikation | 277 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 9.4.3 | Die Programmierung des 8052-Basic Controllers | 284 |
| 10 | Der IEC-Bus | 293 |
| 10.1.1 | Anschluß von Geräten an den IEC-Bus | 294 |
| 10.1.2 | System-Controller | 296 |
| 10.2 | Die technischen Grundlagen des IEC-Bus | 299 |
| 10.2.1 | Datenleitungen (Data-Lines): | 302 |
| 10.2.2 | Übergabeleitungen (Handshake-Lines): | 302 |
| 10.2.3 | Steuerleitungen (Management Lines) | 303 |
| 10.3 | Datenaustausch zwischen IEC-Geräten | 304 |
| 10.3.1 | Schnittstellennachrichten | 307 |
| 10.3.2 | Adressierte Befehle | 307 |
| 10.3.3 | Universalbefehle | 309 |
| 10.3.4 | Adressen | 309 |
| 10.3.5 | Unteradressen | 311 |
| 10.4 | Gerätenachrichten (ATN=HIGH) | 312 |
| 10.5 | Statusinformationen | 312 |
| 10.5.1 | Serielle Statusabfrage | 313 |
| 10.5.2 | Parallele Statusabfrage | 313 |
| 10.6 | Ausrüstungen von IEC-Geräten | 314 |
| 10.6.1 | Source-Handshake-Funktion (SH) | 315 |
| 10.6.2 | Acceptor-Handshake-Funktion (AH) | 315 |
| 10.6.3 | Talker / Talker-Extended-Funktion (T/TE) | 316 |
| 10.6.4 | Listener / Listener-Extended-Funktion (L/LE) | 316 |
| 10.6.5 | Service-Request-Funktion (SR) | 317 |
| 10.6.6 | Remote / Local-Funktion (RL) | 317 |
| 10.6.7 | Parallel-Poll-Funktion (PP) | 317 |
| 10.6.8 | Device-Clear-Funktion (DC) | 318 |
| 10.6.9 | Device Trigger | 318 |
| 10.6.10 | Controller-Funktion (C) | 318 |
| 10.6.11 | Bus-Treiber (Driver) (E) | 319 |
| 10.7 | Interne Nachrichten | 319 |
| 10.8 | IEC-Bus-Tester | 321 |
| 10.9 | Der VXI-Bus | 323 |
| 10.2 | Lab Windows | 329 |
| 11 | Der IEC-Bus in der Praxis | 331 |
| 11.1 | Schaltungsbeschreibung PC488-Karte | 332 |
| 11.2 | IEC-Software | 335 |
| 11.3 | Befehlsvorrat der IEC-Software | 335 |
| 11.3.1 | Initialisierung – INITIALIZE | 335 |
| 11.3.2 | Daten senden – SEND | 336 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 11.3.3 | Daten senden – TRANSMIT | 336 |
| 11.3.4 | Binäre Daten senden – TARRAY | 337 |
| 11.3.5 | Daten empfangen – ENTER | 338 |
| 11.3.6 | Daten empfangen – RECEIVE | 339 |
| 11.3.7 | Binäre Daten empfangen – RARRAY | 339 |
| 11.3.8 | Serielle Statusabfrage – SPOLL | 340 |
| 11.3.9 | Parallele Statusabfrage – PPOLL | 341 |
| 11.3.10 | Direct Memory Access – DMA | 341 |
| 11.3.11 | Spezielle Befehle der IEC-Software | 344 |
| 11.4 | <i>Anwendungen der Software</i> | 346 |
| 11.4.1 | Vorstellung der verwendeten Geräte | 347 |
| 11.4.2 | Kommunikation mit dem Multimeter | 353 |
| 11.4.3 | Kommunikation mit der Strom-/Spannungsquelle | 354 |
| 11.4.4 | Kennlinienaufnahme | 357 |
| 11.4.5 | Service Request und Interrupts | 364 |
| 11.5 | Asyst | 365 |
| 11.5.1 | Der Asystant GPIB | 366 |
| 11.5.1.1 | Interactive Mode | 371 |
| 11.5.1.2 | Program Mode | 382 |
| 12 | Entwicklung einer IEC-Karte für den IBM-PC | 387 |
| 12.1 | IEC-Controllerbausteine | 387 |
| 12.2 | Schaltung der IEC-Karte | 388 |
| 12.3 | Schaltungsbeschreibung der Selbstbau-IEC-Karte | 392 |
| 12.4 | Controllerbaustein μ PD7210 | 396 |
| 12.4.1 | Pinbeschreibung μ PD7210 | 396 |
| 12.5 | Die Register des μ PD7210 | 398 |
| 12.5.1 | Data-In-Register | 398 |
| 12.5.2 | Data-Out-Register | 398 |
| 12.5.3 | Interrupt-Register | 400 |
| 12.5.4 | Serial-Poll-Register | 402 |
| 12.5.5 | Address-Status und Address-Mode-Register | 402 |
| 12.5.6 | Command-Pass-Through-Register | 404 |
| 12.5.7 | Auxiliary-Mode-Register | 405 |
| 12.5.7.1 | Hilfskommandos | 405 |
| 12.5.7.2 | Taktfrequenz | 406 |
| 12.5.7.3 | Parallel-Poll-Register | 407 |
| 12.5.7.4 | Hilfsregister A | 407 |
| 12.5.7.5 | Hilfsregister B | 408 |
| 12.5.7.6 | Hilfsregister E | 408 |
| 12.5.8 | Address-Register | 409 |
| 12.5.9 | End-Of-String-Register | 409 |

| | | |
|---------|--------------------------|-----|
| 12.5.10 | IEC-Bus-Treiberbausteine | 410 |
| 12.6.1 | IEC-Controllersoftware | 413 |
| 12.6.2 | Meßprogramm | 413 |
| 12.6.3 | Die Unit IEC | 416 |

Anhang

429

| | | |
|-----------|--|-----|
| Anhang A: | Logische Schaltkreise der 74er-Baureihen | 429 |
| Anhang B: | Disketteninhalt | 445 |
| Anhang C: | ASCII/IEC-Tabelle | 446 |
| Anhang D: | Herstellerverzeichnis | 452 |
| Anhang E: | Bilderliste, eine Auflistung der Abbildungen | 455 |
| Anhang F: | Literaturverzeichnis | 461 |

Stichwortverzeichnis

463