
Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Konstruktiver Entwicklungsprozess	5
2.1	Der Lebenszyklus eines Produktes	6
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	12
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	23
2.6	Computer-Aided Design (CAD)	25
	Literatur	31
3	Geräteaufbau und Geräteschutz	33
3.1	Begriffe, Gerätefunktionen und -strukturen	34
3.1.1	Systemeigenschaften von Geräten	34
3.1.2	Umgebung	35
3.1.3	Funktion	36
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	39
3.2.3	Einordnung des Gerätes in die Umwelt	40
3.3	Elektronische Funktionsgruppen und Systemebenen	40

3.4	Geräteschutz	41
3.4.1	CE-Kennzeichnung	42
3.4.2	Schutzklassen	43
3.4.3	IP-Schutzarten	44
	Literatur	45
4	Zuverlässigkeit elektronischer Geräte	47
4.1	Einleitung	48
4.2	Berechnungsgrundlagen	50
4.2.1	Begriffe der Wahrscheinlichkeit	50
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	59
4.4.1	Drift	59
4.4.2	Referenz- und Betriebsbedingungen	60
4.4.3	Ausfallraten elektronischer Bauelemente	61
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	73
4.7	Empfehlungen zur Zuverlässigkeitserhöhung	74
	Literatur	76
5	Thermische Dimensionierung	77
5.1	Einleitung	78
5.1.1	Problembeschreibung	78
5.1.2	Grundgrößen der thermischen Dimensionierung	82
5.1.3	Zulässige Temperaturbereiche von Bauelementen und Geräten	85
5.1.4	Verlustleistungsquellen in elektronischen Geräten	85
5.2	Berechnungsgrundlagen	86
5.2.1	Elektrische und thermische Netzwerke	86
5.2.2	Wärmenetzmethode	89

5.3	Wärmeübertragung	92
5.3.1	Grundlagen	92
5.3.2	Wärmeleitung	94
5.3.3	Wärmekonvektion	96
5.3.4	Wärmestrahlung	101
5.4	Elemente für eine intensivierete Wärmeübertragung	110
5.4.1	Kühlkörper	110
5.4.2	Thermische Kontaktwerkstoffe	112
5.4.3	Lüfter	113
5.4.4	Wärmerohr (Heat Pipe)	115
5.4.5	Peltier-Element	116
5.5	Beispiele aus der Gerätetechnik	118
5.5.1	Temperaturen von Bauelementen	118
5.5.2	Außen- und Innentemperaturen von Geräten	119
5.5.3	Zulässige Verlustleistungsdichten bei offenem und geschlossenem Gehäuse	121
5.5.4	Wärmeabführung aus offenem Gehäuse – Oberflächentemperatur und thermischer Widerstand	123
5.5.5	Wärmeabführung aus geschlossenem Gehäuse – Oberflächentemperatur und thermischer Widerstand	126
5.5.6	Wärmedurchgang durch Gehäusewände und Innentemperatur	131
5.5.7	Wärmeübertragung im Geräteinneren bei offenem Gehäuse	136
5.5.8	Wärmeübertragung im Geräteinneren bei geschlossenem Gehäuse	138
5.5.9	Erzwungene Konvektion mit Lüftern	139
5.6	Empfehlungen zur thermischen Gerätegestaltung	145
	Literatur	147
6	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	149
6.1	Einleitung	150
6.2	Kopplungen von Stromkreisen	151
6.2.1	Galvanische Kopplung	152
6.2.2	Kapazitive Kopplung	155
6.2.3	Induktive Kopplung	157
6.2.4	Elektromagnetische Kopplung	158
6.3	Bezugspotenziale elektrischer Systeme	160
6.3.1	Bedeutung von Bezugspotenzialen	160
6.3.2	Aufbau geeigneter Bezugssysteme (Massensysteme)	162
6.3.3	Führung des Rückleiters zum Bezugspunkt bei digitalen Signalen	165
6.3.4	Führung des Rückleiters zum Bezugspunkt bei analogen Signalen	166
6.3.5	Erdschleifen	167

6.4	Geräteschirmung vor Feldern	168
6.4.1	Grundlagen der Schirmung	168
6.4.2	Schirmung magnetostatischer Felder	171
6.4.3	Schirmung magnetischer Wechselfelder	173
6.4.4	Schirmung elektrostatischer Felder	176
6.4.5	Schirmung elektrischer Wechselfelder	178
6.4.6	Schirmung elektromagnetischer Felder	178
6.5	Elektrostatische Entladungen (ESD)	183
6.5.1	Ursachen	184
6.5.2	ESD-Schutzmaßnahmen	185
6.6	Empfehlungen zur EMV-gerechten Gerätegestaltung	185
6.6.1	Aufbau von Leiterplatten und Geräten	185
6.6.2	Aufbau von Geräteschränken	191
6.6.3	Anschluss externer Geräte	193
	Literatur	194
7	Recyclinggerechtes Entwickeln und Konstruieren	195
7.1	Einleitung	196
7.2	Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Geräten in der Kreislaufwirtschaft	199
7.3	Produktrecycling bei der Geräteentsorgung	202
7.3.1	Neue Verkaufsstrategie – Verkauf der Gerätenutzung	203
7.3.2	Neue Konstruktionsstrategie – Langlebigkeit von Geräten	204
7.4	Stoffrecycling bei der Geräteentsorgung	206
7.5	Demontagegerechtes Entwickeln und Konstruieren	208
7.5.1	Baustrukturgerechtheit	208
7.5.2	Zerlegungsgerechtheit	210
7.5.3	Lösbarkeitsgerechtheit	211
7.6	Werkstoffgerechtes Entwickeln und Konstruieren	211
7.6.1	Mengengerechtheit	212
7.6.2	Trennungsgerechtheit	213
7.6.3	Verträglichkeitsgerechtheit	214
7.6.4	Verwertungsgerechtheit	215
7.6.5	Entsorgungsgerechtheit	216
7.6.6	Kennzeichnungsgerechtheit	217
7.7	Empfehlungen zur recyclinggerechten Geräteentwicklung	218
	Literatur	220

8	Anhänge	221
8.1	Hinweise und Regeln zum technischen Zeichnen	221
8.1.1	Schriftfeld	221
8.1.2	Maßstäbe	222
8.1.3	Zeichnungsnummer	222
8.1.4	Blattformate	222
8.1.5	Linienarten und -breiten	223
8.1.6	Darstellung von Schnitten	223
8.1.7	Maße und Bemaßungsregeln	225
8.1.7.1	Elemente von Maßangaben	225
8.1.7.2	Bemaßungsarten	226
8.1.7.3	Begriffsdefinitionen	226
8.1.8	Maßtolerierung	227
8.1.8.1	Allgemeintoleranzen	227
8.1.8.2	ISO-Toleranzen	228
8.1.8.3	Form- und Lagetoleranzen	228
8.1.8.4	Oberflächenangaben	229
8.1.9	Werkstoffangaben	229
8.2	Normzahlen und E-Reihen	229
8.3	Schaltplansymbole von Bauelementen	232
8.4	Beschriftungen von Bauelementen	236
8.4.1	Kennzeichnung mit Farben	236
8.4.2	Kennzeichnung mit Schrift	237
8.4.2.1	Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren durch Ziffern und Buchstaben	237
8.4.2.2	Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren durch Ziffern	237
8.4.2.3	Kennzeichnung von Induktivitäten durch Ziffern und Buchstaben	238
	Stichwortverzeichnis	239