

Kraftfahrzeug-Elektronik

Herausgegeben von
Prof. Dr. sc. techn. Dieter Sperling



Verlag Technik GmbH Berlin

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der physikalischen Größen, Formelzeichen, Abkürzungen	15
1. Einleitung	21
2. Umweltbedingungen und Zuverlässigkeit der Kraftfahrzeugelektronik	25
2.1. Umweltbedingungen und elektronische Bauelemente	25
2.2. Die besonderen Umwelteinflüsse der Kfz-Elektronik	26
2.2.1. Elektromagnetische (elektrische) Einflüsse	26
2.2.2. Mechanische Einflüsse	26
2.2.3. Klimatische Einflüsse	27
2.3. Normung der Kfz-Elektronik hinsichtlich Umgebungsbedingungen und Prüfverfahren bezüglich mechanischer und klimatischer Einflüsse	29
3. Spezielle Bauelemente und Baugruppen für die Kraftfahrzeugelektronik ..	33
3.1. Grundlagen	33
3.1.1. Einteilung der elektronischen Bauelemente	33
3.1.2. Anforderungen an elektronische Bauelemente und Baugruppen ..	33
3.1.3. Integrationsdichte und Komplexität	35
3.1.4. Störfestigkeit analoger und digitaler Schaltungen	36
3.1.4.1. Analoge Schaltungen	36
3.1.4.2. Digitale Schaltungen	37
3.2. Passive elektronische Bauelemente	37
3.2.1. Merkmale passiver elektronischer Bauelemente	37
3.2.2. Elektrische Widerstände	39
3.2.2.1. Lineare Festwiderstände	39
3.2.2.2. Nichtlineare Widerstände	41
3.2.2.3. Stellbare Widerstände	53
3.2.3. Spulen (Zündspulen)	54
3.2.3.1. Aufbau und Wirkungsweise	54
3.2.3.2. Auflade- und Entladevorgänge zwischen Zündspule und Kondensator	58
3.2.3.3. Spezielle Eigenschaften von Spulen	65
3.2.4. Kondensatoren	66
3.2.5. Dioden	67
3.2.5.1. Wirkungsweise und Anwendung	67
3.2.5.2. Z-Dioden	68
3.2.5.3. Fotodioden	68
3.2.5.4. Lichtemitterdioden	69
3.3. Aktive elektronische Bauelemente	73
3.3.1. Merkmale aktiver elektronischer Bauelemente	73
3.3.2. Thyristoren, Triacs und Diacs	73
3.3.2.1. Thyristoren	73
3.3.2.2. Triacs und Diacs	75

3.3.3.	Transistoren	75
3.3.3.1.	Allgemeines	75
3.3.3.2.	Leistungsschalttransistoren	76
3.3.3.3.	Fototransistoren	81
3.3.4.	Elektronische Schaltkreise	83
3.3.4.1.	Allgemeines	83
3.3.4.2.	Dickschicht- und Dünnschichtschaltkreise	83
3.3.4.3.	Integrierte Schaltkreise	85
3.3.4.4.	Schaltkreise für die Kraftfahrzeugelektronik	90
3.3.5.	Stör- und Zerstörfestigkeit von elektronischen Bauelementen, insbesondere von Schaltkreisen	95
3.3.6.	Temperaturbereich elektronischer Schaltkreise	98
3.4.	Mikrorechner	99
3.4.1.	Aufbau und Wirkungsweise	99
3.4.1.1.	Begriff „Mikrorechner“	99
3.4.1.2.	Mikrorechnerarchitektur	100
3.4.1.3.	Befehlsabarbeitung	107
3.4.2.	Einchip-Mikrorechner	110
3.4.2.1.	Allgemeine Merkmale	110
3.4.2.2.	Aufbau des Einchip-Mikrorechners am Beispiel der Typen U 881, U 882 und U 883	112
3.4.2.3.	Adressraum für Daten- und Programmspeicher	113
3.4.2.4.	Registerstruktur	113
3.4.2.5.	Eingabe/Ausgabe-Einheiten	115
3.4.2.6.	Zähler/Zeitgeber	115
3.4.2.7.	Interruptverhalten	115
3.4.2.8.	Befehlssatz und Abarbeitung	116
3.4.3.	Periphere Beschaltung für den Einsatz im Kraftfahrzeug	116
3.4.4.	Beispiele für den Mikrorechnereinsatz im Kraftfahrzeug	117
3.4.4.1.	Digitale Motorsteuerung	117
3.4.4.2.	Elektronische Getriebesteuerung	118
3.4.4.3.	Systeme zur Fahrerinformation (Bordcomputer)	119
4.	Sensoren und Aktoren	121
4.1.	Das Kraftfahrzeug als Automatisierungsobjekt	121
4.2.	Die Informationsgewinnung durch Sensoren	122
4.2.1.	Allgemeines	122
4.2.1.1.	Was ist ein Sensor?	122
4.2.1.2.	Wie funktioniert ein Sensor?	123
4.2.1.3.	Welche Bedingungen bestehen für die Realisierung von Kraftfahr- zeugsensoren?	124
4.2.1.4.	Welche Meßinformationen sind für den Betrieb von Kraftfahrzeu- gen relevant?	129
4.2.2.	Elemente zum nichtelektrischen Steuern elektrischer Größen ...	131
4.2.3.	Zur Informationsgewinnung für Größen des Raumes und der Zeit	136
4.2.3.1.	Ereignissensoren (Positionssensoren)	136
4.2.3.2.	Sensoren für die Größe „Weg“	138
4.2.3.3.	Sensoren für die Größe „Abstand“	144
4.2.3.4.	Sensoren für die Größe „Volumen“	147
4.2.3.5.	Sensoren für die Größe „Winkel“	150
4.2.3.6.	Sensoren für die Größe „Drehzahl“ („Umlauffrequenz“)	153
4.2.3.7.	Sensoren für die Größe „Geschwindigkeit“	155
4.2.3.8.	Sensoren für die Größe „Beschleunigung“	159

4.2.3.9.	Sensoren für die Größe „Winkelgeschwindigkeit“	161
4.2.3.10.	Sensoren für die Größe „Winkelbeschleunigung“ („Drehbeschleunigung“)	161
4.2.3.11.	Sensoren für die Größe „Volumenstrom“	163
4.2.4.	Zur Informationsgewinnung für Größen der Mechanik	167
4.2.4.1.	Sensoren für die Größe „Kraft“	167
4.2.4.2.	Sensoren für die Größe „Kraftmoment“ („Drehmoment“, „Biegemoment“)	172
4.2.4.3.	Sensoren für die Größe „Druck“	175
4.2.5.	Sensoren für die Größe „Temperatur“	181
4.2.5.1.	Allgemeines	181
4.2.5.2.	Taktile resistive Temperatursensoren	181
4.2.5.3.	Taktile generatorische Temperatursensoren	186
4.2.6.	Zur Informationsgewinnung für physikalisch-chemische Größen	187
4.2.6.1.	Allgemeines	187
4.2.6.2.	Gassensoren	187
4.2.6.3.	Ionensensoren	190
4.2.6.4.	Feuchtesensoren	192
4.3.	Die Informationsnutzung durch Aktoren	193
4.3.1.	Allgemeines	193
4.3.2.	Elektroaktoren	194
4.3.2.1.	Zweckbestimmung	194
4.3.2.2.	Kontaktbehaftete Elektroaktoren	194
4.3.2.3.	Kontaktlose (elektronische) Elektroaktoren	195
4.3.3.	Mechanoaktoren	196
4.3.3.1.	Zweckbestimmung	196
4.3.3.2.	Mechanoaktoren mit Schaltverhalten	196
4.3.3.3.	Elektromagnetomechanische Schrittmotoren	197
4.3.3.4.	Gleichstromstellmotoren	198
4.3.3.5.	Wechselstromstellmotoren	198
4.3.3.6.	Piezomechanische Schrittmotoren	199
4.3.4.	Thermoaktoren	200
5.	Bordnetz und Elektronik	201
5.1.	Das Bordnetz	201
5.1.1.	Aufbau und Aufgaben	201
5.1.2.	Generator, Gleichrichter und Regler	201
5.1.2.1.	Zusammenwirken	201
5.1.2.2.	Gleichrichter	202
5.1.2.3.	Elektronische Regler	203
5.1.3.	Anlaufwiederholspanne	206
5.2.	Elektromagnetische Verträglichkeit	207
5.2.1.	Begriffsbestimmung	207
5.2.2.	Störemission (Störungen) im Kraftfahrzeug	207
5.2.2.1.	Systematik der Störungen	207
5.2.2.2.	Störquellen, Störsenken und Störungen	208
5.2.2.3.	Messen von leitungsgebundenen und gestrahlten Störungen	212
5.2.3.	EMV-Normung	213
5.2.3.1.	EMV und Zuverlässigkeit	213
5.2.3.2.	EMV und Normung	213
5.2.4.	Prüfung auf Störfestigkeit	215
5.2.4.1.	Funktionszustände einer elektronischen Baugruppe	215
5.2.4.2.	Störfestigkeit gegen leitungsgebundene Störungen (Bordnetz)	215

5.2.4.3.	Störfestigkeit gegen elektromagnetische Strahlung (Gestrahlte Störfestigkeit)	216
5.2.4.4.	Störfestigkeit gegenüber elektrostatischer Entladung	217
5.3.	Maßnahmen zur Gewährleistung der EMV	217
5.3.1.	Einteilung der Maßnahmen	217
5.3.2.	Anordnung	218
5.3.3.	Trennung	220
5.3.4.	Filterung	220
5.3.5.	Massung	222
5.3.6.	Schirmung	223
5.3.7.	Verdrillung	223
5.3.8.	Wahl der Übertragungsart	223
5.3.9.	Vereinbarungen über Betriebsabläufe	223
5.4.	Elektronikstromversorgung	224
5.4.1.	Anforderungen	224
5.4.2.	Schaltungstechnische Realisierung	224
5.4.2.1.	Ungeregelte Stromversorgung	224
5.4.2.2.	Geregelte Stromversorgung	226
5.5.	Elektronische Verdrahtungslösungen	228
5.5.1.	Erfordernisse aus dem Elektronikeinsatz an die Fahrzeugverkabelung	228
5.5.2.	Seriellles Daten-Bussystem	231
5.5.3.	Anforderungen an Leistungsschalter und Sensoren	232
5.5.4.	Der Einsatz von Lichtwellenleitern	233
6.	Elektronik für Motor und Getriebe	234
6.1.	Elektronische Zündanlagen für Ottomotoren	234
6.1.1.	Aufgabe der Zündung	234
6.1.2.	Entstehung des Zündfunkenes	234
6.1.3.	Energiespeicherung – Hochspannungserzeugung	235
6.1.3.1.	Allgemeines	235
6.1.3.2.	Abhängigkeit der Zündspannung U_z von äußeren Einflußfaktoren	235
6.1.4.	Der Zündzeitpunkt	238
6.1.4.1.	Wahl des Zündzeitpunktes	238
6.1.4.2.	Elektronische Zündauslösung	239
6.1.5.	Anforderungen an elektronische Zündanlagen	239
6.1.6.	Einteilung der elektronischen Zündanlagen	241
6.1.6.1.	Allgemeines	241
6.1.6.2.	Elektronische Magnetzündanlagen (EMZA)	242
6.1.6.3.	Elektronische Batteriezündanlagen (EBZA)	245
6.2.	Elektronik für Kraftstoffzumessung	265
6.2.1.	Elektronik für Gemischbildungssysteme von Ottomotoren	265
6.2.1.1.	Vergleich Vergaser – Einspritzanlage	265
6.2.1.2.	Elektronisch gesteuertes Vergasersystem	266
6.2.1.3.	Elektronische Benzineinspritzung	271
6.2.2.	Elektronik für Kraftstoffzumessung von Dieselmotoren	293
6.2.2.1.	Anforderungen	293
6.2.2.2.	Elektronische Leerlaufdrehzahlregelung	295
6.2.2.3.	Elektronische Regelung des Spritzbeginns	295
6.2.2.4.	Elektronische Diesel-Regelung (EDR)	296
6.2.2.5.	Vollelektronische Diesel-Regelung	297
6.2.3.	„Elektronisches Gaspedal“ (E-Gas) für Otto- und Dieselmotoren	298
6.2.4.	Elektronische Schubabschaltung (ESA)	301

6.3.	Elektronik für Abgasbehandlung	303
6.3.1.	Entstehung der Schadstoffe	303
6.3.2.	Motorische Maßnahmen	303
6.3.3.	Abgas-Nachbehandlungsmaßnahme „Lambda = 1-Regelung“	305
6.4.	Elektronik für Starthilfsanlagen	307
6.4.1.	Elektronisch gesteuerte Gemisch- und Kraftstoffvorwärmungs- systeme	307
6.4.1.1.	Kraftstofffrühverdampfungssystem für Ottomotoren	307
6.4.1.2.	Diesel-Kraftstoff-Vorwärmer	307
6.4.1.3.	Automatik für Glühstift- bzw. Flammstartanlage	308
6.4.2.	Start-Stopp-Anlage (SSA)	310
6.5.	Elektronik für Getriebesteuerung	311
6.5.1.	Aufgabe	311
6.5.2.	Elektronik für den Triebstrang	312
7.	Elektronik für Fahrgestell und Aufbau	317
7.1.	Federbeinregelung, Hubwerksregelung, Motoraufhängung	317
7.1.1.	Grundlagen der Radaufhängung	317
7.1.2.	Praktische Lösungsansätze für elektronisch geregelte Fahrzeug- federungen	319
7.1.2.1.	Systeme mit Luftfederung	319
7.1.2.2.	Systeme mit Ölhydraulik	321
7.1.3.	Hubwerksregelung für Traktoren	324
7.1.4.	Motoraufhängung	325
7.2.	Elektronische Regelung der Bremskraft und des Schlupfes	326
7.2.1.	Physikalische Grundlagen des Kraftschlusses zwischen Fahrzeug und Fahrbahn	326
7.2.2.	Antiblockiersysteme (ABS)	328
7.2.2.1.	Stand der Entwicklung	328
7.2.2.2.	Forderung an ein Antiblockiersystem	329
7.2.2.3.	Prinzipieller Aufbau von Antiblockiersystemen	330
7.2.2.4.	Signalgewinnung und -aufbereitung	332
7.2.2.5.	Regler und Regelarten	333
7.2.2.6.	Sicherheit und Zuverlässigkeit	336
7.2.3.	Antriebsschlupfregelung (ASR)	339
7.2.4.	Elektronisches Sperrdifferential	342
7.3.	Servolenkung	343
7.3.1.	2-Rad-Lenkung	343
7.3.2.	4-Rad-Lenkungen	345
7.4.	Automatische Geschwindigkeitsregelung	346
7.4.1.	Allgemeines	346
7.4.2.	Elektronischer Fahrgeschwindigkeitsregler	346
7.4.2.1.	Soll-Wert-Geber	347
7.4.2.2.	Elektronischer Regler	347
7.4.2.3.	Stellglied	348
7.5.	Elektronische Blinkgeber für Richtungs- und Warnblinken	348
7.5.1.	Prinzipieller Aufbau – Typen elektronischer Blinkgeber	348
7.5.2.	Elektronische Einkreis-Blinkgeber	349
7.5.3.	Elektronische Zweikreis-Blinkgeber	349
7.5.4.	Taktgeberschaltungen	350
7.5.4.1.	Allgemeines	350
7.5.4.2.	Symmetrischer Multivibrator als Blinktaktgeber	351

7.5.4.3.	Blinktaktgeber in industriell gefertigten elektronischen Blinkgebern	352
7.5.5.	Kontrollschaltungen	352
7.5.5.1.	Allgemeines	352
7.5.5.2.	Toleranzbedingungen der Blinkanlage	352
7.5.5.3.	Elektronische Kontrollanordnungen mit Frequenzerhöhung	354
7.5.5.4.	Elektronische Kontrolleinrichtung mit drei Kontrollstufen	355
7.5.6.	Warnblinken	357
7.6.	Elektronisch gesteuerte Scheibenreinigungsanlagen	358
7.6.1.	Prinzipieller Aufbau – Typen elektronisch gesteuerter Scheibenreinigungsanlagen	358
7.6.2.	Wischintervallschalter	358
7.6.3.	Trockenwischautomatik	359
7.6.3.1.	Allgemeines	359
7.6.3.2.	Motorgesteuertes Wischintervallrelais	359
7.6.3.3.	Heckwischerrelais	362
7.6.3.4.	Automatische Scheibenreinigungsanlagen	362
7.6.4.	Kompakte Scheibenreinigungssysteme	363
7.7.	Parklichtschaltung	365
7.8.	Regelschaltung für die Heizungs- und Klimaanlage	366
7.8.1.	Allgemeines	366
7.8.2.	Innenraumsensor	367
7.8.3.	Aufbau des Reglers	367
7.8.4.	Wasserventil	368
7.8.5.	Stellelement für die Mischklappe	368
7.8.6.	Automatische Heizungs- und Klimaregelung	368
7.9.	Diebstahlwarnanlagen	369
7.9.1.	Allgemeines	369
7.9.2.	Kontaktgesteuerte Diebstahlwarnanlagen	369
7.9.3.	Stromüberwachende Alarmanlagen	370
7.9.4.	Diebstahlwarnanlagen mit Erschütterungssensor	370
7.9.5.	Ultraschall-Alarmanlagen	371
7.10.	Leuchtweitenregelung	372
7.11.	Airbag und Gurtstrammer	373
7.11.1.	Allgemeines	373
7.11.2.	Airbag	373
7.11.3.	Gurtstrammer	373
7.11.4.	Beschleunigungsaufnehmer	374
7.11.5.	Elektronisches Steuergerät	374
7.12.	Elektronische Sitzverstellung	375
7.13.	Elektronischer Tonfolgeschalter	376
8.	Elektronik zur Fahrerinformation	380
8.1.	Anzeigesysteme	380
8.1.1.	Einführung	380
8.1.2.	Übersicht	380
8.1.3.	Darstellungsformen und Ansteuerprinzipie elektronischer Anzeigen	381
8.1.4.	Glühfaden-Anzeige	384
8.1.5.	Lichtemitterdioden-Anzeige	384
8.1.6.	Elektrolumineszenz-Anzeige	385

8.1.7.	Vakuumfluoreszenz-Anzeige	387
8.1.8.	Katodenstrahlröhre	388
8.1.9.	Plasma-Anzeige	388
8.1.10.	Flüssigkristall-Anzeige	390
8.2.	Tachometer	391
8.2.1.	Elektromechanisches Tachometer	391
8.2.2.	Elektronische Tachometer	391
8.2.3.	Geschwindigkeitswarnger	393
8.3.	Drehzahlmesser für Zweitakt- und Viertaktmotoren	394
8.3.1.	Funktionsprinzip	394
8.3.2.	Mefimpulsgewinnung	394
8.3.3.	Drehzahlmesser-Schaltungen	395
8.4.	Kraftstoffmomentanverbrauchs-Anzeige	397
8.5.	Öldruckmesser	398
8.6.	Kühlwassertemperatur-Anzeige	399
8.7.	Kontrolle von Flüssigkeitsständen	400
8.8.	Beleuchtungskontrolleinrichtungen	401
8.9.	Generatorfunktions-Anzeige, Ladezustands-Anzeige	401
8.10.	Anlaßbereitschaft für Dieselfahrzeuge	403
8.11.	Gurtwarner, Anschnallkontrolle	403
8.12.	Elektronisches Außenthermometer mit Eiswarner	403
8.13.	Taxameter	404
8.14.	Elektronische Fahrtenschreiber	405
8.15.	Quarzuhr	408
8.16.	Fahrer-Ermüdungsdetektor	408
8.17.	Abstandswarnradar, Antikollisionssystem	409
8.17.1.	Funktionsprinzip eines Abstandswarnsystems	409
8.17.2.	Mikrowellen-Radarverfahren	410
8.17.3.	Optische Verfahren	411
8.17.4.	Ultraschallverfahren	412
8.17.5.	Abstandsregelung, Antikollision	412
8.18.	Rundfunkgeräte, Kassettengeräte, Telefon	413
8.18.1.	Autoradio und Kassettengeräte	413
8.18.2.	Autotelefon	415
8.19.	Verkehrsrundfunk-Selektion	418
8.20.	Ortungs-, Navigations- und Zielführungssysteme	419
8.20.1.	Ortungsverfahren, Ortungssysteme	419
8.20.2.	Navigations- und Zielführungssysteme	420
8.21.	Bordcomputer	422
8.22.	Synthetische Sprachausgabe	423
8.22.1.	Verfahren der elektronischen Sprachsynthese	423
8.22.2.	Digitalisierverfahren und Speicherbedarf	424
8.22.3.	Anwendungen im Kraftfahrzeug	425
8.22.4.	Probleme und Aufgaben der Weiterentwicklung	427
8.23.	Spracherkennungssysteme	427
8.23.1.	Verfahren der elektronischen Spracherkennung	427
8.23.2.	Anwendung im Kraftfahrzeug	430
8.24.	Reifendrucküberwachung	431

9. Elektronische Selbstdiagnose	433
10. Trends in der Kraftfahrzeugelektronik	442
Literaturverzeichnis	446
Sachwörterverzeichnis	460