

Inhalt

1	Einleitung	13
1.1	Antriebsarten	13
1.1.1	Konventioneller Antrieb	16
1.1.2	Hybridantrieb	18
1.1.3	Elektrischer Antrieb	27
1.2	Elektrik/Elektronik im Automobil	30
1.2.1	Historie der Elektrik/Elektronik im Automobil	30
1.2.2	Das Bordnetz im Automobil	32
2	Grundlagen für Elektronik im Kraftfahrzeug	34
2.1	Grundlagen der Elektrotechnik allgemein	34
2.1.1	Elementare Elektrizitätslehre	34
2.1.2	Das ohmsche Gesetz	37
2.1.3	Das elektrische Feld	37
2.1.4	Das magnetische Feld	39
2.1.5	Impedanz	40
2.1.6	Energie und Leistung	41
2.1.7	Elektromagnetische Felder	41
2.1.8	Elektrische Maschinen	41
2.1.9	Weitere elektrische Maschinen	58
2.2	Entwurf elektrischer Schaltkreise	58
2.2.1	Schaltungstechnik elektrischer Netzwerke	59
2.2.2	Simulation von Schaltkreisen	62
2.3	Elektronische Baugruppen	62
2.3.1	Schaltungsträger	63
2.3.2	Passive Bauelemente	66
2.3.3	Halbleiterbauelemente	70
2.4	Gehäuse und Kontaktierung	108
2.5	Elektromagnetische Verträglichkeit	108
2.6	Weiterführende Literatur	108
3	E/E-Architektur	110
3.1	Definitionen	111
3.2	Architekturentwicklung	112

3.3	Grundlegende Architekturkonzepte	114
3.3.1	Funktional verteilte E/E-Architekturen	114
3.3.2	Domänenzentralisierte E/E-Architekturen	115
3.3.3	Fahrzeugzentralisierte E/E-Architekturen	116
3.4	Zukünftige Architekturen	117
3.5	E/E-Architekturbausteine	120
3.5.1	Leistungsfähige Zentralrechner und Steuergeräte	121
3.5.2	Fehlertolerante Kommunikationsnetzwerke	122
3.5.3	Fehlertolerante Energiebordnetze	122
3.5.4	Redundanzkonzepte für Sensoren	123
3.5.5	Redundanzkonzepte für Aktuatoren	123
3.6	Zusammenfassung E/E-Architektur	123
4	Das Bordnetz im Automobil	124
4.1	Das Bordnetz als Gesamtansatz	124
4.2	Die Kriterien eines Bordnetzes	125
4.3	Die Komplexität eines Bordnetzes	127
4.4	Ausblick für zukünftige Bordnetze	129
4.5	Zusammenfassung Bordnetz	130
5	Datenbordnetz	131
5.1	Begriffe und Definitionen	131
5.1.1	Daten, Information und Wissen	131
5.1.2	Signale und deren Codierung	132
5.1.3	Datenpakete und Übertragung großer Datenmengen	134
5.1.4	Übertragungsparameter in einem Fahrzeug-Datenbordnetz	136
5.2	Netzstrukturen und Netzwerke	139
5.3	Bussysteme im Kraftfahrzeug	141
5.3.1	CAN	142
5.3.2	LIN	147
5.3.3	FlexRay	148
5.3.4	MOST	149
5.3.5	Ethernet	150
5.4	Hinweise, Tools und Technik	150
5.5	Zusammenfassung	150
6	Energiebordnetz	152
6.1	Eigenschaften im Niedervolt-Energiebordnetz	154
6.1.1	Startfähigkeit	155
6.1.2	Ladebilanz	155
6.1.3	Speicherbelastung	156

6.1.4	Spannungsstabilität	156
6.1.5	Elektrischer Leistungsbedarf	157
6.1.6	Sichere Energieversorgung	158
6.1.7	Robustheit	159
6.2	Energieerzeugung	159
6.2.1	Generatoren	159
6.2.2	Starter-Generatoren	160
6.2.3	Elektromaschinen	161
6.3	Energiespeicherung	162
6.3.1	Bleibatterien	165
6.3.2	Lithium-Ionen-Batterien	166
6.3.3	Batterie-Sensoren für Bleibatterien	168
6.3.4	Batterie-Management für Lithium-Ionen-Batterien	169
6.4	Energiewandlung	169
6.4.1	Kategorisierung von DC/DC-Wandlern	170
6.4.2	Schaltungstopologien für DC/DC-Wandler	170
6.4.3	Galvanisch gekoppelte DC/DC-Wandler	171
6.4.4	Galvanisch getrennte DC/DC-Wandler	171
6.4.5	Regelung von DC/DC-Wandlern	172
6.4.6	Wirkungsgrad	172
6.4.7	Fehlertoleranz	172
6.5	Elektrische Verbraucher	174
6.6	Klemmen	175
6.7	Energiebordnetz-Architekturen	176
6.7.1	Ein-Spannungs-Bordnetz	180
6.7.2	Zwei-Spannungs-Bordnetz	180
6.8	Spannungsebenen	182
6.9	Neue Herausforderungen in einem Zwei-Spannungs-Bordnetz	185
6.9.1	Elektrisches Energie- und Leistungsmanagement	185
6.9.2	Lichtbögen	186
6.9.3	Kurzschlüsse zwischen den Spannungsebenen	188
6.9.4	Kommunikation in gemischten Netzwerken	188
6.9.5	Power-Up und Power-Down	189
6.9.6	Elektromagnetische Verträglichkeit	189
6.9.7	Umgang mit Spannungen < 60 V	189
6.9.8	Literaturhinweise	190

7	Physisches Bordnetz	191
7.1	Anforderungen	192
7.2	Kabelbaum	193
7.3	Leitungen	195

7.4	Steckverbindungen	197
7.5	Stromverteiler	200
7.6	Sicherungen	200
7.7	Auslegung von Leitungen und Sicherungen	203
7.8	Trends im Physischen Bordnetz	204
7.8.1	Elektronische Sicherungen	205
7.8.2	Intelligente Leistungsverteiler	207
7.8.3	Zonenkabelbäume	207
7.9	Literaturhinweise	207
8	Elektrische Verbraucher	209
8.1	Elektronische Steuergeräte	210
8.1.1	Grundlagen Elektronische Steuergeräte	211
8.1.2	Antriebselektronik	212
8.1.3	Fahrwerkselektronik	219
8.1.4	Komfort- und Karosserieelektronik	224
8.1.5	Insassenschutz-Elektronik	224
8.1.6	Informations- und Unterhaltungselektronik	226
8.1.7	Zentral-Rechenplattformen	227
8.2	Aktuatoren	228
8.2.1	Elektromotoren	228
8.2.2	Pumpen	228
8.2.3	Magnetventile	228
8.3	Sensoren	229
8.4	Zusammenfassung	230
9	Elektrisches Energiemanagement	231
9.1	Einleitende Grundlagen	231
9.2	Anforderungen und Aufgaben eines Energie- und Leistungs-Managements	232
9.3	Eigenschaften eines Energie- und Leistungs-Managements	233
9.4	Struktur des Managementsystems	237
9.5	Schnittstellen Komponente – Management	241
9.6	Betriebsstrategie mit einem Energie- und Leistungs-Management	243
9.7	Implementierungsprinzipien für ein Energie- und Leistungs-Management	248
9.8	Diagnose und Überwachung mit einem Energie- und Leistungs-Management	252
9.9	Systementwurf eines Energie- und Leistungs-Managements	253
9.10	Zusammenfassung	255
9.11	Weiterführende Literatur	255

10	Normen und Standards für das Bordnetz	257
10.1	Normen für 12 V	257
10.2	Norm für 48 V	260
10.3	Norm für Hochvolt-Systeme	261
10.4	Norm für Klemmenbezeichnungen	262
10.5	Normen für elektromagnetische Verträglichkeit	263
10.6	ISO 26262	264
11	Zuverlässigkeit und Funktionale Sicherheit im Energiebordnetz	265
11.1	Qualität und Zuverlässigkeit im Bordnetz	265
11.2	Funktionale Sicherheit im Bordnetz	267
12	Systementwurf Energiebordnetz	270
12.1	Architekturansatz	271
12.2	Architekturelemente der Energieversorgung im Fahrzeug	272
12.2.1	Intelligente Stromverteilung	272
12.2.2	Gleichspannungswandler als verteilte Wandler	275
12.2.3	Verwendung unterschiedlicher Spannungsebenen	276
12.2.4	Zonen	278
12.2.5	Energieversorgung für Fail-operational Systeme	279
12.2.6	Zukünftiges Energie- und Leistungs-Management	279
12.2.7	Integrationsplattformen	279
12.2.8	Intelligente Satelliten – Smarte Systeme	280
12.2.9	Zustands- und Infrastruktursignale mittels Powerline Kommunikation	280
12.2.10	Gesamthafte Bordnetzstabilität	281
12.2.11	Sichere Energieversorgung	282
12.3	Auslegung und Dimensionierung des Energiebordnetzes	284
12.4	Zusammenfassung	285
13	Effizienz im Energiebordnetz	287
13.1	Effizienzmaßnahmen in Steuergeräten und Lasten	289
13.2	Verlagerung von ausgewählten Verbrauchern auf 48 V	291
13.3	Effizienzberechnungen zum Vergleich zwischen 12 V und 48 V	292
13.3.1	Beispiel Lenkung	296
13.4	Kompletter Umstieg auf 48 V	301
13.4.1	Analytische Betrachtung	304
13.5	Zusammenfassung	306
	Literatur- und Quellenverzeichnis	307

Abkürzungsverzeichnis	314
Symbole und Konstanten in der Elektrotechnik	317
Register	319
Abbildungsverzeichnis	321
Tabellenverzeichnis	329