

Manfred Krüger

Grundlagen der Kraftfahrzeugelektronik

Schaltungstechnik

2., neu bearbeitete Auflage

Mit 157 Bildern und 32 Tabellen

HANSER

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen der Schaltungstechnik für Kfz-Elektronik, Einleitung . . .	15
2	Elektronische Systeme in Kraftfahrzeugen	18
2.1	Elektronische Systeme im Motorraum	18
2.2	Elektronische Systeme innerhalb der Fahrgastzelle	19
2.3	Infotainment-Systeme	19
2.4	Weitere Systeme	20
2.5	Kommunikation mit externen Systemen außerhalb des Fahrzeuges (Telematik)	21
2.5.1	Telematik-Infotainment-/Büro-Bereich	22
2.5.2	Telematik-Navigationsbereich	22
2.5.3	Telematik-Fahrsituationsbereich	23
2.5.4	Telematik-Servicebereich	23
2.5.5	Telematik-Inkasso-Bereich	24
3	Umgebungsanforderungen im Kraftfahrzeug und die Aus- wirkungen auf die Elektronik	25
3.1	Allgemeine Bemerkungen	25
3.2	Definition von Umwelteinflüssen für Kraftfahrzeugelektronik	27
3.3	Elektrische Anforderungen, Lastsituationen (angelehnt an die internationale Norm ISO/DIS 16750-2)	30
3.3.1	Allgemeines	30
3.3.2	Betrieb an einer Gleichspannung	30
3.3.3	Betrieb bei Überspannung	32
3.3.4	Start mit erhöhter Spannung (Jump Start, nur 12-V-Systeme)	32
3.3.5	Überlagerte Schwingung (Voltage Ripple Test)	32
3.3.6	Langsamer Spannungseinbruch bzw. Spannungsanstieg	34
3.3.7	Spannungseinbruch	34
3.3.8	Verpolung	36
3.3.9	Offene Last	38
3.3.10	Kurzschluss	38
3.3.11	Lastprüfung	39
3.3.12	Schleichender Kurzschluss	40
4	Elektromagnetische Verträglichkeit in der Kfz-Elektronik	41
4.1	Allgemeines zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMC)	41
4.2	EMC-Anforderungen an die Kraftfahrzeugelektronik	44
4.2.1	Leitungsgebundene Störaussendung im Zeitbereich	45
4.2.2	Leitungsgebundene Störfestigkeit im Zeitbereich	53
4.2.3	Allgemeine Betrachtung für die Anforderungen im Frequenzbereich	53
4.2.4	Störaussendungen im Frequenzbereich	54
4.2.5	Störfestigkeit im Frequenzbereich	57
4.3	Elektrostatische Entladung (ESD)	58

4.4	EMC-Prüfeinrichtungen in der Kraftfahrzeugtechnik	60
4.4.1	Überprüfung leitungsgebundener Störimpulse im Zeitbereich	61
4.4.1.1	Leitungsgebundene Störaussendung	61
4.4.1.2	Störfestigkeit bei den Impulsen 1, 2, 4, 5 (Impulsgenerator)	61
4.4.1.3	Störfestigkeit bei den Impulsen 3 a und 3 b (Koppelzange)	62
4.4.2	ESD-Prüfeinrichtung	63
4.4.3	Überprüfung gestrahlter Störaussendungen/Störfestigkeit	64
4.4.3.1	TEM-Zelle (transversal-elektromagnetische Welle)	64
4.4.3.2	Strip-Line	66
4.4.3.3	Absorberhalle/Absorberraum	67
4.4.4	Überprüfung leitungsgebundener Störabstrahlung/Störfestigkeit (Strom-Einkopplungszange)	70
4.5	Verhalten von Bauelementen unter EMC-Einfluss	71
4.5.1	Energiereiche Störimpulse auf Leitungen	71
4.5.2	Gestrahlte Störeinflüsse	73
4.6	Verbesserung des EMC-Verhaltens in einer Kfz-Elektronik	74
5	Weitergehende Anforderungen an Kraftfahrzeugelektronik	77
5.1	Mechanische Anforderungen	77
5.1.1	Mechanische Schwingung	77
5.1.2	Mechanischer Stoß	79
5.1.3	Freier Fall	79
5.2	Klimatische Anforderungen	79
5.2.1	Temperatur-Wechselprüfung	79
5.2.2	Temperatur-Schockprüfung	81
5.2.3	Klima	82
5.2.4	Salznebel-Prüfung	83
5.2.5	Dichtigkeit gegen Wasser und Staub	84
5.3	Chemische Anforderungen	86
6	Grundlegende Methoden, Berechnungen und Sichtweisen für die Entwicklung von Kraftfahrzeugelektronik	87
6.1	Entwicklungsphasen	87
6.2	Musterphasen	89
6.3	Schritte für die Entwicklung einer Kraftfahrzeugelektronik	90
6.3.1	Strukturierung nach der Top-Down-Methode	90
6.3.2	Schnittstellendefinition im Hardwarebereich	91
6.3.3	Entwicklung einer Schaltung	93
6.3.4	Anwendung von Simulationswerkzeugen	94
6.3.5	Worst-Case-Rechnung	94
7	Modularisierung und Realisation von Kraftfahrzeugelektronik	103
7.1	Grundsätzlicher Aufbau der Kraftfahrzeugelektronik	103
7.2	Stromversorgung (Funktionsblock 1)	105
7.2.1	Standard-Spannungsregler	106
7.2.2	Ersatzschaltbild unter HF-Gesichtspunkten	106
7.3.3	Spannungsregler für den Kraftfahrzeugeinsatz	108
7.2.4	Beispiel einer kraftfahrzeugtauglichen Spannungsversorgung	110

- 7.3 Funktionserzeugung (Funktionsblock 2) 112
 - 7.3.1 Fest verdrahtete Logik (diskrete Hardware) 113
 - 7.3.2 Verwendung eines applikationsspezifischen integrierten Schaltkreises (ASIC, integrierte Hardware) 113
 - 7.3.3 Verwendung eines programmierbaren Steuerwerkes (Firmware) 115
 - 7.3.4 Verwendung eines MikroControllers (uC, Software) 116
- 7.4 Sensorik (Funktionsblock 3) 116
 - 7.4.1 Digitaler Eingang mit Verbindung zur Betriebsspannung 118
 - 7.4.2 Digitaler Eingang ohne Verbindung zur Betriebsspannung 122
 - 7.4.3 Analoger Eingang mit Verbindung zur Betriebsspannung 123
 - 7.4.4 Analoger Eingang ohne Verbindung zur Betriebsspannung 125
- 7.5 Aktuatorik (Funktionsblock 4) 127
 - 7.5.1 Leistungsklassen 127
 - 7.5.2 Realisation 128
 - 7.5.3 Ansteuerung der Aktuatorik 128
 - 7.5.4 Grundfunktionen 129
 - 7.5.5 Analoge Leistungsregelung: Pulsweiten-Modulation (PWM) 130
 - 7.5.6 Erzeugung der Diagnoseinformationen 135
 - 7.5.7 Dynamische Abschaltvorgänge der Aktuatorik 138
 - 7.5.8 Laststufen zur Ansteuerung der Aktuatorik, Low-Side-Schalter 142
 - 7.5.8.1 Low-Side-Schalter mit Standard-MOS-Power-Transistor. 142
 - 7.5.8.2 Verbesserung des Kurzschluss- und Überlastverhaltens durch Verwendung eines selbstschützenden Transistors. 143
 - 7.5.8.3 Low-Side-Schalter mit einem Logic-Level-MOS-Power-Transistor. 144
 - 7.5.9 Laststufen zur Ansteuerung der Aktuatorik, High-Side-Schalter 146
 - 7.5.9.1 Einführung 146
 - 7.5.9.2 High-Side-Schalter unter Verwendung einer Ladungspumpe 147
 - 7.5.9.3 High-Side-Schalter für den getakteten Betrieb (PWM) 150
 - 7.5.9.4 Verwendung eines N-Kanal-CMOS-Power-Transistors mit integrierter Elektronik zur Ansteuerung 153
- 7.6 Kommunikation und Diagnose (Funktionsblock 5) 155
- 7.7 Schnittstelle zur Anzeige (Funktionsblock 6) 155
 - 7.7.1 Ansteuerung einzelner Anzeigeelemente 156
 - 7.7.2 Anschluss von Displays 158
- 8 Mikrocontroller in der Kraftfahrzeugelektronik 160**
 - 8.1 Mikrocontroller, Hardware (Funktionsblock 2) 161
 - 8.1.1 Grundstruktureines MikroControllers. 161
 - 8.1.2 Verwendung eines MikroControllers (Prinzip) 163
 - 8.1.3 Startphase eines Mikrocontrollers. 165
 - 8.2 Mikrocontroller, grundlegende Überlegungen zur Software 167
 - 8.2.1 Dynamische Softwaregrundstruktur. 167
 - 8.2.2 Erzeugung eines Watch-Dog-Signals. 169
 - 8.2.3 Verarbeitung digitaler Signale. 172
 - 8.2.4 Verarbeitung analoger Signale. 175
 - 8.2.5 Betriebssysteme für Mikrocontroller 177

8.3	Entwicklungswerkzeuge	179
8.3.1	Ausführungsformen eines MikroControllers	179
8.3.2	Assembler/Compiler/TDE	181
8.3.3	Überprüfung eines Mikrocontroller-Programms durch Einsatz eines Softwaresimulators	183
8.3.4	In-Circuit-Emulator unter Verwendung des Original-Mikrocontrollers (In Circuit Debugger, ICD)	184
8.3.5	In-Circuit-Emulator (ICE) unter Verwendung eines Bond-Out-Chips	186
8.3.6	Kombinationsmethoden (Hardware in The Loop)	187
8.4	Einbindung eines Mikrocontrollers in eine EMC-kritische Umgebung	189
8.4.1	Hauptoszillator	190
8.4.2	Versorgungsleitungen	191
8.4.3	Ein-/Ausgangsleitungen	192
8.4.4	Verwendung externer Speicher	192
8.4.5	Layout	193
9	Diagnoseschnittstelle und Kommunikation in Fahrzeugen	196
9.1	Diagnoseschnittstelle	198
9.1.1	K-(L)-Line	199
9.1.2	Diagnose-CAN	205
9.2	Kommunikation mit anderen Systemen innerhalb des Fahrzeuges	206
9.2.1	Controller Area Network (CAN)	207
9.2.2	Local Interconnect Network (LIN-Bus)	211
9.2.3	Zeitsynchrone Sicherheitskommunikation	212
9.2.3.1	FlexRay-Bus	213
9.2.3.2	Physikalische Bitübertragung beim FlexRay	216
9.3	Kommunikation im Entertainment-Bereich innerhalb des Fahrzeuges (MOST-Bus)	217
9.4	Zusammenfassung und Ausblick	219
9.4.1	Übersicht über die Bussysteme	219
9.4.2	Ausblick auf die Zukunft	220
10	Spezialthemen der Kfz-Hardwareentwicklung	223
10.1	Verpolschutz	223
10.1.1	Die Verpolschutzdiode	223
10.1.2	Verpolschutz durch Abschmelzen einer Sicherung	224
10.1.3	Inverser Betrieb eines N-Kanal-MOS-Power-Transistors	225
10.1.4	Verpolung bei einem N-Kanal-MOS-Power-Transistor	228
10.1.5	Verpolschutz durch einen invers betriebenen N-Kanal-MOS-Power-Transistor	230
10.1.6	Verpolschutzrelais	233
10.2	Grundsätzlicher Einfluss der nicht elektrischen Umgebungsbedingungen auf die Elektronik	236
10.2.1	Temperatur	236
10.2.2	Feuchtigkeit und Staub	239
10.2.3	Mechanische Einflüsse	240
10.3	End-Of-Line-(EOL)-Programmierung	240
10.3.1	Verschiedene Abgleichverfahren	241

10.3.1.1	Abgleich durch Verwendung eines Potentiometers.	241
10.3.1.2	Abgleich durch eine Auswahlkette.	241
10.3.1.3	Abgleich auf voll elektronischem Wege unter Verwendung des Mikrocontrollers.	241
10.3.2	Prinzip der End-Of-Line-Programmierung.	242
10.3.3	Beispiel für den Abgleich eines analogen Einganges eines Mikrocontrollers.	242
10.3.4	Korrektür des Temperaturverhaltens einer Kraftfahrzeugelektronik . .	245
10.4	Informationsgehalte der Datenblätter elektronischer Bauelemente.	246
10.4.1	Deckblatt.	246
10.4.2	Typenaufschlüsselung.	246
10.4.3	Elektrische Daten.	246
10.4.4	Mechanische Daten.	247
10.4.5	Statistische Angaben.	247
10.4.6	Logistik.	247
10.4.7	Absolute Maximal-Werte (Absolute Maximum Ratings).	247
10.4.8	Elektrische Eigenschaften (Electrical Characteristics).	248
10.5	Einige statistische Begriffe.	249
10.5.1	Maßzahlen.	249
10.5.2	Ausfallraten über die Lebensdauer eines elektronischen Systems	251
10.6	Serienbegleitende Prüfungen.	252
10.6.1	In-Circuit-Test (ICT).	252
10.6.2	Endkontrolle bzw. Endprüfung.	252
10.6.3	Stichprobe.	253
10.6.4	Run-In.	253
10.6.5	Burn-In.	254
10.6.6	Serienbegleitende Requalifikation.	255
11	Tabellen und Übersichten.	256
11.1	Beispielhafter Entwicklungs-Ablaufplan für eine Komponente (Kraftfahrzeugelektronik).	256
11.2	Musterphasen (Beispiel).	258
11.3	IP-Code-Bestandteile nach DIN 40050-9.	259
11.4	Widerstandsreihen.	261
11.5	Wichtige Klemmenbezeichnungen (Auszug aus DIN 72 552).	263
11.6	Elektronische Bauteileabkürzungen.	266
11.7	ISO 7637, Schärfegrade, Übersicht.	267
11.8	Tabelle der ASCII-Codierung.	268
	Literaturverzeichnis.	269
	Verweise auf Normen.	270
	Verwendete Fachbegriffe.	272
i	Sachwortverzeichnis.	275