

Dipl.-Ing. Mathias P. Rausch, Magdeburg

**Modulare Modellbildung,
Synthese und
Codegenerierung
ereignisdiskreter
Steuerungssysteme**

Reihe **8**: Meß-, Steuerungs-
und Regelungstechnik

Nr. **613**

Inhaltsverzeichnis

1 Zielstellung der Arbeit	1
2 Darstellung des Problems und Lösungsansätze	3
2.1 Das Problem der Steuerungssynthese	3
2.2 Anforderungen an die Modellierungsmethode	6
2.3 Stand der Wissenschaft zu Beginn der Arbeiten	7
2.3.1 Automatenmodelle	9
2.3.1.1 Gegenwärtiger Stand in Bezug auf die Steuerungssynthese .	10
2.3.1.2 Vor- und Nachteile der Modellform	13
2.3.2 Petri-Netze	13
2.3.2.1 Gegenwärtiger Stand in Bezug auf die Steuerungssynthese .	14
2.3.2.2 Vor- und Nachteile der Modellform	15
2.3.3 Condition/Event-Systeme	16
2.3.3.1 Steuerungssynthese	18
2.3.3.2 Vor- und Nachteile der Modellform	18
2.4 Zusammenfassung	19
3 Modellierung der Steuerstrecke	20
3.1 Beispielanlage	20
3.1.1 Funktionsweise der Anlage	20
3.1.2 Aufbau der Anlage	21
3.2 Modellierungsmethode	24
3.2.1 Vorgehensweise	24
3.2.2 Dekomposition	24
3.2.3 Klassifizierung der Grundmodule	25

3.2.3.1	Klassifizierung der Steuerstreckenkerne	26
3.2.3.2	Klassifizierung der Meßeinrichtungen	26
3.2.3.3	Klassifizierung der Stelleinrichtungen	27
3.2.3.4	Klassifizierung der Werkstückbeeinflussungen	28
3.3	Modellierung der Teilstuerstrecken mit Petri-Netzen	29
3.4	Netz-Condition/Event-Systeme	34
3.4.1	Eingänge und Ausgänge des Petri-Netzes	35
3.4.2	Kopplung von Modulen	36
3.4.2.1	Kopplung von Grundmodulen	36
3.4.2.2	Bildung von Modulen aus Modulen	41
3.4.2.3	Kopplung von Modulen unter implementierungstechnischen Gesichtspunkten	46
3.4.3	Definition der Netz-Condition/Event-Systeme	48
3.5	Dynamik der Netz-Condition/Event-Systeme	49
3.5.1	Schaltregel in Netz-Condition/Event-Systemen	49
3.5.2	Berechnung des Erreichbarkeitsgraphen	53
3.6	Modellierung mit SAFECODE	57
4	Modellierung der Verhaltensspezifikation	59
4.1	Modellierung verbotener Zustände	59
4.1.1	Auftreten unerlaubter Zustände	59
4.1.2	Fakten	60
4.1.3	Kennzeichnung unerlaubter Zustände mit Fakten	60
4.1.4	Umwandlung der Fakten auf eine Form	60
4.2	Modellierung geforderter Abläufe	62
4.2.1	Modellierung von Werkstückeigenschaften	62
4.2.1.1	Varianten zur Modellierung der Werkstückeigenschaft	62
4.2.1.2	Vorgehensweise bei der Modellierung der Werkstückeigenschaft	63
4.2.2	Modellierung einfacher Abläufe	65
4.2.3	Modellierung komplexer Abläufe	65
5	Synthese	69

5.1	Steuerungsstruktur	69
5.2	Synthese der Sicherungssteuerung	70
5.2.1	Synthese der Verriegelungssteuerung	70
5.2.1.1	Vorbereitung	71
5.2.1.2	Einbeziehung struktureller Eigenschaften	74
5.2.1.3	Synthesealgorithmus	75
5.2.1.4	Nichtvollständige Beobachtbarkeit	78
5.2.1.5	Vollständigkeit, Endlichkeit und Komplexität des Algorithmus	81
5.2.2	Synthese von Abschaltkreisen	82
5.3	Synthesealgorithmus für Bearbeitungssteuerungen	84
5.3.1	Der Sollablauf	84
5.3.2	Vorbereitung	85
5.3.3	Berechnung der Vorwärtsschritte	87
5.3.4	Berechnung der Verriegelungsöffnungen	88
5.3.5	Algorithmus zur Berechnung des Sollablaufes	89
5.3.5.1	Hauptprogramm	89
5.3.5.2	Algorithmus zur Berechnung der Vorwärtsschritte	89
5.3.5.3	Algorithmus zur Berechnung der Verriegelungsöffnungen . .	91
5.4	Realisierung in SAFECODE	93
5.5	Unterschiede zwischen BCES und NCES	94
6	Codegenerierung	97
6.1	Allgemeines	97
6.2	Das Hauptprogramm	98
6.3	Entwurf der Meßgrößenaufbereitung	99
6.3.1	Funktion der Meßgrößenaufbereitung	99
6.3.2	Realisierung der Meßgrößenaufbereitung	101
6.3.2.1	Bereichsabsolutes Meßverfahren	101
6.3.2.2	Punktuellabsolutes Meßverfahren	102
6.3.2.3	Inkrementelles Meßverfahren	103
6.3.2.4	Analoge Meßverfahren	104
6.4	Realisierung der Sicherungssteuerung	104

6.5	Realisierung der Bearbeitungssteuerung	107
6.5.1	Realisierung als SFC	108
6.5.2	Realisierung mittels Anweisungsliste	109
6.6	Koordinations- und Synchronisationssteuerung	110
6.7	Realisierung der Codegenerierung in SAFECODE	113
7	Zusammenfassung und Ausblick	115
A	Modellierung und SPS-Code der Paketwendeanlage	117
A.1	Komplette Modellierung der Paketwendeanlage	117
A.2	Initialisierung	125
A.3	Meßgrößenaufbereitung	125
A.4	Bearbeitungssteuerung	127
A.5	Sicherheitssteuerung	129