

Inhalt

1	Einleitung	15
2	Digitale Ein-/ Ausgabe	19
2.1	Möglichkeiten des PC	19
2.1.1	Nutzung der verbleibenden Adressen	20
2.1.1.1	Einfache Ausgabemöglichkeit	23
2.1.1.2	Einfache Eingabemöglichkeit	23
2.2	Portbaustein 8255	25
2.2.1	Aufbau und Arbeitsweise	26
2.2.2	Beschreibung der Betriebsarten	28
2.2.2.1	Modus 0	29
2.2.2.2	Modus 1	30
2.2.2.3	Modus 2	31
2.2.3	Programmierung	31
2.3	Anwendungsbeispiel	33
2.3.1	Steuerung des Zündwinkels an einem Triac	33
2.3.1.1	Die analoge Lösung	34
2.3.1.2	Die digitale Lösung	34
2.3.1.3	Bestimmung der Leistung	37
2.4	Ausgabe von periodischen Signalen	38
2.4.1	Zeitgeberbaustein 8253	39
2.4.2	Aufbau und Organisation	39
2.4.3	Die Betriebsarten des 8253	41
2.4.3.1	Einmal zählen bis Null (Modus 0)	41
2.4.3.2	Monostabile Kippstufe (Modus 1)	42
2.4.3.3	Taktgenerator, Teiler 1/n (Modus 2)	44
2.4.3.4	Rechteckgenerator (Modus 3)	46
2.4.3.5	Verzögerung von Softwaresignalen (Modus 4)	48
2.4.3.6	Verzögerung von Hardwaresignalen (Modus 5)	50
2.4.4	Das Steuerwortregister	50
2.4.5	Rücklesen der Zählerinhalte	52
2.4.5.1	Mit Unterbrechung des Zählvorganges	52
2.4.5.2	Ohne Unterbrechung des Zählvorganges	53
2.5	Erfassen von Zustandsgrößen	54
2.5.1	Der Bildschirm als Datenspeicher	55
2.5.1.1	Schaltzustände externer Schalter	57
2.5.1.2	Schaltzustände von Ausgangleitungen	58
2.5.2	Kontrolle über Bewegungen	59

2.5.2.1	Ständige Überwachung durch Interrupt	59
2.5.2.2	Überwachung durch einen 8253	60
2.5.3	Frequenz und Periodendauer	61
2.5.3.1	Frequenzmessung	61
2.5.3.2	Periodendauermessung	62
2.5.3.3	Messung bei beliebiger Kurvenform	63
3	Datenübertragung	65
3.1	Störfaktoren	66
3.1.1	Störungen von außen	67
3.1.1.1	Induktive Störungen	67
3.1.1.2	Kapazitive Störungen	68
3.1.2	Innere Störungen	68
3.2	Arten der Signalübertragung	69
3.2.1	Asymmetrische Signalübertragung	69
3.2.2	Symmetrische Signalübertragung	71
3.3	Digitale Schnittstellen	72
3.3.1	Parallele Schnittstellen	73
3.3.1.1	Die Centronics-Schnittstelle	74
3.3.1.2	Die IEC- (IEEE-) Schnittstelle	75
3.3.2	Serielle Schnittstellen	77
3.3.2.1	Die V.24-Schnittstelle	77
3.3.2.2	Synchrone und asynchrone Betriebsart	79
3.3.2.3	Die TTY-Schnittstelle (Current Loop)	80
3.3.2.4	Die Schnittstellen RS 422/485	80
3.3.3	Individuelle Schnittstellen	82
3.4	Verbindungsleitungen	82
3.4.1	Einfache Drähte	83
3.4.2	Abgeschirmte Leitungen	84
3.4.2.1	Leitungen mit Einzelabschirmung	85
3.4.3	Flachbandleitung	85
3.4.4	Kabel mit definiertem Wellenwiderstand	86
3.4.4.1	Koaxialkabel	87
3.4.4.2	Einfache Doppelleitung	87
3.4.4.3	Twisted Pair	88
3.4.4.4	Flachbandleitungen	88
3.5	Datensicherheit	89
3.5.1	Echobetrieb	90
3.5.2	Prüfsumme	90
3.5.3	Paritätsbit	91

4	D/A-Wandler	93
4.1	Prinzipien	94
4.1.1	Summierung bewerteter Ströme	94
4.1.2	R-2R-Netzwerk	96
4.1.3	Stromquellenschaltung	98
4.2	Leistungsmerkmale von D/A-Wandlern	99
4.2.1	Einschwingzeit	100
4.2.2	Nichtlinearität	100
4.2.2.1	Statische Nichtlinearität	101
4.2.2.2	Dynamische Nichtlinearität	102
4.2.3	Nullpunktdrift	103
4.2.4	Ausgangsdaten	103
4.2.5	Betrieb in mehreren Quadranten	104
4.3	Spezielle D/A-Wandler	105
4.3.1	Wandler für BCD-Zahlen	106
4.4	Spezielle Anwendungen	107
4.4.1	Signalmultiplikation	107
4.4.2	Programmierbarer Verstärker	109
4.4.3	Amplitudenmodulation	109
4.4.4	Analog-Digital-Division	110
4.4.5	Anwendung als Funktionsgenerator	111
5	A/D-Wandler	113
5.1	Prinzipien	113
5.2	Quantisierung	114
5.2.1	Das Parallelverfahren	114
5.2.2	Das Wägeverfahren	116
5.2.3	Die Zählverfahren	118
5.2.3.1	Kompensationsverfahren	118
5.2.3.2	Sägezahnverfahren	121
5.2.3.3	Integrationsverfahren	123
5.3	Sample & Hold - Glied	126
5.3.1	Praktische Ausführung	127
5.4	Genauigkeitsbetrachtungen	129
5.4.1	Fehler des Eingangsverstärkers	129
5.4.2	Fehlerquellen bei A/D-Wandlern	130
5.4.2.1	Quantisierungsfehler	130
5.4.2.2	Linearitätsfehler	132
5.5	Mehrkanaliger Betrieb mit Multiplexern	134

6	Erfassen analoger Größen	137
6.1	Überprüfung des Wandlers	137
6.2	Messung einfacher Spannungssignale	138
6.2.1	Meßbereich	138
6.2.2	Potentialprobleme	139
6.2.2.1	Masseverbindungen	139
6.2.2.2	Trennverstärker	141
6.2.3	Impedanzanpassung	143
6.3	Normierte Stromsignale	145
6.3.1	Wandlung in ein Spannungssignal	145
6.4	Messungen im Millivoltbereich	147
6.4.1	Instrumentation Amplifier	147
6.4.2	Thermoelemente am PC	149
6.4.2.1	Temperatur des Anschlußpunktes	150
6.4.2.2	Ermittlung der Temperatur	152
6.4.2.3	Linearisierung im Betriebspunkt	154
6.4.2.4	Benutzung eines Arrays	154
6.4.2.5	Bruchüberwachung	155
6.4.3	Signale von Brückenschaltungen	157
6.4.3.1	Prinzip der Wheatstonschen Brücke	157
6.4.3.2	Temperaturmessung mit Widerstandsthermometern ...	158
6.4.3.3	Dehnmeßstreifen	161
7	Messung von Signalverläufen	165
7.1	Abtastung in zeitgleichen Abständen	165
7.1.1	Polling	166
7.1.1.1	Zeitverzögerung	169
7.1.2	Interruptgesteuerte Meßverfahren	169
7.1.2.1	Grundlagen	170
7.1.2.2	Voraussetzungen der Hardware	172
7.1.2.3	Taktfrequenz	172
7.1.2.4	Programmbeispiel	173
7.1.2.5	Anzahl der Messungen	180
7.1.2.6	Beschleunigung	182
7.1.2.7	BIOS-Aufrufe während der Messung	182
7.1.3	Meßwertübertragung per DMA	183
7.1.3.1	Grundlagen	184
7.1.3.2	Arbeitsweise der DMA	185
7.1.3.3	DMA in der Praxis	186
7.1.3.4	Transientenrecorder	187

7.2	Das Abtasttheorem	187
7.2.1	Problematik	188
7.2.2	Praktische Verfahren	189
7.2.2.1	Signalaufbereitung vor der Messung	190
8	Signalaufbereitung	193
8.1	Mittelwertbildung	194
8.1.1	Arithmetischer Mittelwert	195
8.1.2	Gleitender Mittelwert	196
8.1.2.1	Nichtrekursive Methode	196
8.1.2.2	Rekursive Methode	197
8.1.2.3	Glättung	199
8.1.3	RMS-Wert	203
8.2	Digitale Filter	206
8.2.1	Arbeitsprinzip	206
8.2.1.1	Signalverzögerung u. Rückführung	206
8.2.1.2	Softwarefilter 1. Ordnung	207
8.2.2	Filter höherer Ordnung	211
8.2.2.1	Ausflug in die Analogtechnik	211
8.2.2.2	Digitales Prinzip	212
8.2.3	Programm zur Realisierung eines Digitalfilters	213
8.2.4	Filtern in Echtzeit	215
8.3	FFT	216
8.3.1	Grundlagen	217
8.3.1.1	Etwas Mathematik	217
8.3.1.2	Zeit- und Frequenzverlauf	218
8.3.2	Die schnelle Methode	220
8.3.2.1	Bedingungen und Einschränkungen	221
8.3.2.2	Periodische Signale	222
8.3.3	Anwendungsbeispiele	223
8.3.3.1	Tiefpaß	225
8.3.3.2	Hochpaß	226
8.3.3.3	Bandpaß/Bandsperre	226
8.3.3.4	Ausblenden von Störsignalen	227
8.3.3.5	Spektralanalyse	232
8.3.3.6	Klirrfaktor	235
8.3.3.7	Bewertungsfenster	238
8.4	Analoge Ausgabe	239
8.4.1	Voraussetzungen für die Weiterverarbeitung	239
8.4.1.1	Hardware	239
8.4.1.2	Software	240

8.4.2	Form der Ausgangsspannung	242
8.4.2.1	Maßnahmen zur Verbesserung	242
9	Regelung	245
9.1	Merkmal einer Regelung	246
9.2	Regelungsprinzipien	247
9.2.1	Unstetige Regelung	248
9.2.1.1	Zweipunktregelung	248
9.2.1.2	Dreipunktregelung	251
9.2.2	Stetige Regelung	253
9.3	Die zu regelnde Einheit	255
9.3.1	Regelstrecken mit Ausgleich	256
9.3.1.1	Regelstrecken 1. Ordnung	256
9.3.1.2	Regelstrecken 2. und höherer Ordnung	258
9.3.1.3	Regelstrecken mit Totzeiten	262
9.3.2	Strecken ohne Ausgleich	264
9.4	Reglerarten	266
9.4.1	P-Regler	266
9.4.1.1	Der Proportionalbereich	268
9.4.2	I-Regler	270
9.4.3	D-Regler	272
9.5	Regler mit gemischtem Verhalten	274
9.5.1	Der PI-Regler	274
9.5.2	Der PD-Regler	276
9.5.3	Der PID-Regler	278
9.6	Auswahl des Reglertypes	279
9.6.1	Betrachtung der zu regelnden Strecke	280
9.6.1.1	Stellübergangsfunktion	280
9.6.1.2	Kennlinie und Arbeitspunkt	283
9.6.1.3	Frequenzganganalyse	286
9.6.1.4	Interpretation der Ergebnisse	290
9.6.2	Die wichtigsten Arten von Regelstrecken	291
9.7	Ändern der Verhaltensweise von Reglern und Regelstrecken	293
9.7.1	Starre Rückführung	293
9.7.1.1	Linearisierung der Kennlinie	294
9.7.1.2	Ändern der Streckeneigenschaft	298
9.7.2	Nachgebende Rückführung	301
9.7.3	Verzögerte Rückführung	303
9.7.4	Verzögert nachgebende Rückführung	305
9.7.5	Schrittregler	305

9.7.5.1	Zweipunkt-Schrittregler	306
9.7.5.2	Dreipunkt-Schrittregler	307
9.8	Regelaufgaben	308
9.8.1	Festwertregelung	308
9.8.1.1	Das Störverhalten des Regelkreises	308
9.8.1.2	Die Störübergangsfunktion	309
9.8.2	Folgeregelung	310
9.8.2.1	Das Führungsverhalten des Regelkreises	311
9.8.2.2	Zeitplanregelung	312
9.8.3	Regelgüte	313
9.9	Stellglieder	314
9.9.1	Anforderungen für PC-Regelkreis	315
9.9.2	Kaskadenregelung	316
10	Digitale Regelung	319
10.1	Reglernachbildung auf dem PC	320
10.1.1	Regelprinzip eines Computers	320
10.1.2	Die Methode des Vergleichs	322
10.2	Die Regelgleichung	323
10.2.1	Umgesetzte Differenzgleichung	323
10.2.2	Einfluß der Auffrischungsrate	325
10.2.3	Regler mit Teilverhalten	327
10.3	Parametereinstellung	328
10.3.1	Einstellung nach der Stabilitätsgrenze	328
10.3.2	Einstellung nach der Übergangsfunktion	330
10.4	Situationsabhängige Regelparameter	331
10.4.1	Veränderlicher I-Anteil	331
10.4.2	Veränderlicher D-Anteil	332
10.4.3	Veränderlicher P-Anteil	333
10.4.4	Berücksichtigung von Störungen	333
10.4.5	Berücksichtigung einer nichtlinearen Kennlinie ...	334
10.5	Regelstreckensimulation	334
10.5.1	Modellvorstellung	335
10.5.1.1	Elektrisches Modell eines Ofens.....	335
10.5.1.2	Berechnung der Werte	337
10.5.2	Das Programm	338
Literatur		343
Sachverzeichnis		345