

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 69 (1978)

Heft: 16

Artikel: Der Computer als Werkzeug der Elektronik

Autor: Bächler, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-914925>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 04.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Der Computer als Werkzeug der Elektronik

Der folgende Bericht bezieht sich auf die SEV-Informationstagung «der Computer als Werkzeug der Elektronik» vom 23. Mai 1978 in Bern. Die ausführlichen Referate sind beim SEV, Abt. VVW, zum Preis von Fr. 40.- (+ Versandspesen) erhältlich.

Zwei grundsätzlich verschiedene Standpunkte wurden anlässlich der Informationstagung «der Computer als Werkzeug der Elektronik» vertreten, derjenige des Software/Hardware-Produzenten (Entwickler und Verkäufer) und jener des Anwenders und Verbrauchers von Computerleistung. In der nachfolgenden Zusammenfassung der Vorträge werden zuerst die Referate von «Werkzeug-Lieferanten», die den Stand der Technik aus ihrer Sicht beleuchten, wiedergegeben. Danach gelangt ein Software-Entwickler mit einer wissenschaftlichen Anwendung des Computers zum Worte. Drei weitere Beispiele illustrieren anschliessend Möglichkeiten des praktischen Einsatzes von Computern in der Industrie.

1. Computergestützte Schaltungsanalyse: Verfügbare Sprachen und Methoden ¹⁾

J.S. Vogel, IBM-Schweiz, Zürich

Das hauptsächlichliche Software-Angebot für die computergestützte Arbeitsweise in der modernen Elektrotechnik umfasst Netzwerk-analysenprogramme und wird im folgenden kurz illustriert.

Anforderungen an Analysenprogramme: Eine benutzerfreundliche Sprache ist selbsterklärend und lässt Programme schnell interpretieren. Modelle der gebräuchlichsten aktiven Bauelemente (Transistoren, Opamp) müssen abgespeichert oder synthetisierbar sein. Resultate sollen umfassend oder selektiv, insbesondere aber graphisch dargestellt werden können. Schaltungsparameter will man auf einfache Weise ändern, um ihren Einfluss auf die Schaltung zu bestimmen (Toleranzen, Sensitivitäten). Nebst DC- und AC-Analysen sind auch nichtlineare und transiente erwünscht.

Die in der Schweiz allgemein zugänglichen *Mehrzweckprogramme* werden in Tab. I verglichen.

Numerische Methoden: Die Formulierung von Netzwerkgleichungen mit Hilfe von Graphen und den dazugehörigen topologischen Matrizen sind den jungen Ingenieuren heute geläufig, ebenso die etwas direktere Methode mit Hilfe der Knotenadmittanzmatrix. Für die Auflösung des linearen Gleichungssystems wird heutzutage der L-U-Dekomposition und der Bi-Faktorisierung der Vorzug gegeben, weil diese Methoden gegenüber der Matrix-Inversion und der traditionellen Gaußschen Elimination bei grosser Knotenzahl weit weniger Rechenaufwand benötigen. Zur Behandlung von häufig vorkommenden nichtlinearen Gleichungssystemen verwendet man vorwiegend das *Newton-Raphson*-Verfahren. Neue Integrationsverfahren basieren mehrheitlich auf Arbeiten von Gear und benutzen Polynom-Approximationen.

2. Unterstützung von Entwicklung und Prüfung digitaler Baugruppen durch Netzwerk-Simulation mit CAPS

M. Müller, GenRad, Zürich

Caps (Computer Aided Programming Software) ist ein Software-Paket, welches die Simulation von komplexen logischen Schaltungen auf einem Prozessrechner gestattet. Ausgehend von einer einfachen, benutzerfreundlichen Netzwerkbeschreibung (die Daten vieler IC sind abgespeichert) wird im Zusammenhang mit einem vorgegebenen Muster von Eingangssignalen eine Zustandstabelle (zeitabhängig) erstellt. Diese Tabelle dient einerseits zur Beurteilung des Schaltungsentwurfs, bevor Prototypen existieren und kann später zur Prüfung und automatischen Fehlersuche bei produzierten Baugruppen eingesetzt werden.

Ausser der Funktion einer fehlerfreien Schaltung kann der Caps-Simulator auch fehlerbehaftete Schaltungen analysieren. Durch Fehlersimulation ist es möglich, eine Prozentaussage über entdeckbare Fehler zu machen und eine objektive Qualitätsangabe über das Prüfprogramm zu vermitteln. Das Prüfprogramm kann somit einem geforderten Qualitätsstandard angepasst werden.

Von grosser Bedeutung ist die Unterstützung, welche Caps bei der Diagnose von fehlerhaften Prints gewährt. Durch entsprechende

Anweisungen des Rechners an das Prüfpersonal gelangt das System nach ausgeführten Zusatzmessungen zu einer präzisen Fehlerdiagnose. Die Prüfung komplizierter Baugruppen kann auf diese Weise von angelerntem Personal durchgeführt werden.

Caps ist somit ein Werkzeug, welches in den verschiedensten Bereichen (Entwicklung, Produktion, Prüfung) zur Herstellung von komplexen elektronischen Schaltungen eingesetzt werden kann.

3. Calcul des tolérances et centrage des filtres LC passifs

J.P. Moinat, EPFL

Am Beispiel von LC-Ladder-Filtern wird gezeigt, wie mit Hilfe einer speziellen Entwurf-Methode die Toleranzen der einzelnen Elemente verglichen mit dem klassischen Entwurf («Equal Ripple» im Sperr/Durchlassbereich) erhöht werden können. Es wird auf ein berechnetes «Design Center» und nicht auf die Nominalwerte abgeglichen. Dazu ist das Toleranzfeld eines Filters, bestehend aus n Elementen, durch einen n -dimensionalen Bereich E zu beschreiben. Im Ursprung des Bereiches befindet sich der Nominalwert jedes Elementes, auf jeder der n Achsen durch den Ursprung ist der Toleranzbereich des entsprechenden Elementes abgemessen. Innerhalb des Bereiches E kann dann ein Unterbereich definiert werden, welcher alle akzeptablen Lösungen enthält. Es ist nun möglich, alle Toleranzen in rechtwinklige Komponenten zu zerlegen, so dass der gesamte akzeptierbare Bereich durch ein n -dimensionales Parallelepiped dargestellt wird, welches innerhalb des definierten Unterbereiches liegt und mindestens einen Eckpunkt auf dessen Hülle hat. Die Zentrierung besteht anschliessend darin, die Werte der Elemente so zu variieren, dass das grösstmögliche Parallelepiped entsteht und damit die Toleranzen maximal werden.

In der Schweiz zugängliche Mehrzweckprogramme

Tabelle I

Merkmale	ASTAP	CORNAP	LISA	SIMELEC	SCEPTRE	SPICE 2
Topologische Limiten						
Knoten	n		50	1050	300	n
Zweige	n	70	125	1000	300	n
Analysenarten						
DC	x		x	x	x	x
AC	x	x	x	x	(x)	x
Transient	x	x	x	x	x	x
Sensitivität			x	x	(x)	x
Monte Carlo	x			x	x	
Temperatur						x
Ausfall	x					
Worst Case					(x)	
Nichtlinearitäten	x			x	x	x
Halbleitermodelle	x			x		x
Teilschaltungen	x			x		x
Aufruf von Unterprogrammen	x					
Parametermodifikation	x		x	x	x	
Topologische Änderungen			x			
Vierpolparameter	x		x			
N-Port-Parameter			x			
Übertragungsfunktionen		x	x		(x)	x
Pole, Nullstellen		x	x			
Rauschen			x			x
Tabellenbearbeitung	x			x	x	
Fourieranalyse				x		x

n: nur vom verfügbaren Speicherplatz abhängig

(x): nur beim Programm SUPER SCEPTRE vorhanden

Mit diesem «Design Centering» konnte man die Elementtoleranzen im Vergleich mit der klassischen Entwurfsmethode verdoppeln bis verdreifachen. Die Kosten für die Dimensionierung eines Bandpasses 5. Ordnung betragen ca. Fr. 360.-.

4. Praktischer Einsatz des Analyse-Programms CORNAP: Elektronisch kompensierter Stromwandler

R. Hausegger, Landis & Gyr AG, Zug

Der Entwurf eines elektronisch fehlerkompensierten Stromwandlers soll die praktische Anwendung des Analyseprogrammes CORNAP demonstrieren. Cornap beruht auf der Methode der Zustandsvariablen und dient zur Analyse von linearen analogen Schaltungen im Frequenz- und Zeitbereich. Die Einfachheit der Programmierung gab Cornap den Vorzug gegenüber anderen Analysenprogrammen. Die Netzwerktopologie und die Werte der Elemente werden separat eingegeben. Ein beträchtlicher Aufwand wäre nötig, um die gegebene Schaltung analytisch zu berechnen. Der Computer findet eine schnelle Lösung durch Iteration. Ein detaillierter «Output» (Tabellen, Graphik) beschreibt das Übertragungsverhalten des Systems. Die Simulation der Frequenzgänge benötigt 15 s Rechenzeit, die Kosten betragen dabei Fr. 18.-.

5. Rechnergestützter Entwurf von Leiterplatten

K. Stark, Hasler AG, Bern

Die Notwendigkeit, den Entwicklungsaufwand für Leiterplatten zu komplexen elektronischen Systemen in akzeptablen Grenzen zu halten, verlangt heute den Einsatz von CAD-Anlagen (Computer Aided Design). Das beschriebene CAD-System ermöglicht eine weitgehend automatisierte Entwicklung von Leiterplatten, vorab der Photomasken und der Steuerdaten für die Bohrmaschine.

Das PPLS (Printed circuit Pattern Layout System) kann heute für den Entwurf von ein- und zweiseitigen Printplatten verwendet werden. PPLS optimiert, ausgehend von einer eingegebenen, guten Startposition, die Platzierung der IC nach dem Prinzip der minimalen gesamten Leiterlänge. Die Eingabe erfolgt mittels einer problemorientierten Spezialsprache. Im wesentlichen sind Angaben über Plattengeometrie, Komponenten (Art, Platzierung), Anschlußspezifikationen (Stecker) und die Signalliste (Pin-Pin) einzugeben. Der gerechnete Print-Entwurf wird auf einem Printer oder Plotter ausgegeben, dazu eine Liste nicht gefundener Verbindungen. Diese Verbindungen sowie Korrekturen und allfällige Ergänzungen sind danach auf einer graphischen Datenverarbeitungsanlage durchzuführen. Zu diesem Zweck wurde ein spezielles, sog. Mutationsverfahren entwickelt.

Das nachfolgende Beispiel bezieht sich auf folgende Leiterplatte:

Plattengröße	254 × 264 mm (2seitig)
Anzahl IC	63 (84 Plätze)
Benutzte Steckerpunkte	105 (128 Punkte)
Normierte Anordnung des IC-Rasters und der Speisevermaschung	

Resultat

Anzahl Verbindungen total	743
Anzahl fehlende Verbindungen	17
Realisierte Verbindungen in Prozent	97,7 %
Belegungsdichte	72,6 %
Rechenzeit ca.	1 h

Bezüglich der Rechenzeit kann noch ergänzt werden, dass ca. 95 % der Verbindungen bereits in den ersten 10 min realisiert werden. Die Einsparungen mit PPLS betragen bei den Kosten und beim Zeitaufwand je etwa 30 %, verglichen mit dem manuellen Entwurf des obigen Beispiels.

6. Dokumentationserstellung mit EDV-Unterstützung

U. Hänseler, Contraves AG, Zürich

Die Anwendung des Computers im Konstruktionsbüro zur Erstellung der Dokumente von Leiterplatten und von Verdrahtungsunterlagen wurde kurz illustriert.

Die Leiterplatten werden mehrheitlich von Hand, aber auch computerunterstützt (PPLS) entworfen, wobei die grosse Schaltungsdichte das Hauptproblem darstellt. Danach ergibt im Gegensatz zur herkömmlichen Dokumentation (Zeichnung) ein Magnetbandfile das «Original». Diese nun erstellte Dokumentation (Datenerfassung) bildet auch die Grundlage für die Fabrikationsunterlagen, also Ätzvorlagen, Lötstoppmasken, Siebdruckfilme und Bohrvorlagen. Der gesamte Datensatz für eine Leiterplatte ist jederzeit zugänglich und modifizierbar.

Das «Quest»-Computersystem zur Erfassung, Verarbeitung und Ausgabe der graphischen Daten umfasst verschiedene Arbeitsplätze, die mit Prozessrechnern und umfangreicher Peripherie wie Graphicdisplay, Printer und Plotter ausgerüstet sind. Diese Arbeitsplätze sind allen Konstrukteuren/Zeichnern zugänglich und ermöglichen insbesondere auch einen interaktiven Betrieb. Daneben gelangt eine «Coragraph»-Anlage mit zwei hochpräzisen, automatischen Zeichnungstischen zum Einsatz. Für den Bedienungskomfort sorgt eine spezielle Software.

Komplizierte Verdrahtungsunterlagen umfassen Zeichnungen und Listen. Zeichnungen können unter Benützung einer «Makrobibliothek» schnell angefertigt werden. Elektrische Verbindungen sind ab Schema dem Computer einzugeben, welcher darauf die Sortierung übernimmt und fertige Verdrahtungslisten ausdruckt.

H. Bächler, ETHZ