

Inhalt

Vorwort	V
1 Einführung	1
1.1 Historische Entwicklung	1
1.2 Moderne Messwerterfassung und -verarbeitung	4
2 Analog-Digital-Umsetzer	7
2.1 Grundbegriffe und Kennlinie	7
2.2 Verfahren zur AD-Umsetzung	10
2.2.1 Sukzessive Verfahren	10
2.2.2 Sigma-Delta-Verfahren	12
2.2.3 ADU-Verfahren in der Übersicht	15
2.3 Quantisierungsfehler	15
2.4 Die effektive Anzahl von Bits (ENOB)	18
2.5 Codierungen für Datenwandler	19
2.6 AD-Umsetzung bei zeitveränderlicher Eingangsspannung	22
2.7 Sample-Hold-Schaltung	23
2.8 Nichtlineare Quantisierung	28
2.8.1 μ -Law und A-Law	28
2.8.2 μ -Law-Kompandierung	29
2.9 Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM)	31
2.10 Übungen	31
2.11 Lösungen	33

3	Digital-Analog-Umsetzer	37
3.1	Grundbegriffe und Kennlinie	37
3.2	Verfahren zur DA-Umsetzung	40
3.3	Fehlerbetrachtung	41
3.4	Übungen	45
3.5	Lösungen	45
4	Signalabtastung und Signalrekonstruktion	49
4.1	Abtastung und Abtast-Theorem	49
4.2	Rekonstruktion des analogen Signals	53
4.3	Übungen	56
4.4	Lösungen	57
5	Messwerterfassungssysteme	59
5.1	Grundstrukturen von Messwerterfassungssystemen	59
5.2	Ausgewählte Sensoren	65
5.2.1	Dehnungsmessstreifen (DMS)	65
5.2.2	Kapazitive Messfühler	67
5.2.3	Induktive Messfühler	75
5.3	Signalkonditionierung	77
5.4	Schaltungen zur Signalkonditionierung	78
5.4.1	Messverstärker	79
5.4.2	Filter	96
5.4.2.1	Aktive Filter erste Ordnung	96
5.4.2.2	Butterworth-Filter	103
5.4.2.3	Tschebyscheff-Filter	103
5.4.2.4	Bessel-Filter	104
5.4.2.5	Sallen-Key-Schaltung	104
5.4.2.6	Kaskadierung von aktiven Filtern	108
5.4.3	Messbrücken	113
5.4.4	Trägerfrequenz-Messverfahren	115
5.5	Übungen	120
5.6	Lösungen	122

6	Grundlagen zur digitalen Signalverarbeitung	127
6.1	Einführung	127
6.2	Grundelemente der digitalen Signalverarbeitung	137
6.3	Testsignale	144
6.4	Übungen	147
6.5	Lösungen	148
7	Digitale Filter	153
7.1	Filterentwurf	156
7.2	Filterentwurf mit einem Toleranzschema	157
7.3	IIR-Filterentwurf mit der impulsinvarianten z-Transformation	161
7.4	Filterentwurf mit der bilinearen z-Transformation	164
7.5	Transformation zwischen Tiefpass- und Hochpassfilter	172
7.6	Realisierung von Bandsperren und Bandpässen	174
7.7	Filter höherer Ordnung	176
7.8	Entwurfsverfahren für FIR-Filter	181
7.9	FIR-Filterentwurf mit einem Approximationsverfahren	184
7.10	Savitzky-Golay-Filter	195
7.11	Kalman-Filter	202
7.11.1	Mathematische Modellierung	202
7.11.2	Mathematisches Modell des Zustandsraums eines Beobachters (Kalman-Filter)	205
7.11.3	Implementierung in LabVIEW	216
7.12	Übungen	218
7.13	Lösungen	219
8	Diskrete Fourier-Transformation	223
8.1	Übungen	236
8.2	Lösungen	237
9	Messdatenverarbeitung mit LabVIEW	243
9.1	Datenerfassung	243
9.2	Software für die Messdatenverarbeitung	246
9.3	Der VISA-Treiber	247
9.4	Aufgabe: Amplitudengang eines Filters	251
9.5	Aufgabe: Waage mit Dehnungsmessstreifen	259

9.6	Programmierung mit NI-USB-Messmodulen	263
9.6.1	Hardwareaufbau von Messmodulen	263
9.6.2	Einrichtung von NI-Hardware mit dem NI MAX	265
9.6.3	Verwendete LabVIEW-Funktionen	268
9.7	Aufgabe: Temperaturmessung	269
9.8	Aufgabe: Wetterstation für Druck, Feuchte und Temperatur	272
9.9	Aufgabe: Signalanalyse eines Sinussignals	274
9.10	Aufgabe: Signalanalyse eines Mikrofonsignals	276
9.11	Aufgabe: Digitale Signalverarbeitung mit Musik	279
9.12	Aufgabe: Analyse eines EKG-Signals	281
9.13	Aufgabe: Template für Mess- und Automatisierungsaufgaben	283
10	Messdatenverarbeitung mit Python	287
10.1	Verwendung von NI-DAQmx in Python	287
10.1.1	NI-DAQmx-Integration in Python: Software installieren	289
10.1.2	Grundlegende Verwendung von NI-DAQmx in Python	291
10.1.3	Erzeugen und Ausgeben einer Sinuswelle mit NI-DAQmx in Python	292
10.1.4	Temperaturerfassung mit LM35 und NI USB-6009	293
10.2	Regressionsanalyse	297
10.2.1	Lineare Regression	297
10.2.2	Ausgleichpolynom	303
10.2.3	Lineare Regression und Differenzialgleichungen	306
10.2.4	Linearisierung	310
10.3	Python in der Bildverarbeitung und OpenCV	312
10.3.1	Echtzeit-Objektmaskierung mit OpenCV	312
10.3.2	Objekterkennung mit YOLO (You Only Look Once)	313
10.4	Integration von Python-Code in LabVIEW	318
10.5	Übungen	322
10.6	Lösungen	323
	Quellenverzeichnis	327
	Index	329