Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe

Band: 48 (1970)

Heft: 11

Artikel: Grundlagen der elektronischen Logikschaltungen. 2. Teil

Autor: Wider, Peter Ferdinand

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-876081

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: 13.07.2025

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

Grundlagen der elektronischen Logikschaltungen (2. Teil*)

Peter Ferdinand WIDER, Zürich

8. Realisierung von logischen Schaltungen

8.1 Relaisschaltungen:

Schaltungen mit Relais bilden in unserer Betrachtung die nullte Generation. Mit ihnen wurden die ersten logischen Schaltungen verwirklicht. Sie eignen sich zur Herstellung logischer Binärschaltungen, weil sie nur zwei Zustände aufweisen, nämlich angezogen oder abgefallen, das heisst ihre Kontakte können nur offen oder geschlossen sein. Sie weisen einige Vorteile auf, wie:

- Gute Überblickbarkeit
- Einfache Realisierungsmöglichkeit der Schaltungen
- Absolutes Erreichen der Zustände 0 und 1.

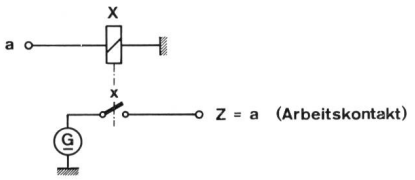
Aber für die moderne Grossanwendung überwiegen die Nachteile:

- Schnelligkeitsbegrenzung durch Mechanik auf verhältnismässig kleine Werte
- Abnützung, Alterung
- Empfindlich auf Prellen, atmosphärische Einflüsse, Staub, usw.
- Grosser Raum- und Leistungsbedarf.

Der guten Überblickbarkeit halber und weil sie auch heute noch angewendet werden (Telephonautomaten), wollen wir dennoch auf die Technik der logischen Relaisschaltungen eingehen.

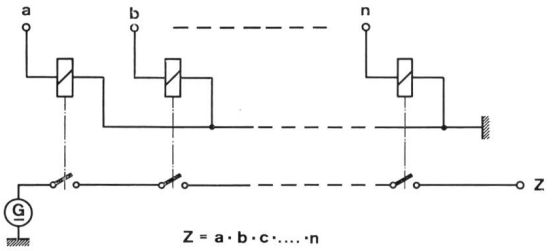
Und-Schaltung *(Fig. 21)* für einen Eingang:

Fig. 21



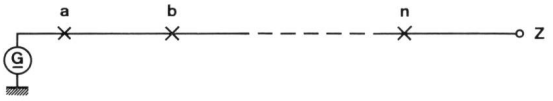
Die Und-Schaltung für mehrere Eingänge zeigt *Figur 22.*

Fig. 22



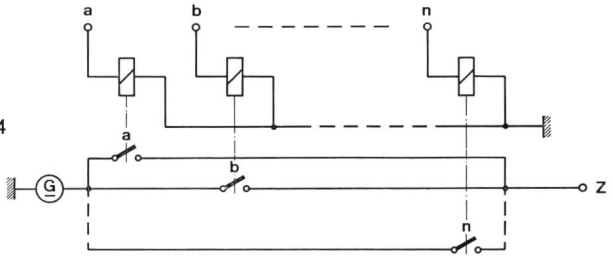
Symbolisch ist dies in *Figur 23* dargestellt.

Fig. 23



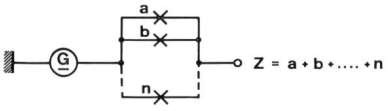
Oder-Schaltung *(Fig. 24)* für mehrere Eingänge:

Fig. 24



Symbolische Darstellungsweise *(Fig. 25).*

Fig. 25



Die Nicht-Schaltung ist aus *Figur 26* in ausführlicher und aus *Figur 27* in symbolischer Darstellung zu ersehen.

Fig. 26

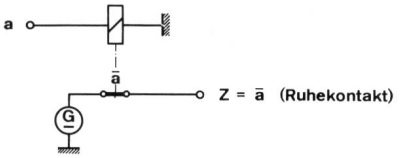
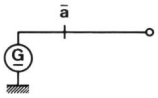


Fig. 27



Die *Figuren 28 und 29* zeigen dasselbe für das Nand-Tor:

Fig. 28

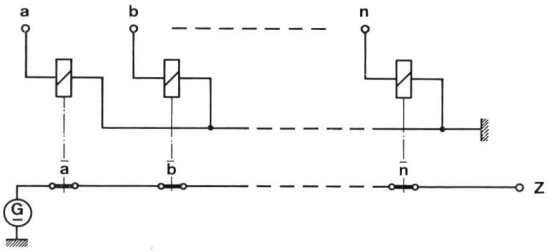
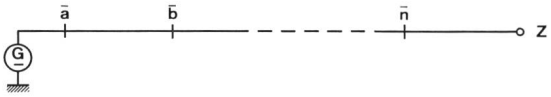
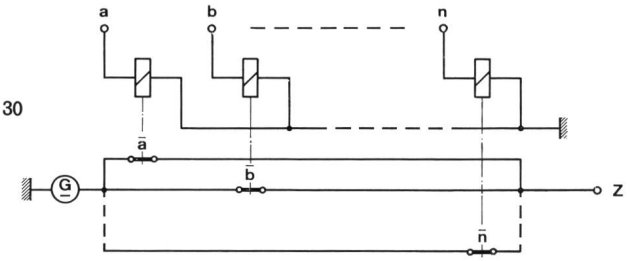


Fig. 29



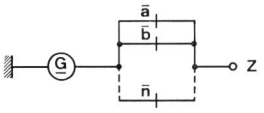
Das Nor-Tor ist aus den *Figuren 30* und *31* zu ersehen.

Fig. 30



* Vgl. auch Nr. 10/1970, S. 451...455 (1. Teil)

Fig. 31

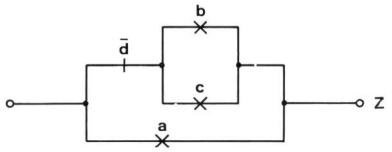


Die Synthetisierung der Funktion

$$Z = a + \bar{d}\,(b + c)$$

ergibt somit in Relaistechnik *(Fig. 32)*:

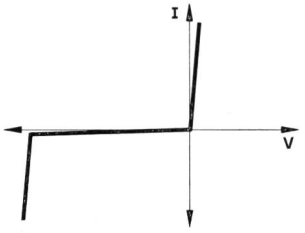
Fig. 32



In der Praxis tauchen noch Schaltungen mit zeitabhängigem Verhalten auf. Darauf wollen wir aber nicht näher eingehen. Ebenso ist zu beachten, dass von Firma zu Firma die Symbole variieren können.

8.2 Diodenlogiken

Fig. 33

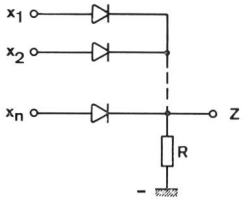


Aus der Kennlinie *(Fig. 33)* ist ersichtlich, dass Dioden in Vorwärtsrichtung einen kleinen Spannungsabfall aufweisen, während in Sperrichtung ein sehr kleiner Sperrstrom fliesst. Sie weisen also nicht dieselben idealen Kennlinien wie Relais auf. Durch geeignete Dimensionierung lassen sich jedoch diese Nachteile umgehen.

Ihre Vorteile liegen darin, dass sie viel kleiner, widerstandsfähiger gegen alle Arten von äusseren Einflüssen und viel schneller als Relais sind.

Oder-Schaltung *(Fig. 34)*:

Fig. 34

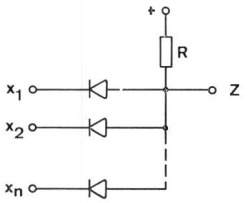


$Z = x_1 + x_2 + \ldots + x_n$

- Liegt an keiner der Dioden eine Spannung, so hat der Ausgang Z ein Minuspotential, das er durch einen Vorwiderstand R bezieht.
- Liegt an mindestens einer der Dioden ein positives Potential V, so erhält der Ausgang Z ein positives Potential-V_{Diode}

Und-Schaltung *(Fig. 35)*:

Fig. 35



$Z = x_1 \cdot x_2 \cdot \ldots \cdot x_n$

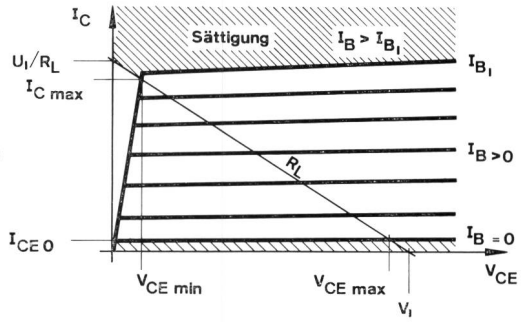
- Wenn alle Eingänge an Null- oder Minuspotential liegen, weist auch der Z-Ausgang ein Minuspotential, erhöht um die Diodenspannung, auf.
- Wenn alle Eingänge, und nur dann, am Pluspotential liegen, zeigt der Ausgang ebenfalls ein Pluspotential.

Mit Dioden lassen sich nur Und- und Oder-Schaltungen ohne Zusatzschaltungen herstellen. Ihre Hauptanwendung beschränkt sich daher auf einfache Schaltungen, wo sie aber sehr häufig vorkommen, beispielsweise in Diodenmatrizen.

8.3 Transistorlogik

Transistoren weisen gegenüber Dioden einen Steueranschluss auf. Darum können mit ihnen kompliziertere Schaltungen als mit Dioden aufgebaut werden. Da sie keine Verstärker, sondern nur eine Ventilwirkung aufweisen müssen, werden sie nicht im Kennlinienfeld sondern mit dessen Randwerten betrieben *(Fig. 36)*.

Fig. 36



Die Basis erhält für die beiden möglichen Schaltzustände keinen Strom ($I_B = 0$) und damit $I_c = I_{CEO} \approx 0$ oder $I_B > I_{B1}$. Damit wird I_c maximal gross, denn I_{B1} ist jener Strom, der nur verkleinert werden kann, um eine Kollektorstromänderung zu erhalten, das heisst der Transistor leitet nicht, er ist «gesperrt» oder er leitet ganz, er wird «gesättigt», wie

dies die *Figuren 37* (Und-Tor), *38* (Oder-Tor), *39* (Nicht-Schalter, Inverter), *40* (Nor-Tor) und *41* (Nand-Tor) zeigen.

Und-Tor:

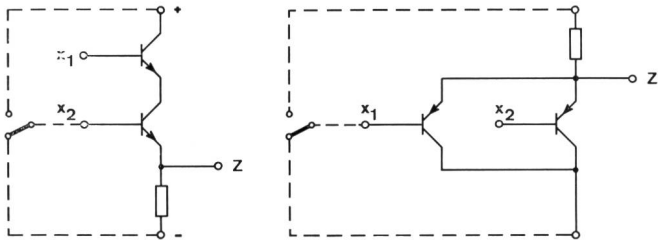


Fig. 37

Oder-Tor:

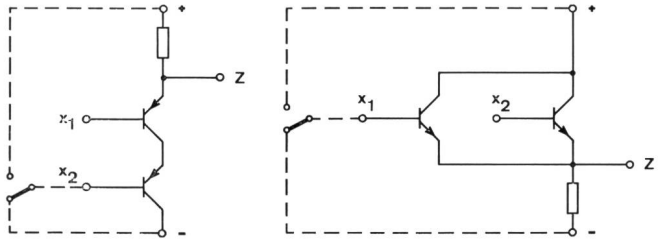
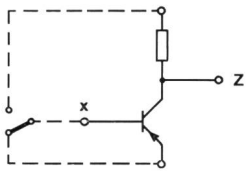


Fig. 38

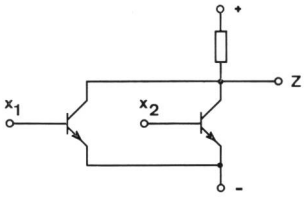
Nicht-Schalter (Inverter):

Fig. 39



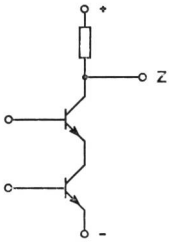
Nor-gate:

Fig. 40



Nand-gate:

Fig. 41



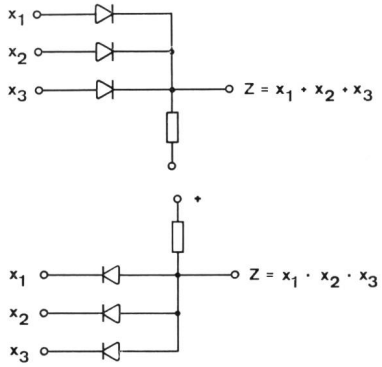
In der Transistorlogik gibt es eine Menge anderer Schaltungsvorschläge, um diese und andere Funktionsgleichungen (Exclusiv-Oderschaltung usw.) zu verwirklichen.

Durch geeignetes Zusammenschalten solcher Glieder lassen sich besonders in der Transistortechnik viele andere Schaltungen mit komplizierteren Charakteristiken erzeugen. Ein Beispiel dafür sind Flip-Flops und damit auch Zählschaltungen, wenn man noch die Folgeeigenschaft einführt.

Im Verlaufe der Grossanwendungen solcher Logikschaltungen (Computer) haben sich spezielle Bauweisen herausgebildet, die nachfolgend kurz vorgestellt seien.

8.3.1 Diode-logic DL (Fig. 42)

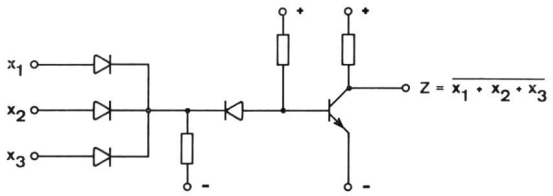
Fig. 42



Die Logikfunktionen werden ausschliesslich durch Dioden ausgeführt. Der Ausgang kann nicht invertiert werden. Für hohe Geschwindigkeiten. Kleiner Raumbedarf. Billig.

8.3.2 LLL-Low Level Logic (Niederpegellogik, Fig. 43)

Fig. 43



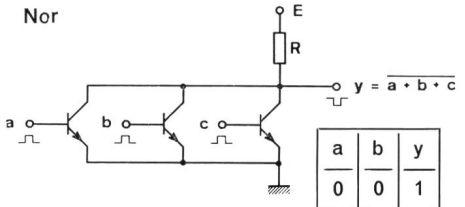
Die Logikfunktion wird durch Dioden ausgeführt. Der Ausgang ist invertiert. Für besonders kleine Speisespannungen. Schwierige Dimensionierung.

8.3.3 DCTL (Direct Coupled Transistor Logic, Fig. 44)

Vorteile: Einfacher Aufbau von integrierten Schaltungen (IC) möglich, keine C,D und wenige R. Speisespannung E ist klein (3 V), kleine Verluste, kleine Wärmeentwicklung, kurze Einschaltzeiten (wie CML).

Nachteile: I_{CBO} muss sehr klein sein, damit Parallelschalten wie in *Fig. 44 Nor* möglich ist. Gefahr des Stromentzuges durch *einen* Transistor allein, wenn Eingänge parallel. Empfindlich auf Störspannungen über gemeinsame Erde. Sättigung gibt grosse Abfallverzögerungen.

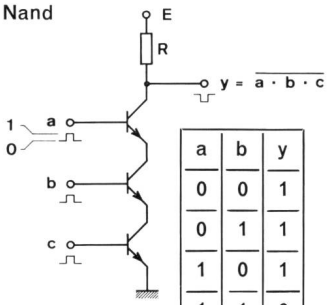
Nor



a	b	y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Fig. 44

Nand



a	b	y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Bemerkungen: Für FET-Logik sehr gut geeignet.

8.3.4 RTL-Resistor Transistor Logic (Fig. 45)

Nand

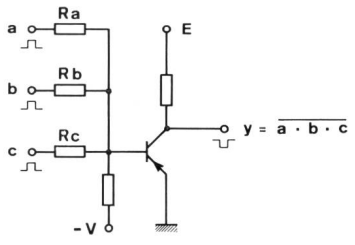
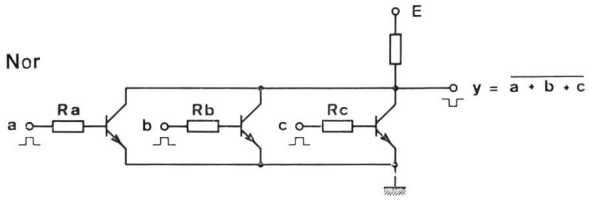


Fig. 45

Nor



Vorteile: Entkopplung der Basiseingänge, dadurch kein gegenseitiger Stromentzug. Weniger störempfindlich als DCTL, aber empfindlicher als DTL und TTL.

Nachteile: Teure Fabrikation der exakten R-Werte. Niedrige Schaltgeschwindigkeiten wegen RC-Tiefpässen mit Streu- und Sperrschichtkapazitäten. Grössere Umladezeit der C, da höhere Spannungswerte.

Bemerkungen: Logik für mittlere Geschwindigkeiten (10... 40 ns).

8.3.5 RCTL-Resistor Capacitor Transistor Logic (Fig. 46)

Nand

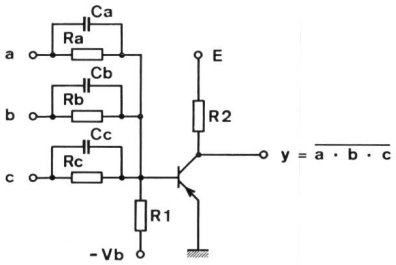
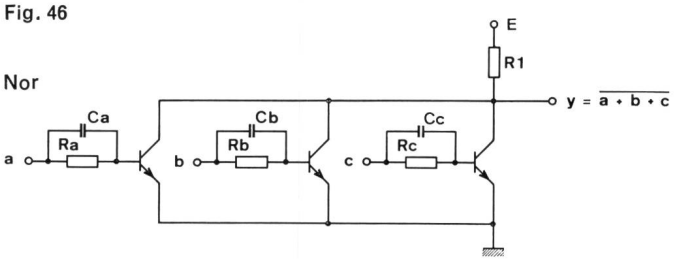


Fig. 46

Nor



Vorteile: Kürzere Einschaltzeiten wegen C-Kopplung.

Nachteile: Grosse Empfindlichkeit auf hochfrequente Störspannungen (über C). Teure Fabrikation wegen C und R.

8.3.6 DTL (Diode Transistor Logic) und LLL (Low Level Logic) (Fig. 47)

DTL-Nand

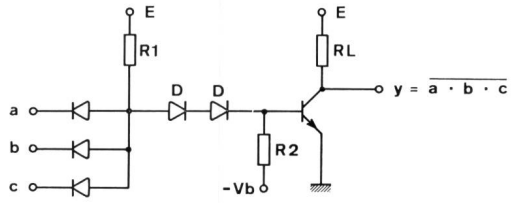
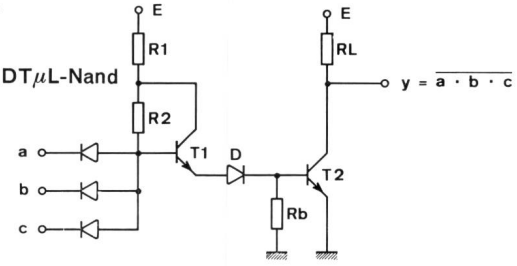


Fig. 47

DTμL-Nand



Vorteile: Eingänge gegenseitig gut entkoppelt. Schwelle für Störspannungen liegt hoch (etwa 500 mV), kann mit mehr Dioden D noch erhöht werden. Speisespannung kann in grossem Bereich streuen (E = 5 ± 1 V).

Nachteile: Noch verhältnismässig teuer, weil komplizierte Herstellung. DTL benötigt 2 getrennte Spannungsquellen. Es ergeben sich lange Ausschaltzeiten für den Transistor,

wenn die zwei Koppeldioden D zu rasch (rascher als der Transistor) sind, so dass die Basisladung nicht abgebaut werden kann.

Bemerkungen: Die DTμL-Schaltung *(Fig. 47)* hat *doppelten* Fan-Out, verglichen mit Fig. 47, DTL-Nand. Heute werden etwa 40% aller integrierten Logikelemente in DTL-Technik ausgeführt.

Wichtig: Die *Figuren 47* zeigen Nand-Tore für *positive* Logik ("0" = 0,2 V; "1" = 4 V). Bei Anwendung einer *negativen* Logik stellen die beiden Schaltungen je ein *NOR-Tor* dar.

8.3.7 TTL oder T²L-Transistor-Transistor-Logik (Fig. 48)

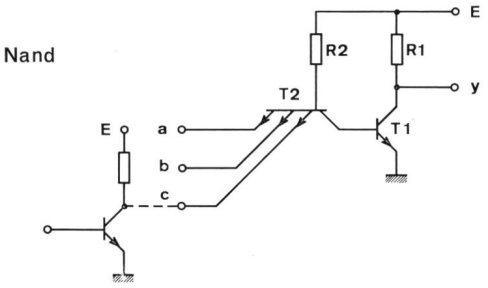


Fig. 48

Vorteile: Multiemitterkonstruktion ergibt einfachen Aufbau. Höhere Schaltgeschwindigkeiten, weil keine Basiswiderstände notwendig sind. Nur eine Speisespannung (E = + 5,5 V). Die Basis-Kollektordiode ist immer in Vorwärtsrichtung leitend.

Nachteile: Es ist Stromentzug zwischen den Eingängen möglich. Grosser Leistungsbedarf/Problem der Störspannungserzeugung/Störbeeinflussung über die Speisung.

Bemerkung: Die TTL-Technik ist jung, aber schon sehr gut eingeführt.

8.3.8 CML (Current Mode Logic) oder ECTL (Emitter Coupled Transistor Logic) (Fig. 49)

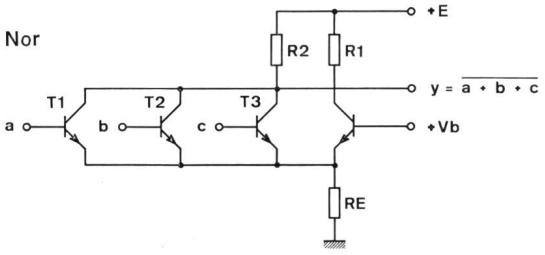


Fig. 49

Vorteile: Keine Sättigung. Durch R_E fliesst immer derselbe Strom, keine Kapazitätsumladung, schnelle Logik.

Nachteile: Spannungsempfindlich, wenig Ausgangsleistung. Es müssen Emitterfolger direkt eingebaut werden. Zwei Spannungsquellen: E und U_B, hoher Leistungsbedarf, da niederohmig.

Bemerkungen: Die einzelnen Widerstände R_1, R_2 usw. werden auch als Transistoren hergestellt: Sie sind dann stark temperatur- und stromempfindlich.

8.4 CDL-Core diode logic (Kernlogik, Fig. 50)

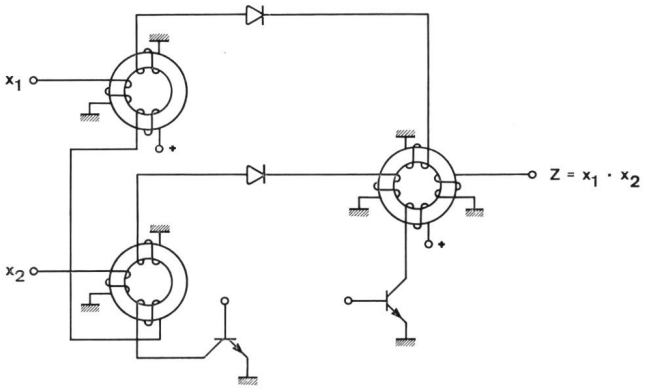


Fig. 50

Hierbei werden die fast rechteckförmigen Magnetisierungskurven von Ringkernen und die Kennlinien von Dioden für Torbildungen benützt.

8.5 4-Layer Device Logic (Thyristorlogik, Fig. 51)

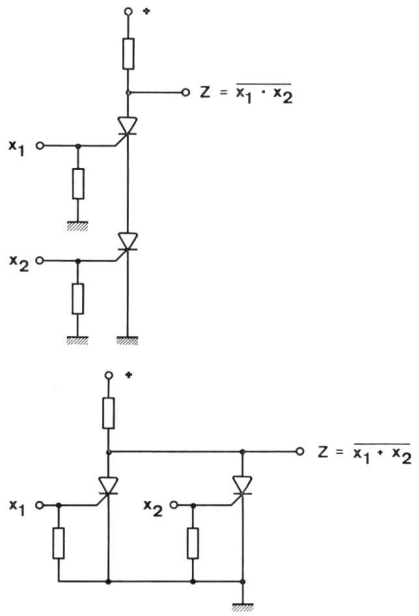
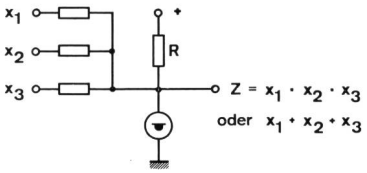


Fig. 51

Thyristorlogiken sind für grosse Leistungen günstig. Sie gehen aber, einmal gezündet, in Selbsthaltung über, so dass der Eingang also mit Impulsen gespiesen werden kann. Ein Nachteil liegt darin, dass es eine externe Schaltung braucht, um die Logik wieder in den Sperrzustand überzuführen.

8.6 TDL-Tunneldiodenlogik (Fig. 52)

Fig. 52



Der Logikvorgang wird durch die Umschaltung der Tunneldiode vom Nieder- zum Hochspannungszustand gebildet. Ob die Schaltung ein Und- oder ein Oder-Tor darstellt, wird durch den Strom durch R bestimmt. Bei einem Strom nahe des Spitzenstromes zeigen sich Oder-Eigenschaften, während sich bei einem sehr kleinen Strom die Und-Funktion zeigt. Günstig für sehr schnelle Schaltungen.

(Schluss folgt)

Literatur – Bibliographie – Recensioni

Wunsch G. **Systemanalyse.** Band 1: Lineare Systeme. Band 2: Statistische Systemanalyse. Heidelberg, Verlag, Dr. Alfred Hüthig 1970. 250 S., 139 Abb. Preis DM 34.– und 176 S., 89 Abb. Preis DM 30.—.

Die vorliegenden zwei Bände, ein dritter, der die digitalen Systeme behandelt, ist in Vorbereitung, geben dem Elektroingenieur und Physiker das notwendige mathematische Werkzeug, um vor allem elektrische Systeme analysieren und beurteilen zu können. Die Bücher entstanden aus Vorlesungen, welche der Autor an der technischen Hochschule Dresden hält. Als Vorlesung wenden sich die Bücher an Studierende in höheren Semestern. Der erfahrene Ingenieur wird sie jedoch ebenfalls gerne zur Hand nehmen, um vergessenes Wissen aufzufrischen.

Band 1 beschreibt die linearen Systeme. Er beginnt mit einem Kapitel über Funktionentheorie. Der Autor beschränkt sich richtigerweise auf jene Herleitungen, die für das Verständnis der folgenden Abschnitte notwendig sind. Eine Einführung in die Laplace-Transformation und deren Anwendung schliesst sich an. Nach Ansicht des Rezensenten wird die Rücktransformation für die Praxis zu theoretisch behandelt. So fehlt eine Tabelle der bekannten Funktionen sowie die Rücktransformation rationaler Funktionen mit Partialbruchzerlegung, allerdings wird auf die vorhandene Literatur verwiesen. Anstelle der gebräuchlichen «Transferfunktion» verwendet der Autor die Begriffe «Systemfunktion» oder «Systemcharakteristik». Im dritten Kapitel werden die mehrdimensionale Laplace-Transformation, die Fourier-Transformationen und die Laurent- und z-Transformationen erläutert. Hier findet man auch einen eleganten Beweis des Abtasttheorems. Unter den Titeln «Netzwerkanalyse» und «Vierpoltheorie» werden die grundlegenden elektrischen Eigenschaften der Schaltungen mit konzentrierten Elementen zusammengefasst. Der letzte Abschnitt «Systemtheorie» verbindet die mathematischen Grundlagen mit den Problemen, wie sie grundsätzlich in linearen Systemen auftreten. Frequenz und Phasencharakteristik werden behandelt, und die Stabilität wird mit dem Hurwitz- und dem Ortskurvenkriterium untersucht. Der Rezensent bedauert, dass der sich aufdrängende Vergleich mit den in der Regelungstechnik oft verwendeten Methoden nach Bode und Niquist-Nicolls nicht vorgenommen wurde. Der erste Band schliesst mit den Lösungen der eingestreuten Übungsaufgaben, einem Literaturverzeichnis, das fast ausschliesslich deutsche Literatur berücksichtigt, und einem guten Sachwörterverzeichnis.

Der *zweite Band* «Statistische Systeme» beginnt mit den Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Im zweiten Kapitel werden die zufälligen Veränderlichen, Verteilungs- und Dichtefunktion und deren Transformation behandelt. Daran schliesst sich die Herleitung der Verteilungs-Parameter an, worin der Korrelationskoeffizient, die charakteristische Funktion, die Rechenregeln, die Gausssche Verteilung und die stochastische Konvergenz aufgeführt sind. Diese drei Kapitel beanspruchen mehr als die Hälfte des Bandes. Aus mathematischer Sicht betrachtet, ist dies sicher gerechtfertigt, der praktische Ingenieur, der mehr an den Resultaten und deren Anwendung interessiert ist, hätte eine gedrängtere Darstellung vorgezogen. Im vierten Kapitel folgt mit der Einführung der zufälligen Prozesse der Anschluss an die physikalisch-technischen Vorgänge. Neben der Erläuterung der Grundbegriffe werden nur die stetigen, zufälligen Prozesse behandelt, eine Beschränkung, die im Blick auf die praktische Verwendung sicher gerechtfertigt ist. Nachdem nun die mathematischen Grundlagen erklärt und bewiesen sind, werden die Resultate im letzten Kapitel «Systemtheorie» angewendet. Besondere Erwähnung verdient der Abschnitt über die Messung der Korrelationsfunktionen. Zum Schluss folgt noch eine Einführung in die immer wichtiger werdenden Optimalsysteme. Der Anhang ist in gleicher Weise gestaltet wie beim ersten Band.

Der Rezensent bedauert, dass keine typischen praktischen Beispiele durchgerechnet werden, wobei auch die Verwendung von Computern hätte erwähnt werden sollen. Der Studierende der Elektrotechnik, der die Mathematik in erster Linie als Werkzeug zur Lösung technischer Probleme sieht, wird nicht ohne weiteres sofort den Nutzen der ausführlichen Behandlung einsehen. Trotz dieses grundsätzlichen Einwandes darf man gespannt auf das Erscheinen des dritten Bandes sein.

G. Riesen