

Dietmar Reinert · Michael Schaefer (Hrsg.)

# Sichere Bussysteme für die Automation

 Hüthig Verlag Heidelberg

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	1
<b>2</b>	<b>Warum werden sicherheitsgerichtete Bussysteme im Maschinenschutz benötigt?</b> .....	7
<b>3</b>	<b>Sicherheitstechnische Grundlagen</b> .....	11
3.1	Historische Entwicklung .....	11
3.2	Grundlegende Betrachtungen .....	12
3.3	Maßnahmenkombinationen zur Fehlervermeidung .....	12
3.4	Maßnahmenkombinationen zur Fehlerbeherrschung .....	16
3.5	Konsequenzen für die Gestaltung sicherer Kommunikationssysteme .....	24
<b>4</b>	<b>Grundlegende Anforderungen an Bussysteme für die Sicherheitstechnik</b> .....	25
4.1	Funktionale Anforderungen vom Prozess .....	25
4.2	Qualitative Maßnahmen gegen Übertragungsfehler .....	28
4.2.1	Allgemeine Grundlagen .....	28
4.2.2	Vielfalt der Begrifflichkeiten .....	30
4.2.3	Einbettung von kommerziellen Bussystemen in die Gesamtsteuerung .....	31
4.2.4	Übertragungsfehler an Bussystemen .....	32
4.2.5	Qualitative Fehlerbeherrschung .....	34
4.3	Quantitative Maßnahmen gegen Übertragungsfehler .....	37
4.3.1	Architekturmodelle für die Busanbindung .....	38
4.3.2	Datenintegrität .....	38
4.3.3	Berechnungsmethoden zur Bestimmung der Restfehlerrate... ..	41
4.4	Externe Einflüsse .....	46
4.4.1	Elektromagnetische Einflüsse .....	47
4.4.2	Mechanische und klimatische Einflüsse .....	48
<b>5</b>	<b>Realisierte sichere Bussysteme mit AS-Interface</b> .....	51
5.1	Grundlegende Beschreibung .....	51
5.2	Übertragungsspezifische Hardwarestruktur der Busteilnehmer .....	53
5.3	Sicherheitsgerichtete Telegrammstruktur .....	57
5.4	Maßnahmen gegen Übertragungsfehler .....	60
5.5	Ermittlung der Restfehlerwahrscheinlichkeit .....	61
5.6	Inbetriebnahme/Reparatur .....	64
5.7	Verfügbarkeit .....	65
5.8	Hersteller .....	65

<b>6</b>	<b>Realisierte sichere Bussysteme mit CAN</b> .....	69
6.1	Grundlegende Beschreibung von CANopen .....	69
6.1.1	CAN-Bus als Basis .....	69
6.1.2	CANopen als höheres Protokoll .....	70
6.1.2.1	Objektverzeichnis .....	70
6.1.2.2	Kommunikationsobjekte .....	71
6.1.2.3	Kommunikationsstatus .....	72
6.1.3	CANopen-Safety als Protokollerweiterung von CANopen ...	73
6.2	Übertragungsspezifische Hardwarestruktur der Busteilnehmer .....	75
6.3	Sicherheitsgerichtete Telegrammstruktur .....	76
6.4	Qualitative Maßnahmen gegen Übertragungsfehler .....	77
6.5	Ermittlung der Restfehlerwahrscheinlichkeit .....	79
6.6	Parametrierung von CANopen-Safety .....	79
6.7	Netzwerkstrukturen .....	82
6.8	Hersteller .....	82
<b>7</b>	<b>Realisierte sichere Bussysteme mit DeviceNet</b> .....	85
7.1	Einführung in DeviceNet Safety .....	85
7.2	Hardwarestruktur von Busteilnehmern .....	87
7.2.1	Physikalische Systeme .....	87
7.2.2	Busstruktur .....	89
7.2.3	Berechnung der Reaktionszeit des Sicherheitssystems .....	90
7.3	Sicherheitsrelevante Telegrammstrukturen .....	91
7.3.1	DeviceNet Safety-Übertragungsprotokoll .....	91
7.3.2	DeviceNet Safety-Nachrichtencodierung .....	92
7.3.3	Sicherheitsnachrichtencodierung .....	92
7.4	Maßnahmen gegen Übertragungsfehler .....	93
7.4.1	Normale Sicherheitsübertragung .....	94
7.4.1.1	Verlorengegangene oder verfälschte Nachrichtenübertragung .....	94
7.4.1.2	Verlorengegangene oder verfälschte Nachrichtenbestätigungen .....	95
7.4.1.3	Gestörte Sicherheitsübertragungen mit unterbrochener Verbindung .....	96
7.4.2	Kommunikationsfehler .....	96
7.4.3	Gerätefehler .....	98
7.5	Berechnung der Restfehlerwahrscheinlichkeit .....	99
7.6	Installation und Konfiguration .....	99
7.7	Systemverfügbarkeit .....	101
7.8	Hersteller .....	103
<b>8</b>	<b>Realisierte sichere Bussysteme mit ESALAN</b> .....	105
8.1	Grundlegende Beschreibung .....	105
8.1.1	Systemmerkmale .....	105
8.1.2	Reaktionszeit .....	106
8.1.3	Konstruktive Ausführung .....	108

---

8.1.4	Spezial-Stationen	110
8.1.5	Gateways	110
8.2	Übertragungsspezifische Hardwarestruktur der Busteilnehmer	111
8.3	Sicherheitsgerichtete Telegrammstrukturen	115
8.3.1	Protokollebene	115
8.3.2	Busebene	116
8.3.3	Zeiterwartungshaltung	116
8.4	Maßnahmen gegen Übertragungsfehler	117
8.5	Ermittlung der Restfehlerwahrscheinlichkeit	118
8.6	Inbetriebnahme/Reparatur	118
8.7	Verfügbarkeit	121
<b>9</b>	<b>Realisierte sichere Bussysteme mit INTERBUS</b>	<b>123</b>
9.1	Grundlegende Beschreibung	123
9.2	Übertragungsspezifische Hardwarestruktur	127
9.2.1	Funktion und Wirkungsweise	127
9.2.2	Reaktionszeit bei Sicherheitsstrukturen	129
9.3	Sicherheitsgerichtete Telegrammstruktur	132
9.4	Maßnahmen gegen Übertragungsfehler	135
9.5	Ermittlung der Restfehlerwahrscheinlichkeit	138
9.6	Inbetriebnahme und Reparatur	140
9.6.1	Inline-Installationssystem	140
9.6.2	Vorgehensweise bei Konfiguration, Inbetriebnahme, Reparatur	141
9.6.3	Programmierung und Betrieb des SafeControls	145
9.6.4	Beispiel einer Integration und Parametrierung	147
9.7	Verfügbarkeit	149
<b>10</b>	<b>Realisierte sichere Bussysteme mit PROFIBUS-DP (PROFISafe)</b>	<b>155</b>
10.1	Grundlegende Beschreibung	155
10.2	Übertragungsspezifische Hardwarestruktur der Busteilnehmer (Topologie)	157
10.3	Maßnahmen gegen Übertragungsfehler	161
10.4	Sicherheitsgerichtete Telegrammstruktur	164
10.5	Ermittlung der Restfehlerwahrscheinlichkeit	167
10.6	Inbetriebnahme/Reparatur	168
10.7	Verfügbarkeit	170
10.8	Hersteller	172
<b>11</b>	<b>Realisierte sichere Bussysteme mit SafetyBus p</b>	<b>175</b>
11.1	Grundlegende Beschreibung	175
11.2	Systemmerkmale des SafetyBUS p	177
11.3	Übertragungsspezifische Hardwarestruktur der Busteilnehmer	182
11.4	Sicherheitsgerichtete Telegrammstruktur	184
11.5	Maßnahmen gegen Übertragungsfehler	186
11.6	Ermittlung der Restfehlerwahrscheinlichkeit	188

---

11.7 Inbetriebnahme/Reparatur .....	189
11.8 Verfügbarkeit .....	190
11.9 Hersteller- und Anwendervereinigung .....	192
<b>12 Bemerkungen zur Prüfung und Zertifizierung .....</b>	<b>197</b>
12.1 Prüfung und Zertifizierung von proprietären Systemen .....	198
12.2 Prüfung und Zertifizierung von offenen Bussystemen .....	198
<b>Autorenverzeichnis .....</b>	<b>201</b>
<b>Sachwörterverzeichnis .....</b>	<b>203</b>

---