

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 - U -Kennlinie der Halbleiterdiode	32
3.2	Arbeiten mit Kennlinien	34
	3.2.1 I - U -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 fall	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	Kollektorruhestrom	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 Eingangswiderstandes	93
7.4.3	Messen des 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	Nachlaufsynchrosation	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	Freilaufdioden.....	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.....	363