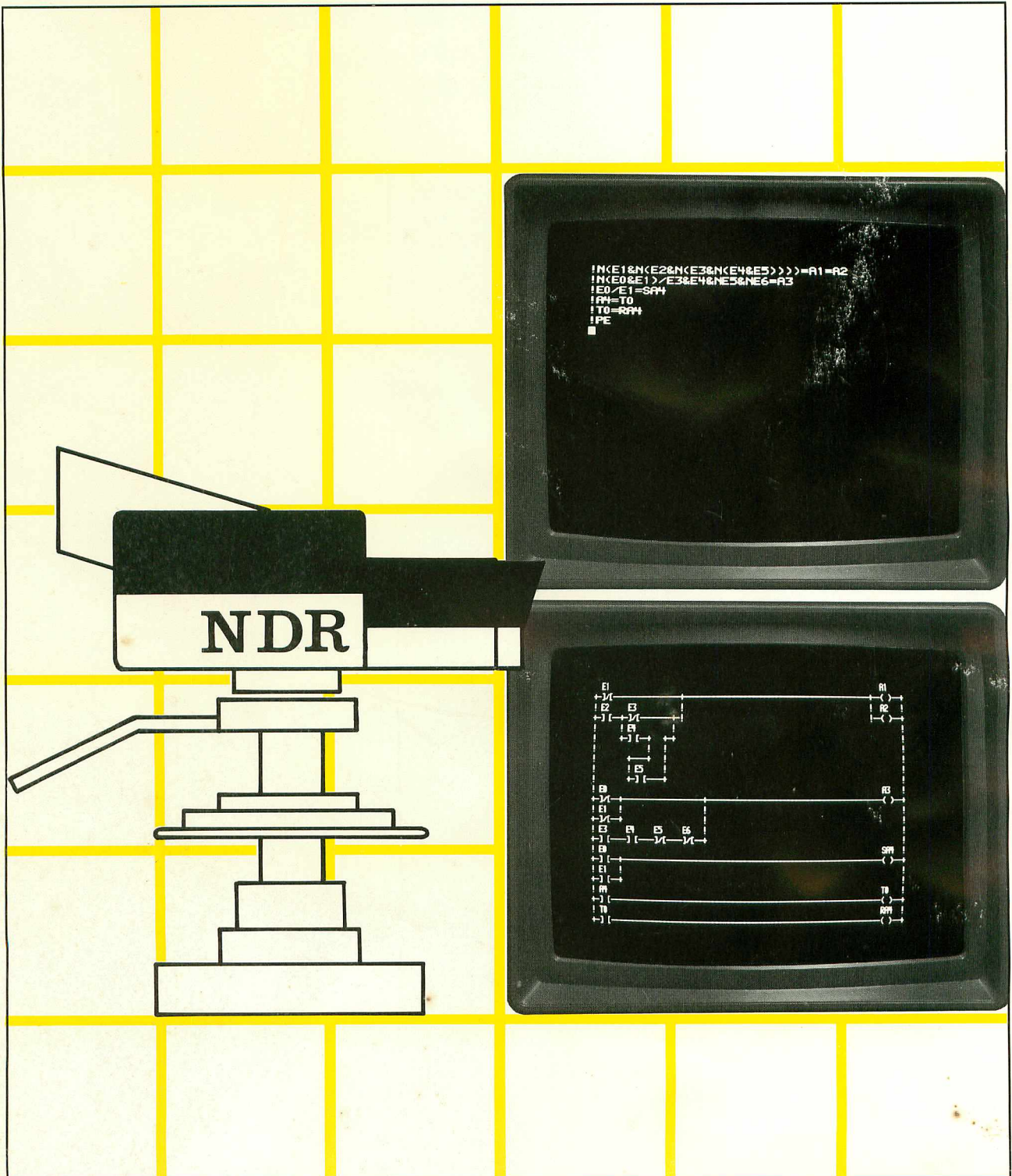


Mikroelektronik SPS-Programmierung mit dem NDR-Computer

1



Christiani

SPS-Programmierung mit dem NDR-Computer

1

Verfasser: Prof. Dipl.-Ing. Heinz Mann · Herausgeber: R. Christiani

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A Elektronische Steuerungstechnik	
Steuern und Steuerungen	5
Steuerungskonzepte	8
Steuerungsstrukturen	33
Informationsdarstellung	33
Signal	33
Analoge Signalform	34
Binäre Signalform	34
Darstellung binärer Signalzustände	35
Digitale Informationsdarstellung	36
Signalverarbeitung	37
Verknüpfungssteuerung	37
Ablaufsteuerung	38
Prozeßgeführte Ablaufsteuerung	38
Zeitgeführte Ablaufsteuerung	38
B Grundlagen der Digitaltechnik	
Logische Grundfunktionen	41
Beschreibung logischer Verknüpfungen	42
Grundfunktionen UND, ODER und NICHT	43
Standardfunktionen NAND und NOR	47
D NDR-Computer als SPS	
Blockschaltung des NDR-Computers als SPS	13
Grundsätzliche Funktion des NDR-Computers als SPS	14
Busstruktur	16
Tastatur und Tastaturanschluß	16
Datensichtgerät (Monitor) mit Anschlußbaugruppe	17
Ein-/Ausgabebaugruppe und Experimentier- Ein-/Ausgabe	18
Stromversorgung	19




D	NDR-Computer als SPS (Fortsetzung)	Seite
	Anschluß der Geräte an den NDR-Computer	19
	Betrieb des NDR-Computers als SPS	20
	Tastatur	20
	Zeichen für Anweisungen und Steuerbefehle	21
	Befehle zur Cursorsteuerung	22
	Inbetriebnahme des Systems	23
	Spielstunde mit dem NDR-Computer	25
E	Programmierung	
	Programmierung der logischen Grundverknüpfungen . .	51
	Programmierung der UND-Verknüpfung	51
	Programmierung der ODER-Verknüpfung	57
	Programmierung der Signalumkehr (NICHT-Funktion)	60
	Programmierung der Standardverknüpfungen NAND und NOR	61
	Merker	61
	Programmierung der NAND-Verknüpfung	64
	Programm mit Merker	64
	Programmierung der NOR-Verknüpfung	66
F	Aufgabenlösungen und Prüfungsaufgaben	
	Was ist beim Anfertigen und Einsenden der Lösungen der Prüfungsaufgaben zu beachten?	67
	Lösungen der im Text gestellten Aufgaben	69
	Prüfungsaufgaben	75
G	Tafeln	77




Einleitung

Wir freuen uns, Ihnen einen Christiani Lehrgang vorlegen zu können, der Ihnen den Einstieg in ein wichtiges Gebiet der neuzeitlichen elektronischen Steuerungstechnik ermöglichen soll. Der Lehrgang wird Sie speziell mit der Arbeitsweise und Programmierung speicherprogrammierter Steuerungen vertraut machen. Der Einsatz des NDR-Computers als speicherprogrammierbare Steuerung ermöglicht Ihnen den Einstieg in das Fachgebiet nicht nur theoretisch, sondern die Programme führen Sie auch experimentell durch. Dazu haben wir – Autor und Lehrinstitut – den umfangreichen, vielschichtigen Stoff bei aller gebotenen Gründlichkeit leicht faßlich, interessant und anschaulich aufbereitet.




Es gibt heute kaum ein Arbeitsfeld in der industriellen Produktion, wo speicherprogrammierbare Steuerungen nicht im beträchtlichen Umfang zur Lenkung und Automatisierung von Prozessen eingesetzt werden, z. B. in der Antriebstechnik, in der Fertigung, in der Handhabungstechnik, in der Montage und in der Prüftechnik.

Wie ist der Lehrgang aufgebaut und an wen wendet er sich?



Der Schwerpunkt dieses Lehrgangs liegt in der „Einführung in die Programmierung speicherprogrammierter Steuerungen“ (Abkürzung: SPS). Die Programmierung und damit auch die Programme sind zugeschnitten auf den NDR-Computer. Das modulare Konzept dieses Mikrocomputer-Systems macht es möglich, das System für unterschiedliche Aufgaben einzusetzen. Durch Austausch von EPROM-Bausteinen (was das ist, erfahren Sie im Laufe des Lehrgangs) ist das NDR-System auf verschiedene Funktionen umrüstbar. Wir setzen voraus, daß Sie die für diesen Lehrgang notwendigen Hardware-Komponenten des NDR-Computers besitzen. Alle Anwendungen und Beschreibungen beziehen sich auf diese Ausbaustufe des Systems.

Im Lehrgang finden Sie aber auch alle erforderlichen Randgebiete behandelt. Wir halten uns nicht an das Schema: „Drücke Taste A, dann Taste X,...“ usw. Sie sollen selbst entscheiden, welche Taste zu drücken ist, warum diese und keine andere. Natürlich werden Sie erst etwa am Ende des 3. Lehrbriefs soweit sein. Am Anfang geben wir Ihnen „Anweisungen“, was zu tun ist, damit Sie möglichst schnell mit Ihrem SPS-System arbeiten können.



Einleitend erhalten Sie noch einige Informationen aus dem Gebiet der **Steuerungstechnik**. Diese betreffen vor allem die **Steuerungsstrukturen**, also den strukturellen Aufbau von elektronischen Steuerungen. Wir betrachten und programmieren **binäre Steuerungen**. Binäre Steuerungssignale haben die beiden Zustände „vorhanden“ oder „nicht vorhanden“. Signale dieser Art können nach Regeln miteinander verknüpft werden, die aus der **Digitaltechnik** stammen. Aufgaben der logischen Verknüpfungen wurden bislang überwiegend mit fest-

verdrahteten Baugruppen gelöst, die mit integrierten Halbleiter-schaltungen und anderen diskreten Bauelementen aufgebaut wurden. Wir werden die Verknüpfungen programmieren. Die zur Programm-entwicklung erforderlichen Grundkenntnisse der Digitaltechnik wer-den wir Ihnen im Laufe des Lehrgangs vermitteln.

Unabhängig von der Lösung – verbindungsprogrammierte Steuerung (Abkürzung: VPS) oder speicherprogrammierte Steuerung (Abkür-zung: SPS) – muß eine Steuerungsaufgabe exakt und verständlich for-muliert werden. Nur dann ist anschließend eine Programmierung oder Schaltungsentwicklung möglich. Die wichtigsten Beschreibungs-methoden lernen Sie kennen und anwenden. Die Umsetzung der gestellten Aufgabe in ein Programm erfolgt in einer Programmier-sprache, die unser NDR-Computer versteht. Natürlich erläutern wir Ihnen auch die Aufgabe und Funktion der verschiedenen Baugruppen des Gesamtsystems, soweit es zum Verständnis des Lehrstoffes not-wendig ist.

Programme werden Sie in ausreichender Zahl vorfinden, einmal in Form von Demonstrationsprogrammen, zum anderen in Form von Übungsprogrammen. Die Programme der Übungsaufgaben müssen Sie selbst aufstellen – dazu geben wir Ihnen Lösungsvorschläge. Lösen Sie bitte jede Aufgabe. Nach dem Durcharbeiten des Lehrgangs haben Sie dann eine sehr gute Grundlage für die Programmierung indu-strieller SPS. Selbstverständlich werden mit industrieller SPS umfang-reichere Programme erstellt. Mit ihren Grundkenntnissen werden Sie sich aber auch dort sehr schnell einarbeiten. Sie können aber auch Ihre NDR-SPS in der Firma oder für Ihr Hobby einsetzen. Sicherlich wird Ihnen das eine oder andere Lehrprogramm Anregungen geben.

Ziel des Lehrgangs ist es, Sie nach der Erarbeitung der Grundlagen mit der Arbeitsweise und der Programmierung der SPS vertraut zu machen. Der Stoff wird ausschließlich praxisorientiert behandelt, theoretische Berechnungs- und Entwurfsmethoden sind den Anwen-dungen angepaßt.

Schwerpunkt des Lehrstoffes ist die Analyse und Synthese von Schaltungen, die Darstellung von Funktionsplänen, die schrittweise Erarbeitung von Programmen, Programmierung von Schaltnetzen, Schaltwerken und einfachen Steuerungsabläufen.

Alle Programmierbeispiele sind auf den NDR-Computer als SPS bezogen. Er enthält den für den Lehrgang notwendigen Befehlsvorrat. Der Einstieg in die Programmierung der SPS erfolgt deshalb besonders leicht und anschaulich. Alle im Lehrgang entwickelten Programme sind auf einer kommerziellen SPS-Anlage lauffähig. Der Lehrgang ist nicht nur für **Elektroniker oder Steuerungstechniker** geschrieben. Er wendet sich an alle **Fachleute**, die sich mit der elektronischen Steuerungstechnik und speziell mit den speicherprogrammierten Steuerungen beschäftigen müssen, z.B. Elektriker, Elektroniker, Elektromeister, Betriebstechniker, Betriebsingenieure, Arbeitsvor-bereiter oder Fertigungsplaner.

Obwohl es auf dem Gebiet der speicherprogrammierten Steuerungen eine Vielzahl von Systemen und Programmiersprachen gibt, lassen sich die im Lehrgang erworbenen Kenntnisse leicht auf die Steue-rungsgeräte anderer Hersteller beziehen.

Der Lehrgang besteht aus vier Lehrbriefen, einer Tonbandkassette zur Lehrgangseinführung, einem Sammelordner mit Register und, falls noch nicht vorhanden, der erforderlichen Hardware, also dem NDR-Computer in der Ausbaustufe als SPS.

Der erste Lehrbrief liegt nun vor Ihnen. Sicher haben Sie ihn schon, wenn auch flüchtig, durchgeblättert. Über seine „innere Gliederung“ wollen wir Ihnen einige Hinweise geben. Sicher ist Ihnen schon aufgefallen, daß jede Seite zwei Seitenzahlen trägt. Am oberen Rand steht z. B.: 1/14, das bedeutet Lehrbrief 1, Seite 14. Außen am Rand einer Seite steht eine schwarze **Griffmarke**, z. B.: A12. Der Großbuchstabe bezeichnet ein Fachgebiet, die Zahl gibt die Seitenzahl innerhalb dieses Fachgebiets an.

Die Abbildungen, Tabellen, Formeln, Beispiele, Aufgaben und Bilder sind immer nach der Seite bezeichnet, auf der sie stehen, also z. B.: „Bild B 3.1“. Ein zweites Bild auf der Seite B 3 trägt die Bezeichnung „Bild B 3.2“. Aufgabe C18.1 ist z. B. die erste Aufgabe auf Seite 18 des Fachgebiets C.

Später, wenn Sie die Lehrbriefe als **Nachschlagewerk** benutzen wollen, sollten Sie die Blätter ohne Rücksicht auf die oben stehende Seitenzahl nach Fachgebieten in einem Ordner ablegen. Die Blätter lassen sich wie bei einem Briefblock aus dem Lehrbrief abtrennen. Der gesamte Lehrstoff, den Sie am Ende des Lehrgangs vorliegen haben, umfaßt folgende Fachgebiete:

- A Elektronische Steuerungstechnik
- B Grundlagen der Digitaltechnik
- C Methoden zur Beschreibung von Steuerungsaufgaben
- D NDR-Computer als SPS
- E Programmierung
- F Aufgabenlösungen und Prüfungsaufgaben
- G Tafeln

Unter der Griffmarke F finden Sie die Lösungsvorschläge der Übungsaufgaben. Wichtige Informationen, wie z. B. die Zusammenstellung der Anweisungen und der Kommandos, finden Sie als Arbeitstafeln unter der Griffmarke G.

Wie wird mit dem Lehrgang erfolgreich gearbeitet?

Aufgrund unserer langjährigen Erfahrungen auf dem Gebiet der Erwachsenenbildung verbürgen wir uns dafür, daß die Ziele dieses Lehrgangs für Sie erreichbar sind. Nur eines können wir nicht: Ihnen das konsequente Durcharbeiten des Lehrstoffes ersparen.

Den optimalen Nutzen haben Sie nur, wenn Sie den Lehrstoff restlos verstehen und selbstständig wieder reproduzieren und anwenden können. Damit Sie dieses ohne übermäßige Anstrengung erreichen, sollten Sie die folgenden Hinweise zum Arbeiten mit dem Lehrgang beachten.

Gehen Sie ausgeruht und entspannt ans Werk.

Ein überanstrengter Geist kann nichts Anspruchsvolles mehr leisten. Im Gegenteil: Durch weitere Anstrengung wird er noch mehr überlastet und kann dann die normalen Tagesaufgaben ebenfalls nur noch durch Mobilisierung weiterer Kräfte erfüllen, was zur noch größeren Belastung führt... Ein Teufelskreis!

Falls Sie sich gerade in diesem Kreis befinden, legen Sie den Lehrgang erst einmal zur Seite. Nehmen Sie ein Blatt Papier und stellen Sie eine sogenannte **Prioritätenliste** auf, geordnet nach Wichtigkeit Ihrer Vorhaben.

Schreiben Sie jeweils den geschätzten Zeitaufwand dazu. Für den Lehrgang „SPS-Programmierung mit dem NDR-Computer“ setzen Sie ca. 200 Stunden ein. Das entspricht etwa 1 bis 2 Monaten bei ganztägigem Arbeitseinsatz oder 4 Monaten, wenn Sie täglich nur etwa 2 Stunden oder die Wochenenden opfern können.

Richten Sie sich einen ungestörten Arbeitsplatz ein.

Richten Sie sich einen Arbeitsplatz her, an dem Sie sich ganz auf Ihr Vorhaben konzentrieren können und an dem Sie sich wohlfühlen. Sehr von Vorteil ist ein Arbeitsplatz, an dem Sie Ihre SPS-Anlage auch ohne Aufsicht stehen lassen können. Das ist bei größeren Familien nicht immer ganz einfach! Wenn Sie (unter anderem) Familienvater sind, können Sie z. B. die ruhigen Stunden am Samstag- und Sonntagmorgen nutzen, solange sich die anderen Familienmitglieder noch nicht so recht aktiviert haben. In diesem Fall gibt es gute Gründe, die Zubereitung des Wochenendfrühstücks auf andere Familienmitglieder zu delegieren!

Übergehen Sie keinen unverstandenen Punkt.

Vorkenntnisse in Mikroelektronik und Digitaltechnik werden nicht vorausgesetzt. Schwerpunkt wird die Programmierung mit dem „NDR-Computer“ sein.

Wenn sich aber beim fortschreitenden Bearbeiten des Lehrstoffes doch einmal ein unbehagliches Gefühl des Nicht-verstehen-könnens oder eine ansteigende Verwirrung einstellt, gehen Sie im Text zurück bis an die Stelle, an der noch alles klar war. Arbeiten Sie sich ein zweites mal langsam vor, bis der berühmte Groschen fällt.

Falls dann immer noch ein Punkt unklar bleibt, notieren Sie ihn mit der Angabe der „Fundstelle“ (Seite, Absatz, Zeile, Stichwort) auf einem besonderen Blatt mit der Aufschrift „Klären!!“. Sammeln Sie solche Blätter und gehen Sie die Notizen im Laufe des Lehrgangs öfter durch, wobei die Punkte gestrichen werden, die inzwischen klar geworden sind. Wenn trotz allem noch Fragen offen bleiben, dann wenden Sie sich an uns. Wir betreuen Sie während des Fernstudiums und helfen Ihnen nach Möglichkeit weiter.

Und nun wünschen wir Ihnen viel Spaß beim Durcharbeiten des Lehrgangs „SPS-Programmierung mit dem NDR-Computer“.

2



SPS-Programmierung mit dem NDR-Computer

2

Verfasser: Prof. Dipl.-Ing. Heinz Mann Herausgeber: R. Christiani

Inhaltsverzeichnis

Seite

A

Elektronische Steuerungstechnik

Programmierung der speicherprogrammierbaren Steuerungen	9
Programmdarstellung	10
Programm als Kontaktplan	11
Programm als mathematische Funktion	11
Programm als Anweisungsliste	12
Programm als Funktionsplan	12

B

Grundlagen der Digitaltechnik

Analyse und Synthese logischer Schaltnetze	1
Analyse logischer Schaltnetze	1
Grundgesetze der Schaltalgebra	25
Postulate der Schaltalgebra	25
Theoreme der Schaltalgebra	25
Theoreme der UND-Verknüpfung	26
Theoreme der ODER-Verknüpfung	27
Synthese logischer Schaltnetze	28
Entwurf eines Programms nach verbaler Aufgabenstellung	28
Anwendung der Schaltalgebra zur Minimierung von Schaltfunktionen	32
Auflösung von Klammern	32
Vereinfachung von Schaltfunktionen	34
Vereinfachung von Schaltfunktionen durch Ausklammern	36
Speicherglieder	51
Kippschaltungen	52
Astabile Kippschaltung	52
Monostabile Kippschaltung	53
Bistabile Kippschaltung	53
Statisches RS-Speicherglied	54
Statische und dynamische RS-Speicherglieder mit Taktsteuerung	59
RS-Master-Slave-FF	61



D	NDR-Computer als SPS	
	Programmierverfahren für den NDR-Computer als SPS	15
	Speicherfunktionen	63
	Selbsthaltetochaltung als Speicherfunktion	64
	RS-Speicherfunktion	66
	RS-Speicherfunktion mit Setz- oder Rücksetzdominanz	66
	RS-Speicherfunktion mit Rücksetzdominanz	68
	Merker mit speicherndem Verhalten	71
E	Programmierung	
	Programmierung einfacher Schaltnetze	17
	UND- vor ODER-Verknüpfung	18
	ODER- vor UND-Verknüpfung	20
	Überwachungsschaltung	22
	Programmierung von Schaltnetzen	41
	Programmierung einfacher Schaltwerke	73
F	Aufgabenlösungen und Prüfungsaufgaben	
	Lösungen der im Text gestellten Aufgaben	83
	Prüfungsaufgaben	93
G	Tafeln	99

3



SPS-Programmierung mit dem NDR-Computer

3

Verfasser: Prof. Dipl.-Ing. Heinz Mann · Herausgeber: R. Christiani

Inhaltsverzeichnis

	Seite
B Grundlagen der Digitaltechnik	
Theoreme von de Morgan	57
Erstes de Morgansches Theorem	57
Kontaktplan der NAND-Verknüpfung	58
Zweites de Morgansches Theorem	59
Kontaktplan der NOR-Verknüpfung	59
Funktionsplan der NOR-Verknüpfung	60
Analyse und Programmierung von Schaltnetzen mit NAND- und NOR-Verknüpfungen	61
Analyse eines Schaltnetzes mit NOR-Verknüpfungen	61
Programmierung einer Vergleicherschaltung	63
Schaltungsumformung mit Hilfe der de Morganschen Theoreme	64
Programmierung von Schaltnetzen: Halbaddierer	66
Schwellenwertschaltung	67
Elektronische Schalter: Informationsweiche	68
Drehschalter	70
Zahlensysteme	79
Dualsystem	79
Arithmetik im Dualsystem	80
Regeln für die Addition von Dualzahlen	80
Halbaddierer	82
Volladdierer	83
Regeln für die Subtraktion von Dualzahlen	84
Halbsubtrahierer	85
Vollsubtrahierer	86
C Methoden zur Beschreibung von Steuerungsaufgaben	
Verbale Beschreibung	1
Steuerung einer Bunkertür	1
Technologieschema	3
Stromlaufplan	4
Kontaktplan	5
Schaltfunktion	5
Programmablaufplan	5
Programmablaufplan der Türsteuerung	7
Programmablaufplan einer Füllstandssteuerung	9
Funktionsplan	21



D**NDR-Computer als SPS**

Verzögerungsfunktion	11
Kontaktplan und Programm einer Zeitfunktion	12
Zeitfunktion der SPS des NDR-Computers	12
Taktgenerator mit zwei Zeitfunktionen	17

E**Programmierung**

Anwendung des Funktionsplans als Hilfsmittel zur Programmerstellung	33
Anwendung von Zeitfunktionen	33
Programmierung:	
Monostabile Kippschaltung	33
Ausschaltverzögerung	35
Programme allgemeiner Steuer- und Über- wachungsschaltungen	35
Programm zur Anzeige des Schaltzustands von zwei Lüftern	35
Programmierung:	
Auswahlschaltung	40
Zwei-Bit-Komparator	40
Steuerung eines chemischen Reaktors	42
Programmierung einfacher Schaltwerke	47
Programm zur Verriegelung von drei Speicherfunktionen,	
Auswahlschaltung 1 aus 3	47
Programm zur Verriegelung von drei Speicherfunktionen,	
Auswahlschaltung 2 aus 3	49
Automatische Steuerung des Füllvorgangs eines Flüssigkeitsbehälters mit einem Magnetventil	49
Automatische Steuerung des Füllvorgangs eines Flüssigkeitsbehälters mit einer Pumpe	53
Programmierung von Sonderfunktionen	73
Binäruntersetzer	73
Programmierung eines Taktgenerators mit anschließendem Binäruntersetzer	75
Flankenauswertung	75
Flankenmerker zur Auswertung einer steigenden Flanke	76
D-Speicherfunktion	76

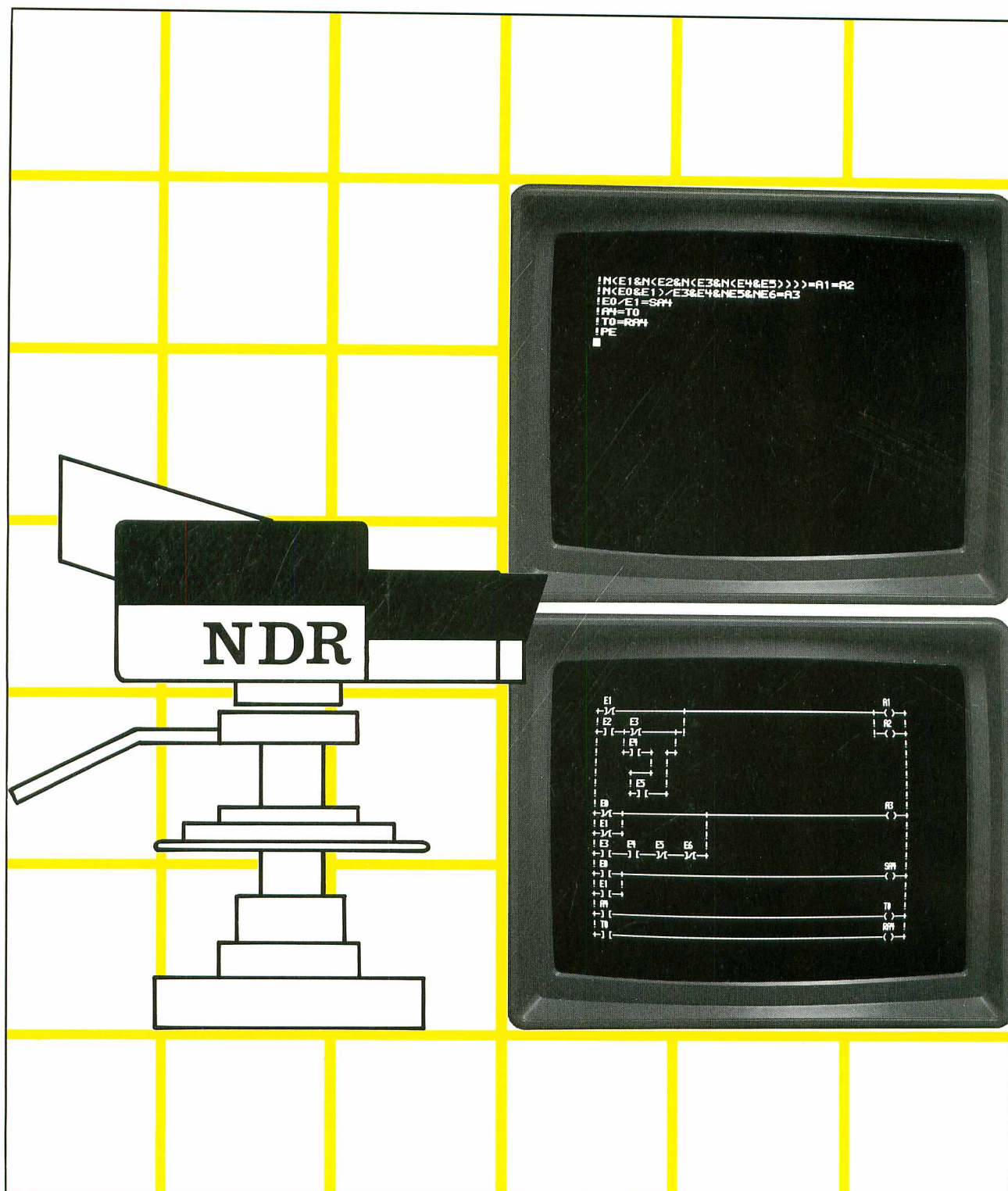
F**Aufgabenlösungen und Prüfungsaufgaben**

Lösungen der im Text gestellten Aufgaben	87
Prüfungsaufgaben	105

G**Tafeln 111**

Mikroelektronik SPS-Programmierung mit dem NDR-Computer

4



Christiani

SPS-Programmierung mit dem NDR-Computer

4

Verfasser: Prof. Dipl.-Ing. Heinz Mann · Herausgeber: R. Christiani

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A Elektronische Steuerungstechnik	
Ablaufsteuerung	23
Vereinfachter FUP für die Ablaufsteuerung	28
Zeitabhängige Ablaufsteuerung	31
Ablaufsteuerung mit Betriebsartenteil und Ablaufkette mit Makrobefehlen	63
B Grundlagen der Digitaltechnik	
Codierung	1
Binärcodes für Dezimalzahlen	2
Additive Codes	2
Minimalcodes und Maximalcodes	3
Einschrittige Codes	3
Fehlererkennungs-Codes	3
Alphanumerische Codes	4
Codeumsetzer	4
Codierer zur Umsetzung der Dezimalziffern in den Exzeß-3-Code	6
Umcodierer	7
Pseudotetradenkontrolle	10
Programm zur Fehlererkennung im Minimal- code mittels Parity-Check	13
Decoder	15
Zählfunktionen	35
Zählschaltungen	37
Asynchroner Vorwärtzähler für den Dualcode	37
Synchrone Vorwärtzähldekade für den BCD-Code	39
C Methoden zur Beschreibung von Steuerungsaufgaben	
Funktionsplan mit Makrosymbolen	59
Makrosymbol des NS-Befehls	61
Makrosymbol des S-Befehls	61



D**NDR-Computer als SPS**

Externe Speicherverfahren	19
Kassettenaufzeichnung	19
Kassetteninterface CAS	21

E**Programmierung**

Programmierung von Zählfunktionen	43
Dualzähler	43
Steuerung einer Ampelanlage	46
Dualzähler mit Flankenwertung	54
Rücksetzen des 4-Bit-Dualzählers auf den Anfangswert	56
Zähldekade im BCD-Code, BCD-Korrektur	56
Programmier-Praxis	71
Transportbandsteuerung als Verknüpfungs- steuerung	71
Erweiterung der Anweisungen für Zeitfunktionen	74
Programme mit Zeitfunktionen	
Signalfolge	74
Lauflicht	75

F**Aufgabenlösungen und Prüfungsaufgaben**

Lösungen der im Text gestellten Aufgaben	77
Prüfungsaufgaben	88

G

Tafeln	96
------------------	----