

Inhaltsverzeichnis

I Repetitorium Elektrotechnik mit Übungen

1	Elektrotechnische Grundlagen (Auswahl)	1
1.1	Definition elektrischer Grundgrößen.....	1
1.2	Stromkreis	2
1.3	Messen von Gleichströmen und Gleichspannungen.....	2
1.4	Eigenschaften von Bauelementen und grundlegende Stromkreisgesetze.....	3
1.5	Widerstände mit physikalischen Abhängigkeiten	4
	– Temperatur	4
	– Kraft	5
	– Magnetismus	5
	– Licht	5
1.6	Beschreibungsmittel und Kenngrößen von Spannungen (Strömen).....	6
1.7	Mittelwerte periodischer Größen.....	7
1.8	Komplexe Rechnung für Wechselstromtechnik	8
1.9	Drehstromsystem.....	9
1.10	Transformator.....	10
	– Einphasen-Kerntransformator	10
	– Gesetze des idealen Transformators.....	10
1.11	Grundsaltungen mit Formelsammlung	11
1.12	Übungsaufgaben.....	17

II Einführung in die Elektronik

2	Grundbegriffe der Halbleitertechnik	22
2.1	Elektrische Leitfähigkeit der Materialien	22
2.2	Störstellenleitung der Halbleiter	22
2.3	Eigenleitung der Halbleiter.....	24
2.4	Halleffekt als Nachweis für Elektronen- und Löcherleitung	25
2.5	Eigenschaften des pn-Übergangs der Halbleiter	26
2.6	Eigenschaften von Halbleiter-Kanälen.....	29
2.7	Übungsaufgaben.....	31
3	Halbleiterdiode als nichtlinearer Widerstand	32
3.1	<i>I-U</i> -Kennlinie der Halbleiterdiode	32
3.2	Arbeiten mit Kennlinien	34
	3.2.1 <i>I-U</i> -Kennlinien.....	34
	3.2.2 Übertragungs-Kennlinien.....	35
3.3	Begrenzerschaltungen mit Dioden.....	36
3.4	Übungsaufgaben.....	37

III Grundsaltungen der Elektronik

4	Spannungsstabilisierung mit Z-Diode	39
4.1	Aufgabe einer Spannungsstabilisierung	39
4.2	Z-Diode als Stabilisierungselement	40
4.3	Analyse der Z-Dioden-Konstantspannungsschaltung.....	42
4.3.1	Leerlauf.....	42
4.3.2	Belastungsfall.....	44
4.4	Übungsaufgaben.....	47
5	Konstantstromschaltung mit JFET	49
5.1	Aufgabe einer Konstantstromschaltung.....	49
5.2	Feldeffekttransistor (JFET) als Konstantstromelement	51
5.3	Analyse der JFET-Konstantstromschaltung	53
5.4	Übungsaufgaben.....	56
6	Transistor als Schalter	57
6.1	Übersicht über grundlegende Transistortypen.....	57
6.2	Kennlinien und Kennwerte der Bipolartransistoren	58
6.2.1	Schichtenaufbau, Anschlüsse, Polung.....	58
6.2.2	Messschaltung	59
6.2.3	Kennlinien.....	59
6.3	Kennlinien und Kennwerte der Feldeffekttransistoren.....	62
6.3.1	Kanalstruktur, Anschlüsse, Polung	62
6.3.2	Messschaltung	63
6.3.3	Kennlinien.....	63
6.4	Grenzdaten.....	64
6.4.1	Spannungsgrenzwerte	64
6.4.2	Stromgrenzwerte	65
6.4.3	Temperatur- und Leistungsgrenzwerte.....	65
6.4.4	Sicherer Arbeitsbereich (SOA = Safe Operating Area)	68
6.5	Grundbegriffe der Schaltverstärker	69
6.5.1	Schaltzustände des Transistors.....	69
6.5.2	Übersteuerung	70
6.5.3	Schaltzeiten	71
6.5.4	Berechnungsgang für den Schaltverstärker.....	72
6.6	Schalten mit Leistungstransistoren	74
6.6.1	Eigenschaften von Leistungs-MOSFETs	74
6.6.2	Ansteuern von Leistungs-MOSFETs	75
6.6.3	High-Side und Low-Side-Schalter	77
6.6.4	Periodisches Schalten von induktiven Lasten in Gleichstromkreisen	78
6.7	CMOS-Inverter als Schalter	80
6.7.1	Schaltungsprinzip eines CMOS-Inverters.....	80
6.7.2	Betriebsspannung, Pegel, Belastbarkeit	81
6.8	Schalten mit Optokoppler.....	82
6.9	Übungsaufgaben.....	83

7	Transistor als Verstärker	86
7.1	Grundbegriffe der Verstärkertechnik	86
7.1.1	Vierpoldarstellung des Verstärkers	86
7.1.2	Kennwerte des Verstärkers	87
7.2	Arbeitspunkteinstellung.....	88
7.2.1	Kollektorruehestrom	88
7.2.2	Arbeitswiderstand	89
7.2.3	Arbeitspunkt.....	91
7.3	Verstärkungsvorgang im Kennlinienfeld	91
7.4	Ermittlung der Verstärkerkennwerte	93
7.4.1	Messen der Leerlauf-Spannungsverstärkung	93
7.4.2	Messen des Wechselstrom-Eingangswiderstandes	93
7.4.3	Messen des Wechselstrom-Ausgangswiderstandes	94
7.4.4	Rechnerische Ermittlung der Verstärkerkennwerte	94
7.5	Frequenzgang	95
7.5.1	Untere Grenzfrequenz	95
7.5.2	Obere Grenzfrequenz	96
7.6	Verstärker-Grundsaltungen	98
7.7	Übungsaufgaben.....	99
8	Operationsverstärker und Grundsaltungen	100
8.1	Übersicht	100
8.2	Eigenschaften eines Standard-Operationsverstärkers.....	101
8.2.1	Der invertierende und nichtinvertierende Eingang	101
8.2.2	Aussteuerungsgrenzen der Ausgangsspannung	101
8.2.3	Aussteuerungsgrenzen des Ausgangsstromes	102
8.2.4	Differenzverstärkung und Gleichtaktverstärkung	102
8.2.5	Gleichtaktunterdrückung.....	102
8.2.6	Ausgangsspannung	103
8.2.7	Eingangswiderstand	103
8.2.8	Ausgangswiderstand	103
8.2.9	Frequenzgang.....	103
8.2.10	Slew Rate	104
8.2.11	Datenblatt des Standard-Operationsverstärkers	104
8.3	Operationsverstärker als linearer Verstärker	105
8.3.1	Gegenkopplungsprinzip	105
8.3.2	Rechenregeln für gegengekoppelte Operationsverstärker.....	107
8.3.3	Invertierender Verstärker	108
8.3.4	Nichtinvertierender Verstärker.....	113
8.4	Operationsverstärker als Schalter	118
8.4.1	Komparator	118
8.4.2	Invertierender Schmitt-Trigger	119
8.4.3	Nichtinvertierender Schmitt-Trigger.....	122
8.5	Übungsaufgaben.....	124

9	Analoge Signalverarbeitung	126
9.1	Addierer.....	126
9.1.1	Grundschtaltung des Umkehraddierers	126
9.1.2	Prinzip der Digital-Analog-Umsetzung mit Umkehraddierer	128
9.2	Subtrahierer	129
9.2.1	Grundschtaltung mit 1 Operationsverstärker.....	129
9.2.2	Variante mit 2 Operationsverstärkern	133
9.2.3	Instrumentenverstärker (Subtrahierer mit 3 OpV)	134
9.3	Integrierer	135
9.3.1	Grundschtaltung	135
9.3.2	Betriebsarten eines Integrators	136
9.3.3	Integratoranwendungen	137
9.4	Mittelwertbildener	140
9.5	Multiplizierer	142
9.5.1	Multiplizieren	142
9.5.2	Dividieren.....	143
9.6	Leistungsverstärker.....	144
9.6.1	Komplementärendstufe im B-Betrieb.....	144
9.6.2	Komplementärendstufe im AB-Betrieb.....	145
9.6.3	Gegentaktendstufe als Nachsetzverstärker für Operationsverstärker	146
9.6.4	Leistungs-Operationsverstärker	147
9.7	Trennverstärker.....	148
9.7.1	Einsatzgebiete für Trennverstärker	148
9.7.2	Prinzipien der Trennverstärker.....	148
9.7.3	Kennwerte der Trennverstärker.....	151
9.7.4	Beschaltung von Trennverstärkern.....	151
9.8	Übungsaufgaben	152
10	Schwingungserzeugung	155
10.1	Rechteckgeneratoren	155
10.1.1	Astabile Kippschaltung mit Operationsverstärker.....	155
10.1.2	Rechteckgenerator mit Timer	157
10.2	Funktionsgenerator	159
10.3	Spannungsgesteuerter Oszillator (VCO)	162
10.4	Phase-Locked-Loop PLL.....	163
10.4.1	Nachlaufsynchronisation.....	163
10.4.2	Aufbau eines PLL-Regelkreises.....	163
10.4.3	Integrierter PLL-Baustein	167
10.5	Sinus-Oszillatoren	168
10.6	Übungsaufgaben	171

IV Leistungselektronik

11 Gleichrichtung	174
11.1 Mischspannung.....	174
11.2 Gleichrichterschaltungen im Leerlaufbetrieb	178
11.2.1 Mittelpunktschaltungen.....	178
11.2.2 Brückenschaltungen.....	179
11.3 Spannungsglättung	183
11.4 Stromglättung	187
11.5 Berechnung von Gleichrichterschaltungen mit Stromglättung.....	189
11.5.1 Sekundärspannung U_2	189
11.5.2 Sekundärstrom I_2	190
11.5.3 Primärstrom I_1	191
11.5.4 Typenleistung des Transformators S_{Tr}	192
11.5.5 Zusammenstellung der Berechnungsgrundlagen	193
11.6 Übungsaufgaben.....	194
12 Leistungssteuerung mit Thyristoren, Triacs, IGBTs und IGCTs	196
12.1 Thyristor als steuerbarer Schalter.....	196
12.2 Steuersatz	200
12.3 Thermische Eigenschaften von Thyristoren	202
12.4 Triac als bidirektionaler Thyristor.....	205
12.5 Wechselstromsteller (Phasenanschnittsteuerung).....	207
12.6 Wechselstromschalter (Periodengruppensteuerung)	209
12.7 Gesteuerte Drehstrombrücke mit Gleichstrommotor als Last	211
12.7.1 Gleichrichter- und Wechselrichterbetrieb.....	211
12.7.2 Ausgangsgleichspannung der Drehstrombrücke, ideelle Gleichspannung	213
12.7.3 Drehzahlverstellung durch Ansteuerung der Drehstrombrücke.....	214
12.7.4 Pulsierender Gleichstrom der Drehstrombrücke, ideeller Gleichstrom..	215
12.7.5 Betriebsarten des Stromrichterantriebs im n - M -Betriebsdiagramm	218
12.8 Frequenzumrichter mit Drehstrom-Asynchronmotor als Last.....	221
12.8.1 Schaltungs- und Funktionsprinzip des Frequenzumrichters.....	221
12.8.2 Drehstrom-Asynchronmotor als Motorlast für den Frequenzumrichter	224
12.8.3 Drehzahlsteuerung des Asynchronmotors mit dem Frequenzumrichter	229
12.9 Eigenschaften und Schaltverhalten der Leistungshalbleiter	237
12.9.1 Freilauf-/Rückspeisedioden.....	237
12.9.2 Insulated Gate Bipolar Transistor: IGBT.....	238
12.9.3 Integrated Gate Commutated Thyristor: IGCT	242
12.10 Übungsaufgaben.....	245
13 Stabilisierte Stromversorgung	250
13.1 Kenngrößen einer Stabilisierungsschaltung	250
13.2 Einfache Serienstabilisierung	253
13.3 Lineare Spannungsregler	255
13.3.1 Spannungsreglerprinzip	256
13.3.2 Prinzip der Strombegrenzung.....	257

13.3.3 Integrierte lineare Spannungsregler	258
13.4 DC/DC-Wandler.....	260
13.4.1 Abwärtswandler (Tiefsetzsteller)	261
13.4.2 Aufwärtswandler (Hochsetzsteller).....	265
13.4.3 Invertierender Wandler	266
13.5 Schaltnetzteile.....	267
13.5.1 Schaltnetzteil, gesteuerter Betrieb.....	267
13.5.2 Schaltnetzteil, geregelter Betrieb	269
13.6 Übungsaufgaben.....	271

V Digitaltechnik und Digitalisierung

14 Grundlagen der digitalen Schaltungstechnik.....	275
14.1 Begriffe: digital, binär, positive Logik, Bit, Byte.....	275
14.2 Abgrenzung zwischen Analog- und Digitalschaltungen	275
14.3 Schaltnetze.....	276
14.3.1 Logische Funktionen und Grundverknüpfungen	276
14.3.2 Abgeleitete Grundfunktionen.....	277
14.3.3 Disjunktive Normalform für beliebige Schaltnetze.....	279
14.3.4 Vereinfachung einer redundanten Schaltfunktion.....	280
14.3.5 Schaltungsumwandlung, De Morgan'sche Regeln.....	281
14.4 Schaltwerke	282
14.4.1 Monostabile Kippstufe	282
14.4.2 Bistabile Kippstufen (Flipflops).....	286
14.4.3 Zähler	291
14.4.4 Schieberegister	300
14.5 Abhängigkeitsnotation.....	301
14.6 Übungsaufgaben.....	302
15 Grundlagen der Digitalisierung.....	306
15.1 Grundsätzliches zu Datenerfassungssystemen (Messketten).....	306
15.2 Grundbegriffe der Abtast- und Quantisierungstheorie	308
15.3 Verfahren der Analog-Digital-Umsetzung	311
15.3.1 Flash-Umsetzer.....	311
15.3.2 Sukzessive-Approximations-Umsetzer	312
15.3.3 Dual-Slope-Umsetzer	313
15.3.4 Beschaltung und Abgleich eines Analog-Digital-Umsetzers	314
15.4 Grundsätzliches zu Datenausgabesystemen.....	317
15.5 Verfahren der Digital-Analog-Umsetzung	318
15.5.1 Digital-Analog-Umsetzer mit dual gestuften Widerständen	318
15.5.2 Digital-Analog-Umsetzer mit R - $2R$ -Netzwerk.....	319
15.5.3 Beschaltung und Abgleich eines DA-Umsetzers	320
15.6 Übungsaufgaben.....	322
Lösungen der Übungen	325
Sachwortverzeichnis.....	362