

Mathias Rausch

FlexRay

Grundlagen

Funktionsweise

Anwendung

224 Abbildungen und 59 Tabellen

HANSER

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Abbildungsverzeichnis	XV
Tabellenverzeichnis	XXIII
Abkürzungsverzeichnis	XXV
1 Einleitung	1
1.1 Ziel des Buches	1
1.2 Begriffe und Notationen	2
2 Wissenswertes über FlexRay	5
2.1 Entwicklungsziele	5
2.1.1 Ökonomische Ziele	5
2.1.2 Technische Ziele	6
2.2 Eigenschaften von FlexRay	8
2.3 Einsatzgebiete	9
2.4 Einordnung des Protokolls	10
2.5 Netzwerkprotokolle im Automobil	11
2.5.1 CAN	12
2.5.2 LIN	12
2.5.3 Multimedialprotokolle	13
2.5.4 Kommunikationsnetzwerk im Automobil	13
2.6 Das FlexRay-Konsortium und die FlexRay-Historie	15
3 Prinzipielle Funktionsweise des Protokolls	21
3.1 Aufbau eines Kommunikationsknotens	21
3.2 Topologien	23
3.3 Das Zugriffsverfahren	27
3.3.1 Zugriffsverfahren im Überblick	27
3.3.2 Der Kommunikationszyklus in FlexRay	30
3.3.3 Das TDMA-Verfahren	30
3.3.4 Das Minislot-Verfahren	32
3.4 Die Zeitbasis	34
3.5 Die Protokollzustandsmaschine	36

5.8.1	Wesen und Auswirkungen von Asymmetrien	155
5.8.2	Ursachen und Effekte von Asymmetrien	158
5.8.3	Auswirkungen von Asymmetrien auf den Cluster	162
5.9	Praktische Hinweise für eine robuste FlexRay-Topologie	166
6	Die Konfigurierung eines Clusters	169
6.1	Berechnungsregeln	169
6.1.1	Zeitdiskretisierung	169
6.1.2	Bestimmen der Minimalzeit eines Signals	170
6.1.3	Bestimmen der Maximalzeit eines Signals	172
6.1.4	Notation der Formeln	173
6.2	Microtick und Macrotick	173
6.2.1	Der Microtick	173
6.2.2	Der Macrotick	175
6.3	Die Präzision	178
6.4	Startup-Parameter	180
6.4.1	Toleranzbereich beim Startup	180
6.4.2	Parameter zur Initialisierung der Uhr	181
6.4.3	Maximale Drift	183
6.4.4	pdListenTimeout	184
6.5	Der statische Slot	185
6.5.1	Der Actionpoint-Offset	185
6.5.2	Die statische Slotgröße	187
6.6	Das dynamische Segment	189
6.6.1	Der Minislot-Actionpoint-Offset	189
6.6.2	Der Minislot	190
6.6.3	Dynamic-Slot-Idle-Phase	192
6.6.4	Anzahl an Minislots	193
6.6.5	Spätester Frame-Beginn im dynamischen Segment	196
6.7	Symbol-Window und NIT	197
6.7.1	Das Symbol-Window	197
6.7.2	Network Idle Time	198
6.8	Uhrensynchronisation	203
6.8.1	Steigungskorrekturwert	203
6.8.2	Offset-Korrekturwerte	204
6.8.3	Dämpfungsparameter für die Uhrenkorrektur	205
6.8.4	Externe Uhrensynchronisation	206
6.9	Physical Layer abhängige Parameter	207
6.9.1	Maximale Signallaufzeit	207

6.9.2	Korrektur der Zeitmesswerte	208
6.9.3	Kompensation der Laufzeit	209
6.9.4	Transmission Start Sequence	210
6.10	Parametrierung der Symbole	211
6.10.1	Das Collision Avoidance Symbol	212
6.10.2	Konfigurierung des Wakeup-Symbols beim Sender	214
6.10.3	Konfigurierung des Wakeup-Symbols beim Empfänger	215
6.11	Clusterkonfigurierung	217
6.12	Zuordnung der Gleichungen zu den Konfigurationsregeln der Protokollspezifikation	221
7	Der Busguardian	223
7.1	Prinzip des Busguardians	223
7.2	Lokaler Busguardian	225
7.3	Zentraler Busguardian	228
7.4	Weitere Aspekte des Busguardians	230
7.4.1	Test des Busguardians	230
7.4.2	Weitere Funktionen	231
7.4.3	Vergleich der Konzepte	231
7.4.4	Auswirkung des Busguardians auf die Clusterkonfiguration	232
8	Die Implementierung des FlexRay-Protokolls	235
8.1	Nachrichtenpufferkonzept	235
8.1.1	Aufteilung in Register und Speicher	235
8.1.2	Message Buffer-Typen	238
8.2	Message Buffer Konfigurierung	239
8.2.1	Message Buffer Control Register	239
8.2.2	Frame-Header-Konfigurierung	242
8.2.3	Beispiel für die Konfigurierung eines Sendepuffers	244
8.2.4	Beispiel für die Konfigurierung eines Empfangspuffers	245
8.2.5	Beispiel für die Konfigurierung eines Receive Shadow Buffers	246
8.3	Protokollkonfigurationsregister	246
8.4	Filterkonfigurierung	249
8.5	Interrupts	252
8.5.1	Individuelle Interruptquellen	252
8.5.2	Kombinierte Interruptquellen	253
8.5.3	Protokoll-Interruptbits	254
8.5.4	CHI-Fehler-Interruptbits	257
8.6	FIFO-Puffer	259

9	Aspekte der Anwendung von FlexRay	263
9.1	Die Wahl der Frame-Größe	263
9.2	Die Gestaltung der Payload innerhalb von Frames	265
9.3	Das Prinzip der Sendezeitfenster	267
9.4	Ein Beispiel	269
9.4.1	Topologie	269
9.4.2	Sende-Schedule	270
9.4.3	Kommunikationsmatrix	271
9.4.4	Bestimmung der FlexRay-Protokollparameter	272
9.5	Realisierungsvarianten für das Multiplexen im dynamischen Segment	277
9.5.1	Aufgabenstellung	277
9.5.2	Steuerung des Sendezeitpunktes durch den Host	279
9.5.3	Verwendung von Zykluszählerfiltern	280
9.5.4	Pufferumkonfigurierung	282
9.5.5	Vergleich der Realisierungsvarianten	285
10	Ausblick	287
10.1	Protokollentwicklung	287
10.2	AUTOSAR	287
10.2.1	Motivation und Ziele von AUTOSAR	288
10.2.2	Technisches Konzept	289
10.2.3	FlexRay und AUTOSAR	291
10.3	Einsatz von FlexRay	292
Anhang A: Einführung in SDL		295
A.1	Philosophie von SDL	295
A.2	Die grafischen Elemente	296
A.3	Grundelemente	299
A.4	Austauschen von Signalen	299
A.5	Die Zeit in SDL	300
A.6	Einschränkungen von SDL	300
A.7	Beispiel	300
Anhang B: FlexRay Konstanten und Parameter		304
Anhang C: Beispielprogramm		311
C.1	Das Header-File	311
C.2	Das FlexRay-Konfigurationsfile	314
Anhang D: Übersicht FlexRay-Schaltkreise		338

Literaturverzeichnis	339
Stichwortverzeichnis	341