

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)	59
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 97

6.1	Entwicklungsphasen	97
6.2	Musterphasen	100
6.3	Schritte für die Entwicklung einer Kraftfahrzeugelektronik	101
6.3.1	Strukturierung nach der Top-Down-Methode	101
6.3.2	Schnittstellendefinition im Hardwarebereich	102
6.3.3	Entwicklung einer Schaltung	104
6.3.4	Anwendung von Simulationswerkzeugen	105
6.3.5	Worst-Case-Rechnung	106

7 Modularisierung und Realisation von Kraftfahrzeugelektronik 115

7.1	Grundsätzlicher Aufbau der Kraftfahrzeugelektronik	115
7.2	Stromversorgung	118
7.2.1	Standard-Spannungsregler	118
7.2.2	Ersatzschaltbild unter HF-Gesichtspunkten	119
7.2.3	Spannungsregler für den Kraftfahrzeugeinsatz	121
7.2.4	Beispiel einer kraftfahrzeugtauglichen Spannungsversorgung ..	122
7.3	Funktionserzeugung	125
7.3.1	Fest verdrahtete Logik (diskrete Hardware)	126
7.3.2	Verwendung eines applikationsspezifischen integrierten Schaltkreises (ASIC, integrierte Hardware)	127
7.3.3	Verwendung eines programmierbaren Steuerwerkes (Firmware)	128
7.3.4	Verwendung eines Mikrocontrollers (μ C, Software)	130
7.4	Sensorik	130
7.4.1	Digitaler Eingang mit Verbindung zur Betriebsspannung	131
7.4.2	Digitaler Eingang ohne Verbindung zur Betriebsspannung	136
7.4.3	Analoger Eingang mit Verbindung zur Betriebsspannung	137
7.4.4	Analoger Eingang ohne Verbindung zur Betriebsspannung	139
7.5	Aktuatorik	142
7.5.1	Leistungsklassen (14-Volt-Bordnetz)	142
7.5.2	Realisation	142
7.5.3	Ansteuerung der Aktuatorik	143
7.5.4	Grundfunktionen	144
7.5.5	Analoge Leistungsregelung: Pulsweiten-Modulation (PWM)	145
7.5.6	Erzeugung der Diagnoseinformationen	150
7.5.7	Dynamische Abschaltvorgänge der Aktuatorik	154

7.5.8	Laststufen zur Ansteuerung der Aktuatorik:Low-Side-Schalter ..	158
7.5.8.1	Low-Side-Schalter mit Standard-MOS-Power-Transistor	158
7.5.8.2	Verbesserung des Kurzschluss- und Überlast- verhaltens durch Verwendung eines selbst- schützenden Transistors	159
7.5.8.3	Low-Side-Schalter mit einem Logic-Level-MOS-Power- Transistor	160
7.5.9	Laststufen zur Ansteuerung der Aktuatorik: High-Side-Schalter	162
7.5.9.1	Einführung	162
7.5.9.2	High-Side-Schalter unter Verwendung einer Ladungspumpe	164
7.5.9.3	High-Side-Schalter für den getakteten Betrieb (PWM) ..	167
7.5.9.4	Verwendung eines N-Kanal-CMOS-Power-Transistors mit integrierter Elektronik zur Ansteuerung	170
7.6	Kommunikation und Diagnose	172
7.7	Schnittstelle zur Anzeige	173
7.7.1	Ansteuerung einzelner Anzeigeelemente	173
7.7.2	Anschluss von Displays	175

8 Mikrocontroller in der Kraftfahrzeugelektronik 177

8.1	Mikrocontroller: Hardware	178
8.1.1	Grundstruktur eines Mikrocontrollers	178
8.1.2	Verwendung eines Mikrocontrollers (Prinzip)	180
8.1.3	Startphase eines Mikrocontrollers	182
8.2	Mikrocontroller: Grundlegende Überlegungen zur Software	184
8.2.1	Dynamische Softwaregrundstruktur	185
8.2.2	Erzeugung eines Watch-Dog-Signals	187
8.2.3	Verarbeitung digitaler Signale	190
8.2.4	Verarbeitung analoger Signale	193
8.2.5	Betriebssysteme für Mikrocontroller	195
8.2.6	Verarbeitung relativ langsamer Ereignisse	197
8.3	Entwicklungswerkzeuge	198
8.3.1	Ausführungsformen eines Mikrocontrollers	198
8.3.2	Assembler/Compiler/IDE	200
8.3.3	Überprüfung eines Mikrocontroller-Programms durch Einsatz eines Softwaresimulators	203
8.3.4	In-Circuit-Emulator unter Verwendung des Original- Mikrocontrollers (In-Circuit-Debugger (ICD))	204
8.3.5	In-Circuit-Emulator (ICE) unter Verwendung eines Bond-Out-Chips	206
8.3.6	Kombinationsmethoden (Hardware in the Loop)	208
8.3.7	Prüfung von Softwarefunktionen	209
8.4	Einbindung eines Mikrocontrollers in eine EMC-kritische Umgebung ...	211
8.4.1	Hauptoszillator	211
8.4.2	Versorgungsleitungen	213
8.4.3	Ein-/Ausgangsleitungen	214

8.4.4	Verwendung externer Speicher	214
8.4.5	Layout der Leiterkarte	215

9 Diagnoseschnittstelle und Kommunikation in Fahrzeugen 218

9.1	Diagnoseschnittstelle	220
9.1.1	K-(L)-Line	221
9.1.2	Diagnose-CAN	227
9.2	Kommunikation mit anderen Systemen innerhalb des Fahrzeuges	228
9.2.1	Controller Area Network (CAN)	229
9.2.2	Local Interconnect Network (LIN-Bus)	234
9.2.3	Zeitsynchrone Sicherheitskommunikation	235
	9.2.3.1 FlexRay-Bus	236
	9.2.3.2 Physikalische Bitübertragung beim FlexRay	239
9.3	Kommunikation im Entertainment-Bereich innerhalb des Fahrzeuges (MOST-Bus)	240
9.4	Ethernet im Fahrzeug	242
9.5	Zusammenfassung und Ausblick	246
9.5.1	Übersicht über die Kommunikationsformen	246
9.5.2	Ausblick auf die Zukunft	247

10 Spezialthemen der Kfz-Hardwareentwicklung 247

10.1	Verpolschutz	247
10.1.1	Die Verpolschutzdiode	247
10.1.2	Verpolschutz durch Abschmelzen einer Sicherung	248
10.1.3	Inverser Betrieb eines N-Kanal-MOS-Power-Transistors	250
10.1.4	Verpolung bei einem N-Kanal-MOS-Power-Transistor	252
10.1.5	Verpolschutz durch einen invers betriebenen N-Kanal-MOS-Power-Transistor	255
10.1.6	Verpolschutzrelais	258
10.2	Grundsätzlicher Einfluss der nicht elektrischen Umgebungsbedingungen auf die Elektronik	261
10.2.1	Temperatur	261
10.2.2	Feuchtigkeit und Staub	264
10.2.3	Mechanische Einflüsse	265
10.3	End-of-Line (EOL)-Programmierung	265
10.3.1	Verschiedene Abgleichverfahren	266
	10.3.1.1 Abgleich durch Verwendung eines Potentiometers	266
	10.3.1.2 Abgleich durch eine Auswahlkette	266
	10.3.1.3 Abgleich auf voll elektronischem Wege unter Verwendung des Mikrocontrollers	267
10.3.2	Prinzip der End-of-Line-Programmierung	267
10.3.3	Beispiel für den Abgleich eines analogen Einganges eines Mikrocontrollers	267
10.3.4	Korrektur des Temperaturverhaltens einer Kraftfahrzeugelektronik	271

10.4	Informationsgehalte der Datenblätter elektronischer Bauelemente	272
10.4.1	Deckblatt	272
10.4.2	Typenaufschlüsselung	272
10.4.3	Elektrische Daten	272
10.4.4	Mechanische Daten	272
10.4.5	Statistische Angaben	273
10.4.6	Logistik	273
10.4.7	Absolute Maximal-Werte (Absolut Maximum Ratings)	273
10.4.8	Elektrische Eigenschaften (Electrical Characteristics)	273
10.5	Einige statistische Begriffe	275
10.5.1	Maßzahlen	275
10.5.2	Ausfallraten über die Lebensdauer eines elektronischen Systems.....	277
10.6	Serienbegleitende Prüfungen	278
10.6.1	Die Eingangsinspektion	278
10.6.2	In-Circuit-Test (ICT)	278
10.6.3	Endkontrolle bzw. Endprüfung	279
10.6.4	Stichprobe	279
10.6.5	Run-In	280
10.6.6	Burn-In	280
10.6.7	Serienbegleitende Requalifikation	281
11	Tabellen und Übersichten	282
11.1	Beispielhafter Entwicklungsablaufplan für eine Komponente (Kraftfahrzeugelektronik)	282
11.2	Musterphasen (Beispiel)	284
11.3	IP-Code-Bestandteile nach DIN 40050-9	286
11.4	Widerstandsreihen	288
11.5	Wichtige Klemmenbezeichnungen	290
11.6	Elektronische Bauteileabkürzungen	293
11.7	ISO 7637, Schärfegrade, Übersicht	294
11.8	Tabelle der ASCII-Codierung	295
	Verwendete Fachbegriffe	296
	Literatur	300
	Index	305