

RECHNERGESTÜTZTES ENTWERFEN

VON DIGITALSTEUERUNGEN

Professor Dr.-Ing. Hans Martin Lipp

7500 Karlsruhe 1

Institut für Nachrichtenverarbeitung,

Universität Karlsruhe

25.7.1980

Einleitung

Elektronische Baugruppen für Steuerungen ersetzen nicht nur mechanische und elektromechanische Lösungen, sondern sie bieten darüberhinaus noch Möglichkeiten für zusätzliche Merkmale und Funktionen. Die Komplexität solcher Baugruppen nimmt daher rasch zu und stellt an die Entwickler erhöhte Anforderungen. Zwar existieren am Markt modulare Steuerungsfamilien, die sich an verschiedene Aufgaben anpassen lassen; daneben beanspruchen Mikrorechner zunehmend für sich, allein durch Programmierung für jede Steuerungsaufgabe geeignet zu sein. Die praktische Erfahrung zeigt jedoch, daß eine erhebliche Anzahl von Steuerungsproblemen nicht mit diesen Alternativen allein gelöst werden kann. Zugeschnittene Lösungen sind daher nach wie vor notwendig. Für Anwender ohne große Erfahrung in der Digitaltechnik macht es jedoch die Vielzahl angebotener Bausteine und deren Komplexität sowie eine große Zahl von Lösungsstrukturen außerordentlich schwierig, die für ihre Probleme optimale Lösung herauszufinden. Der Einsatz geeigneter Entwurfshilfsprogramme ist für diesen Anwenderkreis auf die Dauer unumgänglich; sie werden aber auch für erfahrene Entwickler zunehmend wichtiger werden, da zukünftig höhere Anforderungen an Entwurfsqualität und Entwicklungszeit zu befriedigen sind. Rechnergestützte Entwurfsverfahren müssen daher sowohl anwendernah geplant als auch sehr leistungsfähig sein und sollten vorzugsweise auf kleinen oder mittleren Rechenanlagen arbeitsplatznah zur Verfügung stehen.

Entwurfstechniken

Der heute immer noch vorherrschende Entwurfsstil bei Digitalerschaltungen führt meist zu Lösungen, bei denen Eigenschaften vorhandener Bausteine geradezu artistisch ausgenutzt werden, um zu "optimalen" Ergebnissen zu kommen. Optimalität besteht dabei im Erreichen der kleinstmöglichen Zahl von Bauelementen. Der Schaltungsaufwand ist somit minimal (was bei der früher gültigen Kostensituation wohl sinnvoll war), aber dieses Merkmal wird mit schwerwiegenden Nachteilen erkauft. Häufig liegt die exakte Funktionsbeschreibung nur in Form der Schaltung vor, zum anderen entstehen starke Bauelementtyp- und Herstellerabhängigkeiten sowie Probleme beim Zeitverhalten und der Zuverlässigkeit, da das Testen solcher Schaltungen wie auch eine Selbstdiagnose sehr erschwert sind.

Bei dem heute abzusehenden Einsatz von Digitalerschaltungen in nahezu allen, auch sicherheitstechnisch anspruchsvollen Bereichen kann dieser

Entwurfstil nach Ansicht des Autors nicht unverändert beibehalten oder übernommen werden. Vielfach stellt eine Digitalerschaltung - insbesondere solche für Steuerungsaufgaben - nur einen kleinen Bruchteil von Gesamtentwicklungsaufwand und Kosten eines ganzen Gerätes oder Systems dar. Klein- und Mittelbetriebe verfügen außerdem meist nicht über erfahrene Digitalentwickler und können diese auch nicht immer heranbilden. Damit stellt sich die Aufgabe, wie für diesen Anwenderkreis Digitalentwurf als Routinearbeit neben anderem bewältigt werden kann. Sicher läßt sich dieses Ziel nur erreichen, wenn man die hochspezialisierten Entwürfe vermeidet und für die Hardware nur wenige Grundstrukturen zuläßt, welche für ein breites Aufgabenspektrum geeignet sind. Der Mikrorechner (insbesondere der Einchiprechner) ist das allgemein bekannte Beispiel für einen solchen Ansatz, bei dem die Hardware weitgehend festgelegt ist und vom Anwender nicht mehr beeinflußt werden kann. Die Probleme verschieben sich hier jedoch in die Software, da beim derzeitigen Stand der Technik Entwicklungssysteme im wesentlichen nur Programmierstellungshilfen, aber keine aufgabenspezifisch optimierte Lösungsgeneratoren enthalten.

Zielsetzung

Die folgenden Betrachtungen werden sich auf den Entwurf digitaler Steuerungen beziehen, da sich dieses Gebiet besonders gut für das Erarbeiten neuer Entwurfsstrategien eignet. - Zugeschnittene Digitalsteuerungen werden immer dann notwendig, wenn modulare programmierbare Steuerungen oder Mikrorechner nicht einsetzbar sind. Gründe hierfür können sein:

- + die Aufgabe ist relativ einfach,
- + bestimmte Realzeitforderungen werden nicht erfüllt,
- + Begrenzungen beim Einbauvolumen,
- + spezielle Anforderungen an die Schaltungstechnologie,
- + Forderungen nach speziellen Funktionen,
- + sicherheitstechnische Aspekte (Funktionsnachweise),
- + besondere Lösungen im Schnittstellenbereich, usw.

Besondere Bedeutung werden zugeschnittene Steuerungen bei der Anpassung und Koordinierung schneller, zueinander asynchroner Funktionseinheiten erhalten. Häufig lassen sich Realzeitanforderungen nur in der Zuordnung von Teilaufgaben auf (parallele) Teilsteuerwerke erfüllen, was eine entsprechende Steuerung notwendig macht.

Einleitung

Zeil einer rechnergestützten Entwurfsmethode (CAD) muß es daher sein, aus einer geeigneten Funktionsbeschreibung heraus die zugeschnittene Lösung konstruktiv mit Hilfe von Entwurfsverfahren zu erzeugen und damit durch eine andere Methode als dem der Simulation die korrekte Funktion der Hardware sicherzustellen. Der Entwickler übernimmt bei diesem Konzept die nicht zu vermeidende Erstellung der Funktionsbeschreibung, die Auswahl der geeigneten CAD-Strukturen und den Aufruf der entsprechenden Entwurfsprogramme. Die Vorgabe bestimmter technologischer wie technischer Randbedingung engt dabei den Spielraum für die automatische Erzeugung der Lösung entsprechend ein.

Ein wesentliches Merkmal von CAD-Systemen muß sein, daß die Dokumentation des Entwurfsablaufes vollständig und automatisiert erzeugt wird. Damit steht im Gegensatz zu heutigen Gepflogenheiten beim Digitalentwurf eine Reihe von Daten zur Verfügung, welche Nachvollziehbarkeit durch andere Entwickler, Änderungsdienste, Testmustererstellung usw. nachhaltig positiv beeinflussen.

Die exakte Formulierung einer Steuerungsaufgabe vor Beginn der Implementierungsphase von Hard- oder Software, sichert zu einem frühen Zeitpunkt der Entwicklung das Erfassen aller wesentlichen Abläufe in realisierungsunabhängiger Weise. Dies sichert erfahrungsgemäß eine hohe Entwurfsqualität und eine ausreichende Unabhängigkeit sowohl der Beschreibung als auch der Lösung von speziellen Produkten. Nachträgliche Änderungen im Bauelementebereich wirken sich daher nicht auf die Funktionsbeschreibung aus. Dadurch werden viele Fehler vermieden, welche sonst aufwendige Simulationen oder Erprobungsarbeiten an Prototypen notwendig machen.

Viele Entwickler halten diese Konzeption für nicht realisierbar; sie glauben, daß häufig die exakte Funktionsbeschreibung vor Beginn der Hard- oder Softwareentwicklung überhaupt nicht festgelegt werden kann, da diese ein Ergebnis der dynamischen Projektdefinition und daher zu Beginn nicht fixiert sei. Die Analyse von Entwicklungen aus der Praxis hat aber gezeigt, daß diese Argumentation in vielen Fällen nicht stichhaltig ist. Es ist vielmehr so, daß die bisherige Realisierungstechnik dieses Nichtfestlegen geradezu gefördert hat, da nachträgliche Anforderungen relativ einfach "angeflickt" werden konnten, ein Zwang zur vorherigen Funktionsfestlegung also gar nicht bestand.

Die Festlegung auf bestimmte Hardwarestrukturen führt meist dazu, daß der reine Schaltungsaufwand der CAD-Lösung etwas über dem von Handlösungen liegt. Zunächst mag dies als ein Nachteil erscheinen, jedoch wiegen Aspekte wie Regularität, Testbarkeit, höhere Funktionssicherheit dies bei weitem auf. Sind jedoch im CAD-System leistungsfähige Optimierungsverfahren enthalten, so spricht auch der benötigte Aufwand für den CAD-Einsatz. Vorstellungsvermögen und Verfahrenkenntnis der Entwickler sind begrenzt; bei komplexen Aufgabenstellungen führt dies zu Lösungen durch den Entwickler, welche deutlich mehr Aufwand benötigen als die des CAD-Systems.

Bild 1 zeigt schematisch die wesentlichen Gesichtspunkte, welche mit dem vorgestellten CAD-Entwurf verknüpft sind. Die Überlegenheit gegenüber dem klassischen Entwurfskonzept ist offenkundig.

Beispiel eines CAD-Systems

Am Institut für Nachrichtenverarbeitung der Universität Karlsruhe wurde in den vergangenen Jahren das CAD-System LOGE für den rechnergestützten Entwurf von Digitalsteuerungen entwickelt und weitgehend implementiert. Es steht zunächst auf Groß- und Minirechnern zur Verfügung; derzeit laufende Arbeiten sollen auch besser ausgestattete Mikrorechnersysteme als Trägerrechner ermöglichen. Bild 2 gibt einen knappen Überblick über Konzeption und Leistungsumfang von LOGE für die gewählten Hauptklassen von Hardwarestrukturen. Im Rahmen von gemeinsamen Projekten mit der Industrie sowie in Pilotanwendungen hat LOGE die Annahme bestätigt, daß der damit unterstützte Entwurfsstil dem klassischen in jeder Hinsicht überlegen ist. Bei einigen Einsatzfällen ermöglichte LOGE überhaupt erst das Auffinden von Lösungen, welche die gegebenen technologischen Randbedingungen einhielten. Die Fehlerfreiheit der CAD-Entwürfe ist extrem gut.

Anmerkung:

Die Arbeiten an LOGE werden vom Ministerium für Forschung und Technologie unter der Projektträgerschaft des Kernforschungszentrums Karlsruhe gefördert.

Der Bundesminister für Forschung und Technologie übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter.

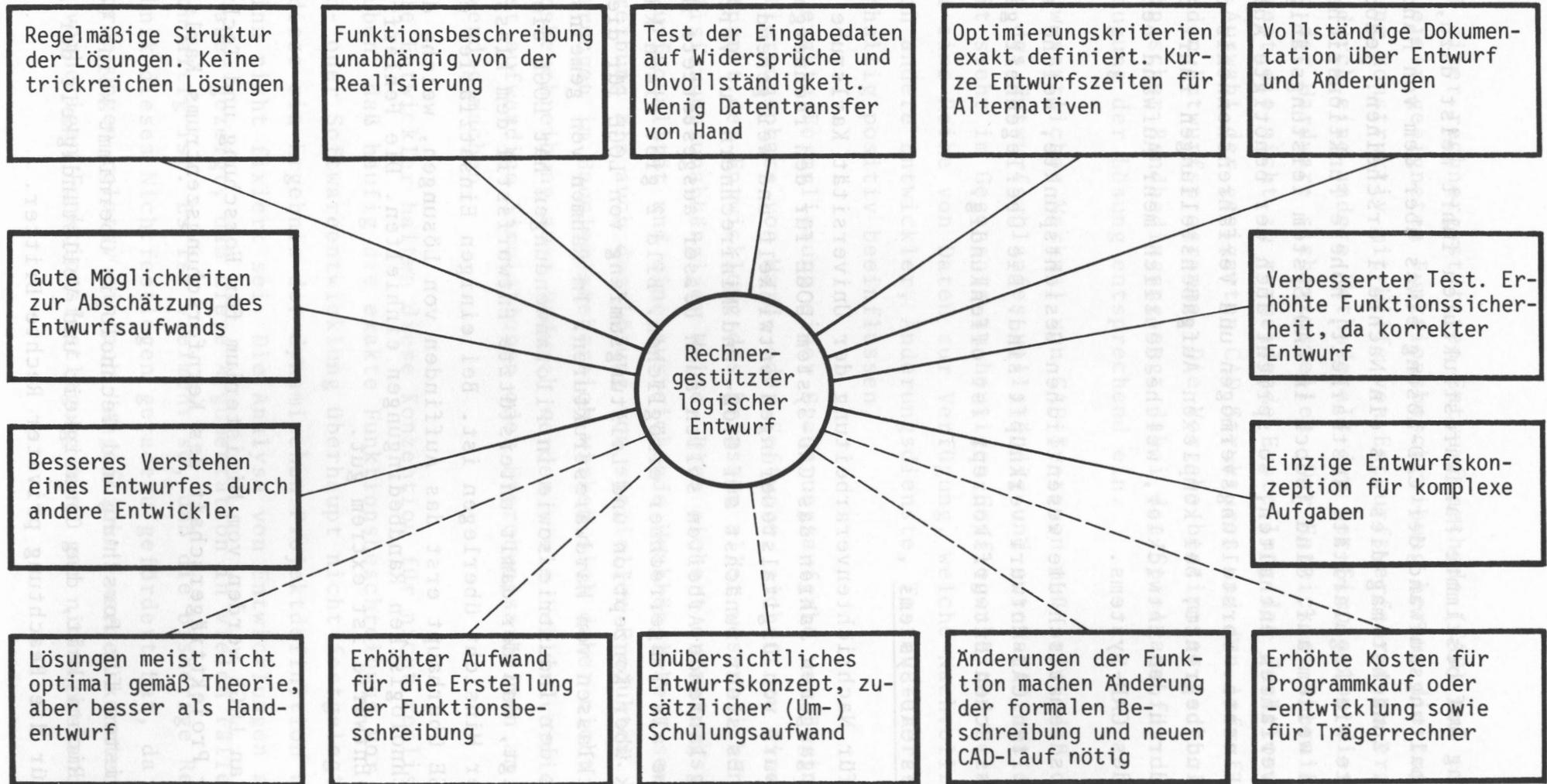


Bild 1: Merkmale des rechnergestützten Entwurfs

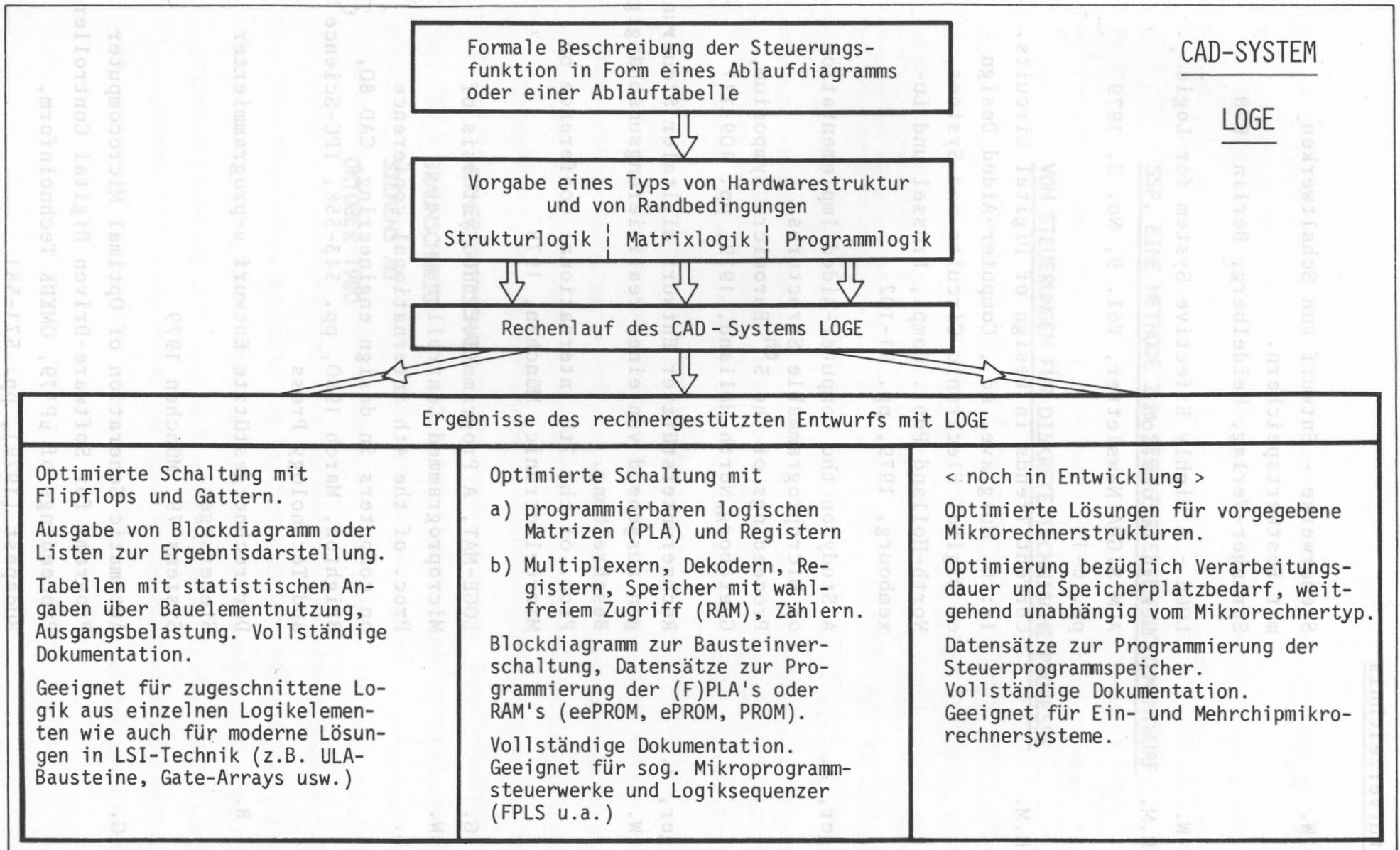


Bild 2: Leistungsumfang von CAD-System LOGE

Literaturverzeichnis

- Grass, W. Steuerwerke - Entwurf von Schaltwerken mit Festwertspeichern. Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin 1978
- Grass, W. LOGE - A Highly Effective System for Logic Design Automation. ACM SIGDA Newsletter, Vol. 9, No. 2, 1979 pp. 6-13
- Lipp, H.M.
- Lipp, H.M. Current Trends in Design of Digital Circuits. In: G. Musgrave, ed., Computer-Aided Design of Digital Electronic Circuits and Systems, North-Holland Publ. Comp., Brüssel und Luxemburg, 1979, pp. 91-102
- Ditzinger, A. A Study on the Computer-Aided Implementation of Microprogrammable Structures. Proceedings of the 5th Euromicro Symposium, Goeteborg, North-Holland, 1979, pp. 109-117
- Ditzinger, A. Rechnerunterstützter Entwurf digitaler Steuerungen ausgehend von einer realisierungsunabhängigen Beschreibung. Proc. of the 7th International Conference on Microelectronic, München, 1978
- Grass, W.
- Biehl, G. LOGE-MAT, A Programm for the Synthesis of Microprogrammed Controllers. Proc. of the 4th international conference on computers in design engineering, CAD 80, Brighton, March 1980, pp. 543-558, IPC-Science and Technology Press
- Hall, S.
- Thelen, B. Der rechnergestützte Entwurf μ -programmierter Steuerungen. Systems 79, München 1979
- Biehl, G. Automatic Generation of Optimal Microcomputer Programs for Software-Driven Digital Controllers. Proceedings of μ P'79, OMKDK Technoinform, Budapest (1979), pp. 571-581