

Inhalt

1	Einleitung: Grundlagen der Schaltungstechnik für Kfz-Elektronik	15
2	Elektronische Systeme in Kraftfahrzeugen	19
2.1	Elektronische Systeme im Motorraum	20
2.2	Elektronische Systeme innerhalb der Fahrgastzelle	20
2.3	Infotainment-Systeme	21
2.4	Fahrerassistenzsysteme	21
2.5	Weitere Systeme	22
2.6	Kommunikation mit externen Systemen außerhalb des Fahrzeuges (Telematik)	23
2.6.1	Telematik-Infotainment-/Büro-Bereich	24
2.6.2	Telematik-Navigationsbereich	24
2.6.3	Telematik-Fahrsituationsbereich	25
2.6.4	Telematik-Servicebereich	26
2.6.5	Telematik-Inkasso-Bereich	26
3	Umgebungsanforderungen im Kraftfahrzeug und die Auswirkungen auf die Elektronik	28
3.1	Allgemeine Bemerkungen	28
3.2	Definition von Umwelteinflüssen für Kraftfahrzeugelektronik	30
3.3	Elektrische Anforderungen, Lastsituationen	33
3.3.1	Allgemeines	34
3.3.2	Betrieb an einer Gleichspannung	35
3.3.3	Betrieb bei Überspannung	35
3.3.4	Start mit erhöhter Spannung (Jump Start, nur 12-V-Systeme) ...	36
3.3.5	Überlagerte Schwingung (Voltage Ripple Test, Bordnetzwelligkeits-Test)	36
3.3.6	Langsamer Spannungseinbruch bzw. Spannungsanstieg	38
3.3.7	Schneller Spannungseinbruch	38
3.3.8	Der RESET-Test	40
3.3.9	Verpolung	41
3.3.10	Offene Last	42
3.3.11	Kurzschluss	43

3.3.12	Lastprüfung	43
3.3.13	Schleichender Kurzschluss	45
3.4	Das 48-Volt-Bordnetz	45

4 Elektromagnetische Verträglichkeit in der Kfz-Elektronik 48

4.1	Allgemeines zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMC)	48
4.2	EMC-Anforderungen an die Kraftfahrzeugelektronik	51
4.2.1	Leitungsgebundene Störaussendung im Zeitbereich	52
4.2.1.1	Impuls 1: Abschalten einer Induktivität	53
4.2.1.2	Impuls 2: Abschalten eines Kollektormotors	54
4.2.1.3	Impuls 3: Allgemeine Schaltvorgänge	55
4.2.1.4	Impuls 4: Der Anlassvorgang	58
4.2.1.5	Impuls 5: Lastabwurf (Load-Dump)	60
4.2.2	Leitungsgebundene Störfestigkeit im Zeitbereich	61
4.2.3	Allgemeine Betrachtung für die Anforderungen im Frequenzbereich	62
4.2.4	Störaussendungen im Frequenzbereich	62
4.2.5	Störfestigkeit im Frequenzbereich	66
4.3	Elektrostatische Entladung (ESD)	67
4.4	EMC-Prüfeinrichtungen in der Kraftfahrzeugtechnik	70
4.4.1	Überprüfung leitungsgebundener Störimpulse im Zeitbereich ..	70
4.4.1.1	Leitungsgebundene Störaussendung	70
4.4.1.2	Störfestigkeit bei den Impulsen 1, 2, 4, 5 (Impulsgenerator)	71
4.4.1.3	Störfestigkeit bei den Impulsen 3a und 3b (Koppelzange)	71
4.4.2	ESD-Prüfeinrichtung	73
4.4.3	Überprüfung gestrahlter Störaussendungen/Störfestigkeit	73
4.4.3.1	TEM-Zelle (transversal-elektromagnetische Welle)	74
4.4.3.2	Strip-Line	76
4.4.3.3	Absorberhalle/Absorberraum	77
4.4.4	Überprüfung leitungsgebundener Störabstrahlung/ Störfestigkeit (Strom-Einkopplungszange)	79
4.5	Verhalten von Bauelementen unter EMC-Einfluss	81
4.5.1	Energiereiche Störimpulse auf Leitungen	81
4.5.2	Gestrahlte Störeinflüsse	83
4.6	Verbesserung des EMC-Verhaltens in einer Kfz-Elektronik	84

5 Weitergehende Anforderungen an Kraftfahrzeugelektronik ... 87

5.1	Mechanische Anforderungen	87
5.1.1	Mechanische Schwingung	88
5.1.2	Mechanischer Stoß	89
5.1.3	Freier Fall	89
5.2	Klimatische Anforderungen	90
5.2.1	Temperatur-Wechselprüfung	90

5.2.2	Temperatur-Schockprüfung	92
5.2.3	Klimaprüfung	93
5.2.4	Salznebel-Prüfung	94
5.2.5	Dichtigkeit gegen Wasser und Staub	95
5.3	Chemische Anforderungen	97

6 Grundlegende Methoden, Berechnungen und Sichtweisen für die Entwicklung von Kraftfahrzeugelektronik 99

6.1	Entwicklungsphasen	99
6.2	Musterphasen	102
6.3	Schritte für die Entwicklung einer Kraftfahrzeugelektronik	103
6.3.1	Strukturierung nach der Top-Down-Methode	103
6.3.2	Schnittstellendefinition im Hardwarebereich	104
6.3.3	Entwicklung einer Schaltung	106
6.3.4	Anwendung von Simulationswerkzeugen	107
6.3.5	Worst-Case-Rechnung	108

7 Modularisierung und Realisation von Kraftfahrzeugelektronik 117

7.1	Grundsätzlicher Aufbau der Kraftfahrzeugelektronik	117
7.2	Stromversorgung	120
7.2.1	Standard-Spannungsregler	120
7.2.2	Ersatzschaltbild unter HF-Gesichtspunkten	121
7.2.3	Spannungsregler für den Kraftfahrzeugeinsatz	123
7.2.4	Beispiel einer kraftfahrzeugtauglichen Spannungsversorgung ..	124
7.3	Funktionserzeugung	127
7.3.1	Fest verdrahtete Logik (diskrete Hardware)	128
7.3.2	Verwendung eines applikationsspezifischen integrierten Schaltkreises (ASIC, integrierte Hardware)	129
7.3.3	Verwendung eines programmierbaren Steuerwerkes (Firmware)	130
7.3.4	Verwendung eines Mikrocontrollers (µC, Software)	132
7.4	Sensorik	132
7.4.1	Digitaler Eingang mit Verbindung zur Betriebsspannung	133
7.4.2	Digitaler Eingang ohne Verbindung zur Betriebsspannung	138
7.4.3	Analoger Eingang mit Verbindung zur Betriebsspannung	139
7.4.4	Analoger Eingang ohne Verbindung zur Betriebsspannung	141
7.5	Aktuatorik	144
7.5.1	Leistungsklassen (14-Volt-Bordnetz)	144
7.5.2	Realisation	144
7.5.3	Ansteuerung der Aktuatorik	145
7.5.4	Grundfunktionen	146
7.5.5	Analoge Leistungsregelung: Pulsweiten-Modulation (PWM)	147
7.5.6	Erzeugung der Diagnoseinformationen	152
7.5.7	Dynamische Abschaltvorgänge der Aktuatorik	156

7.5.8	Laststufen zur Ansteuerung der Aktuatorik: Low-Side-Schalter	160
7.5.8.1	Low-Side-Schalter mit Standard-MOS-Power-Transistor	160
7.5.8.2	Verbesserung des Kurzschluss- und Überlastverhaltens durch Verwendung eines selbstschützenden Transistors	161
7.5.8.3	Low-Side-Schalter mit einem Logic-Level-MOS-Power-Transistor	162
7.5.9	Laststufen zur Ansteuerung der Aktuatorik: High-Side-Schalter	164
7.5.9.1	Einführung	164
7.5.9.2	High-Side-Schalter unter Verwendung einer Ladungspumpe	166
7.5.9.3	High-Side-Schalter für den getakteten Betrieb (PWM) .	169
7.5.9.4	Verwendung eines N-Kanal-CMOS-Power-Transistors mit integrierter Elektronik zur Ansteuerung	172
7.6	Kommunikation und Diagnose	174
7.7	Schnittstelle zur Anzeige	175
7.7.1	Ansteuerung einzelner Anzeigeelemente	175
7.7.2	Anschluss von Displays	177

8 Mikrocontroller in der Kraftfahrzeugelektronik 179

8.1	Mikrocontroller: Hardware	180
8.1.1	Grundstruktur eines Mikrocontrollers	180
8.1.2	Verwendung eines Mikrocontrollers (Prinzip)	182
8.1.3	Startphase eines Mikrocontrollers	184
8.2	Mikrocontroller: Grundlegende Überlegungen zur Software	186
8.2.1	Dynamische Softwaregrundstruktur	187
8.2.2	Erzeugung eines Watch-Dog-Signals	189
8.2.3	Verarbeitung digitaler Signale	192
8.2.4	Verarbeitung analoger Signale	195
8.2.5	Betriebssysteme für Mikrocontroller	197
8.2.6	Verarbeitung relativ langsamer Ereignisse	199
8.3	Entwicklungswerkzeuge	200
8.3.1	Ausführungsformen eines Mikrocontrollers	200
8.3.2	Assembler/Compiler/IDE	202
8.3.3	Überprüfung eines Mikrocontroller-Programms durch Einsatz eines Softwaresimulators	205
8.3.4	In-Circuit-Emulator unter Verwendung des Original-Mikrocontrollers (In-Circuit-Debugger (ICD))	206
8.3.5	In-Circuit-Emulator (ICE) unter Verwendung eines Bond-Out-Chips	208
8.3.6	Kombinationsmethoden (Hardware in the Loop)	210
8.3.7	Prüfung von Softwarefunktionen	211
8.4	Einbindung eines Mikrocontrollers in eine EMC-kritische Umgebung ...	213
8.4.1	Hauptoszillator	213
8.4.2	Versorgungsleitungen	215
8.4.3	Ein-/Ausgangsleitungen	216

8.4.4 Verwendung externer Speicher 216
 8.4.5 Layout der Leiterkarte 217

9 Diagnoseschnittstelle und Kommunikation in Fahrzeugen 220

9.1 Diagnoseschnittstelle 222
 9.1.1 K-(L)-Line 223
 9.1.2 Diagnose-CAN 229
 9.2 Kommunikation mit anderen Systemen innerhalb des Fahrzeuges 230
 9.2.1 Controller Area Network (CAN) 231
 9.2.2 Local Interconnect Network (LIN-Bus) 236
 9.2.3 Zeitsynchrone Sicherheitskommunikation 237
 9.2.3.1 FlexRay-Bus 238
 9.2.3.2 Physikalische Bitübertragung beim FlexRay 241
 9.3 Kommunikation im Entertainment-Bereich innerhalb des Fahrzeuges (MOST-Bus) 242
 9.4 Ethernet im Fahrzeug 244
 9.5 Zusammenfassung und Ausblick 248
 9.5.1 Übersicht über die Kommunikationsformen 248
 9.5.2 Ausblick auf die Zukunft 249

10 Spezialthemen der Kfz-Hardwareentwicklung 251

10.1 Verpolschutz 251
 10.1.1 Die Verpolschutzdiode 251
 10.1.2 Verpolschutz durch Abschmelzen einer Sicherung 252
 10.1.3 Inverser Betrieb eines N-Kanal-MOS-Power-Transistors 254
 10.1.4 Verpolung bei einem N-Kanal-MOS-Power-Transistor 256
 10.1.5 Verpolschutz durch einen invers betriebenen N-Kanal-MOS-Power-Transistor 259
 10.1.6 Verpolschutzrelais 262
 10.2 Grundsätzlicher Einfluss der nicht elektrischen Umgebungsbedingungen auf die Elektronik 265
 10.2.1 Temperatur 265
 10.2.2 Feuchtigkeit und Staub 268
 10.2.3 Mechanische Einflüsse 269
 10.3 End-of-Line (EOL)-Programmierung 269
 10.3.1 Verschiedene Abgleichverfahren 270
 10.3.1.1 Abgleich durch Verwendung eines Potentiometers 270
 10.3.1.2 Abgleich durch eine Auswahlkette 270
 10.3.1.3 Abgleich auf voll elektronischem Wege unter Verwendung des Mikrocontrollers 271
 10.3.2 Prinzip der End-of-Line-Programmierung 271
 10.3.3 Beispiel für den Abgleich eines analogen Einganges eines Mikrocontrollers 271
 10.3.4 Korrektur des Temperaturverhaltens einer Kraftfahrzeugelektronik 275

10.4	Informationsgehalte der Datenblätter elektronischer Bauelemente	276
10.4.1	Deckblatt	276
10.4.2	Typenaufschlüsselung	276
10.4.3	Elektrische Daten	276
10.4.4	Mechanische Daten	276
10.4.5	Statistische Angaben	277
10.4.6	Logistik	277
10.4.7	Absolute Maximal-Werte (Absolute Maximum Ratings)	277
10.4.8	Elektrische Eigenschaften (Electrical Characteristics)	277
10.5	Einige statistische Begriffe	279
10.5.1	Maßzahlen	279
10.5.2	Ausfallraten über die Lebensdauer eines elektronischen Systems	281
10.6	Serienbegleitende Prüfungen	282
10.6.1	Die Eingangssinspektion	282
10.6.2	In-Circuit-Test (ICT)	282
10.6.3	Endkontrolle bzw. Endprüfung	283
10.6.4	Stichprobe	283
10.6.5	Run-In	284
10.6.6	Burn-In	284
10.6.7	Serienbegleitende Requalifikation	285
11	Tabellen und Übersichten	286
11.1	Beispielhafter Entwicklungsablaufplan für eine Komponente (Kraftfahrzeugelektronik)	286
11.2	Musterphasen (Beispiel)	288
11.3	IP-Code-Bestandteile nach DIN 40050-9	290
11.4	Widerstandsreihen	292
11.5	Wichtige Klemmenbezeichnungen	294
11.6	Elektronische Bauteileabkürzungen	297
11.7	ISO 7637, Schärfegrade, Übersicht	298
11.8	Tabelle der ASCII-Codierung	299
	Verwendete Fachbegriffe	300
	Literatur	304
	Index	309