

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Konstruktiver Entwicklungsprozess</b> .....	<b>5</b>
2.1 Der Lebenszyklus eines Produktes .....	5
2.2 Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren .....	7
2.3 Hinweise zur Produktplanung sowie zum Entwickeln und Konstruieren ....	9
2.3.1 Planung der Entwicklungstätigkeit .....	10
2.3.2 Informationsfluss .....	11
2.3.3 Durchführbarkeitsstudie bei der Produktplanung .....	11
2.3.4 Aufgabenpräzisierung und Konzeptphase .....	13
2.3.5 Pflichtenheft .....	14
2.3.6 Terminplanung .....	15
2.4 Technisches Zeichnen .....	18
2.5 Schaltpläne .....	22
2.6 Computer-Aided Design (CAD) .....	25
Literatur .....	31
<b>3 Geräteaufbau und Geräteschutz</b> .....	<b>33</b>
3.1 Begriffe, Gerätefunktionen und -strukturen .....	33
3.1.1 Systemeigenschaften von Geräten .....	34
3.1.2 Umgebung .....	34
3.1.3 Funktion .....	35
3.1.4 Struktur .....	37
3.2 Bauweisen von Geräten .....	37
3.2.1 Elementarisierung des Geräteaufbaus .....	38
3.2.2 Vorgehensweise bei der Gerätemontage .....	38
3.2.3 Einordnung des Gerätes in die Umwelt .....	39
3.3 Elektronische Funktionsgruppen und Systemebenen .....	40
3.4 Geräteschutz .....	41
3.4.1 CE-Kennzeichnung .....	42
3.4.2 Schutzklassen .....	42

3.4.3	IP-Schutzarten .....	43
	Literatur .....	45
<b>4</b>	<b>Zuverlässigkeit elektronischer Geräte .....</b>	<b>47</b>
4.1	Einleitung .....	48
4.2	Berechnungsgrundlagen .....	49
4.2.1	Begriffe der Wahrscheinlichkeit .....	49
4.2.2	Begriffe der Zuverlässigkeit .....	51
4.2.3	Zuverlässigkeitskenngrößen .....	52
4.3	Exponentialverteilung .....	55
4.3.1	Lebensdauerverteilungen .....	55
4.3.2	Zuverlässigkeitskenngrößen bei der Exponentialverteilung .....	57
4.4	Ausfallverhalten elektronischer Bauelemente .....	58
4.4.1	Drift .....	59
4.4.2	Referenz- und Betriebsbedingungen .....	59
4.4.3	Ausfallraten elektronischer Bauelemente .....	60
4.4.4	Derating .....	62
4.4.5	Genauigkeit von Ausfallratenangaben .....	63
4.5	Ausfallverhalten von Systemen .....	64
4.5.1	Berechnungsgrundlagen .....	64
4.5.2	Serien- und Parallelsysteme .....	65
4.6	Ausfallverhalten elektronischer Geräte .....	66
4.6.1	Allgemeine Bemerkungen .....	66
4.6.2	Verfügbarkeit von reparierbaren Geräten .....	67
4.6.3	Elektronische Geräte ohne Redundanz (Seriensysteme) .....	68
4.6.4	Geräte mit Redundanz (Parallelsysteme) .....	70
4.6.5	Instandhaltung und Wartung elektronischer Geräte .....	72
4.7	Empfehlungen zur Zuverlässigkeitserhöhung .....	74
	Literatur .....	75
<b>5</b>	<b>Thermische Dimensionierung .....</b>	<b>77</b>
5.1	Einleitung .....	78
5.1.1	Problembeschreibung .....	78
5.1.2	Grundgrößen der thermischen Dimensionierung .....	81
5.1.3	Zulässige Temperaturbereiche von Bauelementen und Geräten .....	83
5.1.4	Verlustleistungsquellen in elektronischen Geräten .....	84
5.2	Berechnungsgrundlagen .....	85
5.2.1	Elektrische und thermische Netzwerke .....	85
5.2.2	Wärmenetzmethode .....	88
5.3	Wärmeübertragung .....	91
5.3.1	Grundlagen .....	91
5.3.2	Wärmeleitung .....	93

5.3.3	Wärme Konvektion .....	95
5.3.4	Wärmestrahlung .....	100
5.4	Elemente für eine intensivierte Wärmeübertragung .....	109
5.4.1	Kühlkörper .....	110
5.4.2	Thermische Kontaktwerkstoffe .....	111
5.4.3	Lüfter .....	112
5.4.4	Wärmerohr (Heat Pipe) .....	114
5.4.5	Peltier-Element .....	115
5.5	Beispiele aus der Gerätetechnik .....	117
5.5.1	Temperaturen von Bauelementen .....	117
5.5.2	Außen- und Innentemperaturen von Geräten .....	118
5.5.3	Zulässige Verlustleistungsdichten bei offenem und geschlossenem Gehäuse .....	121
5.5.4	Wärmeabführung aus offenem Gehäuse – Oberflächentemperatur und thermischer Widerstand .....	122
5.5.5	Wärmeabführung aus geschlossenem Gehäuse – Oberflächentemperatur und thermischer Widerstand .....	125
5.5.6	Wärmedurchgang durch Gehäusewände .....	130
5.5.7	Wärmeübertragung im Geräteinneren bei offenem Gehäuse .....	134
5.5.8	Wärmeübertragung im Geräteinneren bei geschlossenem Gehäuse ..	137
5.5.9	Erzwungene Konvektion mit Lüftern .....	138
5.6	Empfehlungen zur thermischen Gerätegestaltung .....	144
	Literatur .....	145
<b>6</b>	<b>Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) .....</b>	<b>147</b>
6.1	Einleitung .....	148
6.2	Kopplungen von Stromkreisen .....	148
6.2.1	Galvanische Kopplung .....	150
6.2.2	Kapazitive Kopplung .....	152
6.2.3	Induktive Kopplung .....	154
6.2.4	Elektromagnetische Kopplung .....	155
6.3	Bezugspotenziale elektrischer Systeme .....	157
6.3.1	Bedeutung von Bezugspotenzialen .....	157
6.3.2	Aufbau geeigneter Bezugssysteme (Massesysteme) .....	160
6.3.3	Führung des Rückleiters zum Bezugspunkt bei digitalen Signalen ...	162
6.3.4	Führung des Rückleiters zum Bezugspunkt bei analogen Signalen ...	163
6.3.5	Erdschleifen .....	164
6.4	Geräteschirmung vor Feldern .....	165
6.4.1	Grundlagen der Schirmung .....	165
6.4.2	Schirmung magnetostatischer Felder .....	168
6.4.3	Schirmung magnetischer Wechselfelder .....	170
6.4.4	Schirmung elektrostatischer Felder .....	173

6.4.5	Schirmung elektrischer Wechselfelder .....	175
6.4.6	Schirmung elektromagnetischer Felder .....	175
6.5	Elektrostatische Entladungen (ESD) .....	180
6.5.1	Ursachen .....	181
6.5.2	ESD-Schutzmaßnahmen .....	182
6.6	Empfehlungen zur EMV-gerechten Gerätegestaltung .....	182
6.6.1	Aufbau von Leiterplatten und Geräten .....	182
6.6.2	Aufbau von Geräteschränken .....	188
6.6.3	Anschluss externer Geräte .....	190
	Literatur .....	191
<b>7</b>	<b>Recyclinggerechtes Entwickeln und Konstruieren .....</b>	<b>193</b>
7.1	Einleitung .....	194
7.2	Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Geräten in der Kreislaufwirtschaft .....	197
7.3	Produktrecycling bei der Geräteentsorgung .....	199
7.3.1	Neue Verkaufsstrategie – Verkauf der Gerätenutzung .....	201
7.3.2	Neue Konstruktionsstrategie – Langlebigkeit von Geräten .....	201
7.4	Stoffrecycling bei der Geräteentsorgung .....	204
7.5	Demontagegerechtes Entwickeln und Konstruieren .....	205
7.5.1	Baustrukturgerechtheit .....	205
7.5.2	Zerlegungsgerechtheit .....	208
7.5.3	Lösbarkeitsgerechtheit .....	209
7.6	Werkstoffgerechtes Entwickeln und Konstruieren .....	210
7.6.1	Mengengerechtheit .....	210
7.6.2	Trennungsgerechtheit .....	211
7.6.3	Verträglichkeitsgerechtheit .....	212
7.6.4	Verwertungsgerechtheit .....	213
7.6.5	Entsorgungsgerechtheit .....	214
7.6.6	Kennzeichnungsgerechtheit .....	216
7.7	Empfehlungen zur recyclinggerechten Geräteentwicklung .....	217
	Literatur .....	218
<b>8</b>	<b>Anhänge .....</b>	<b>219</b>
8.1	Hinweise und Regeln zum technischen Zeichnen .....	219
8.1.1	Schriftfeld .....	219
8.1.2	Maßstäbe .....	220
8.1.3	Zeichnungsnummer .....	220
8.1.4	Blattformate .....	220
8.1.5	Linienarten und -breiten .....	220
8.1.6	Darstellung von Schnitten .....	221
8.1.7	Maße und Bemaßungsregeln .....	223

8.1.7.1	Elemente von Maßangaben.....	223
8.1.7.2	Bemaßungsarten .....	223
8.1.7.3	Begriffsdefinitionen .....	224
8.1.8	Maßtolerierung .....	224
8.1.8.1	Allgemeintoleranzen .....	225
8.1.8.2	ISO-Toleranzen .....	225
8.1.8.3	Form- und Lagetoleranzen .....	225
8.1.8.4	Oberflächenangaben .....	226
8.1.9	Werkstoffangaben .....	226
8.2	Normzahlen und E-Reihen .....	226
8.3	Schaltplansymbole von Bauelementen.....	228
8.4	Beschriftungen von Bauelementen.....	233
8.4.1	Kennzeichnung mit Farben.....	233
8.4.2	Kennzeichnung mit Schrift .....	234
8.4.2.1	Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren durch Ziffern und Buchstaben .....	234
8.4.2.2	Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren durch Ziffern .....	234
8.4.2.3	Kennzeichnung von Induktivitäten durch Ziffern und Buchstaben.....	234
<b>Sachverzeichnis .....</b>		<b>237</b>