

# Grundlagen der elektronischen Logikschaltungen. 2. Teil

Autor(en): **Wider, Peter Ferdinand**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **48 (1970)**

Heft 11

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-876081>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# 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:

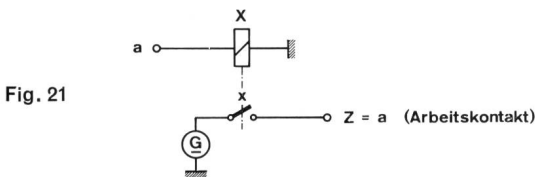
- Gute Überblickbarkeit
- Einfache Realisierungsmöglichkeit der Schaltungen
- Absolutes Erreichen der Zustände 0 und 1.

Aber für die moderne Grossanwendung überwiegen die Nachteile:

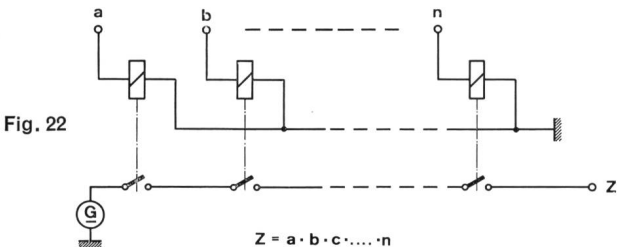
- Schnelligkeitsbegrenzung durch Mechanik auf verhältnismässig kleine Werte
- Abnützung, Alterung
- Empfindlich auf Prellen, atmosphärische Einflüsse, Staub, usw.
- Grosser Raum- und Leistungsbedarf.

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

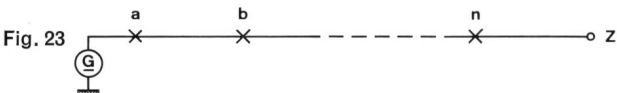
Und-Schaltung (Fig. 21) für einen Eingang:



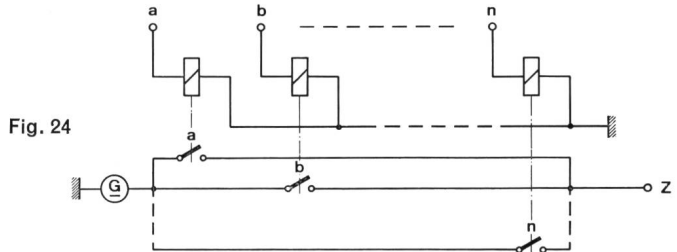
Die Und-Schaltung für mehrere Eingänge zeigt Fig. 22.



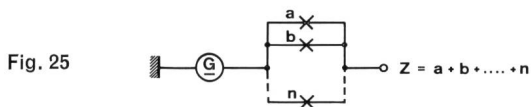
Symbolisch ist dies in Fig. 23 dargestellt.



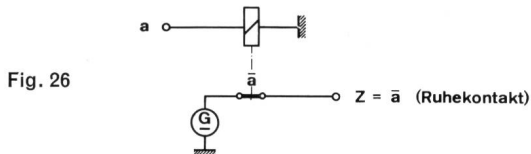
Oder-Schaltung (Fig. 24) für mehrere Eingänge:



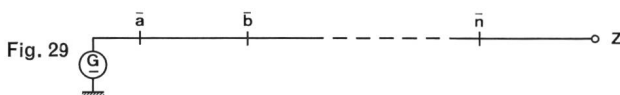
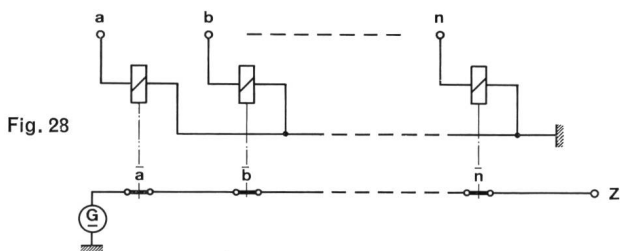
Symbolische Darstellungsweise (Fig. 25).



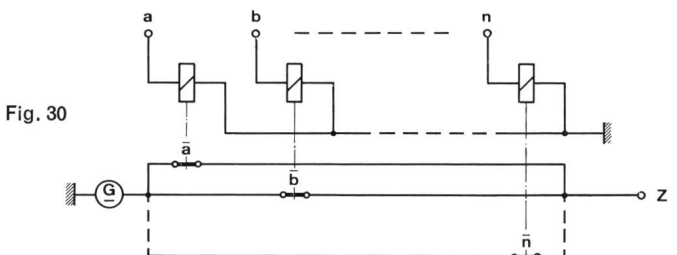
Die Nicht-Schaltung ist aus Fig. 26 in ausführlicher und aus Fig. 27 in symbolischer Darstellung zu ersehen.



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

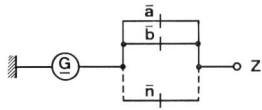


Das Nor-Tor ist aus den Figuren 30 und 31 zu ersehen.



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

Fig. 31

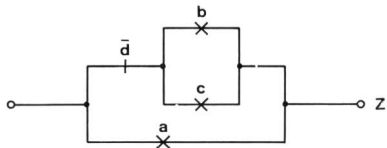


Die Synthetisierung der Funktion

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

ergibt somit in Relaischnik (Fig. 32):

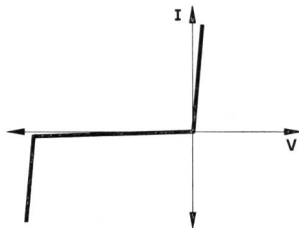
Fig. 32



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

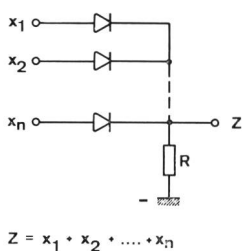


Aus der Kennlinie (Fig. 33) ist ersichtlich, dass Dioden in Vorwärtsrichtung einen kleinen Spannungsabfall aufweisen, während in Sperrichtung ein sehr kleiner Sperrstrom fließt. Sie weisen also nicht dieselben idealen Kennlinien wie Relais auf. Durch geeignete Dimensionierung lassen sich jedoch diese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

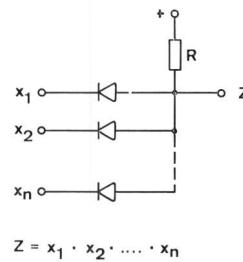


– Liegt an keiner der Dioden eine Spannung, so hat der Ausgang Z ein Minuspotential, das er durch einen Vorwiderstand R bezieht.

– 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



– Wenn alle Eingänge an Null- oder Minuspotential liegen, weist auch der Z-Ausgang ein Minuspotential, erhöht um die Diodespannung, auf.

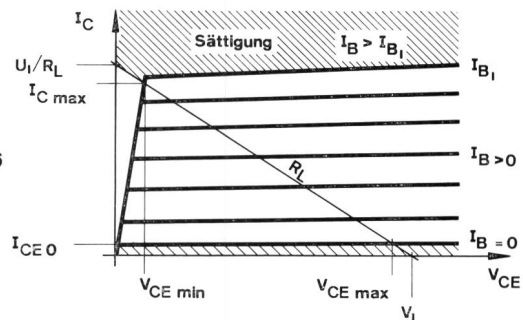
– Wenn alle Eingänge, und nur dann, am Pluspotential liegen, zeigt der Ausgang ebenfalls ein Pluspotential.

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  $I_C = I_{CE0} \approx 0$  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:

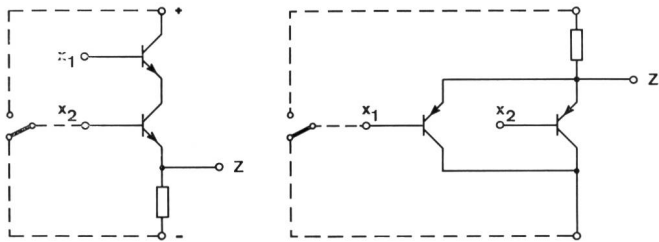


Fig. 37

Oder-Tor:

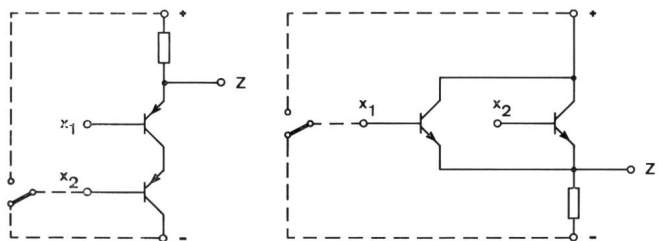


Fig. 38

Nicht-Schalter (Inverter):

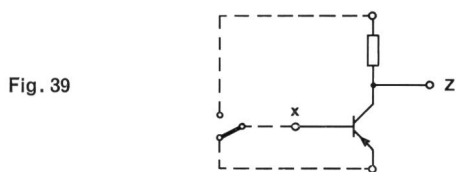


Fig. 39

Nor-gate:

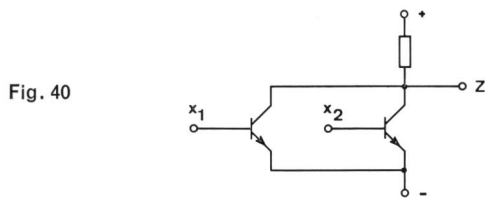


Fig. 40

Nand-gate:

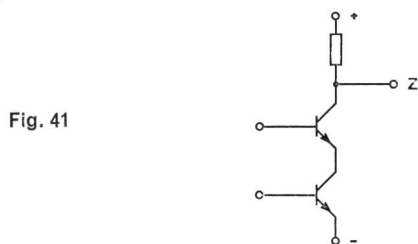


Fig. 41

In der Transistorlogik gibt es eine Menge anderer Schaltungsvorschläge, um diese und andere Funktionsgleichungen (Exklusiv-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)

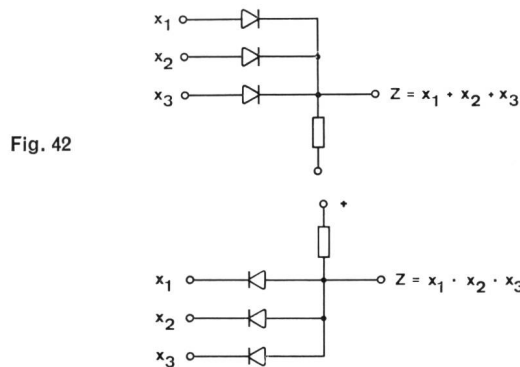


Fig. 42

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)

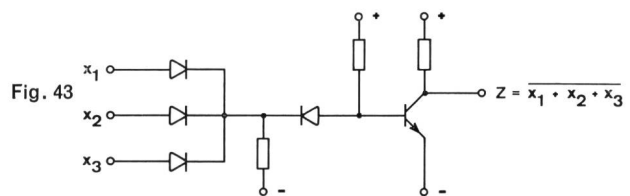


Fig. 43

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.

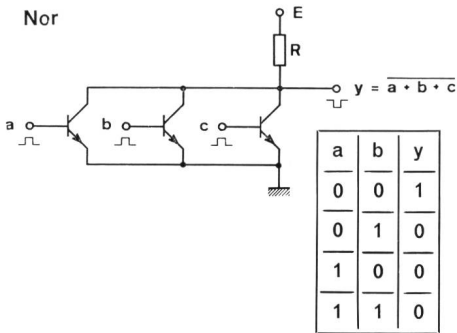
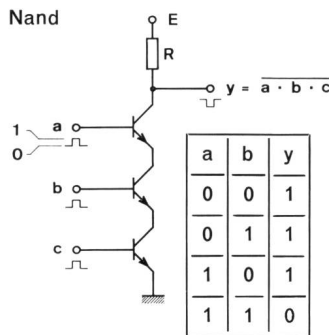


Fig. 44



**Bemerkungen:** Für FET-Logik sehr gut geeignet.

### 8.3.4 RTL-Resistor Transistor Logic (Fig. 45)

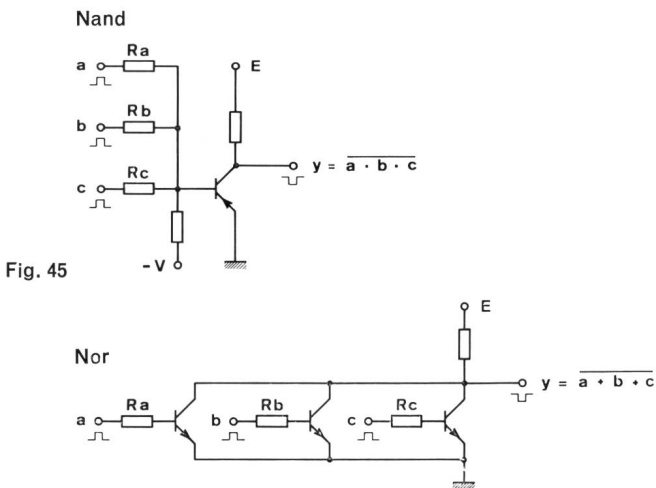


Fig. 45

**Vorteile:** Entkopplung der Basiseingänge, dadurch kein gegenseitiger Stromentzug. Weniger störeffend 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)

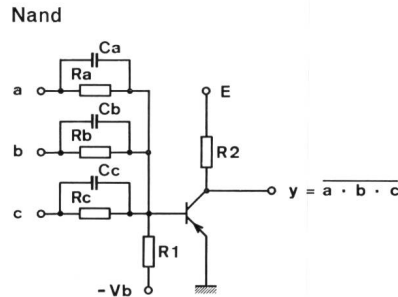
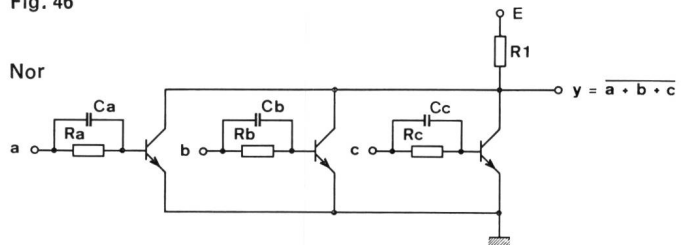


Fig. 46



**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)

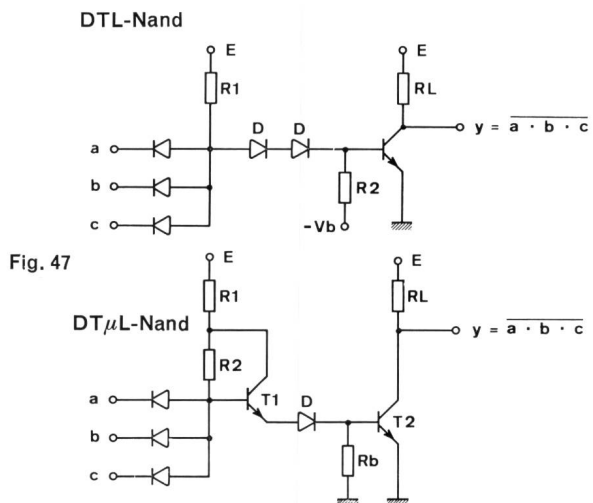


Fig. 47

**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 ( $E = 5 \pm 1$  V).

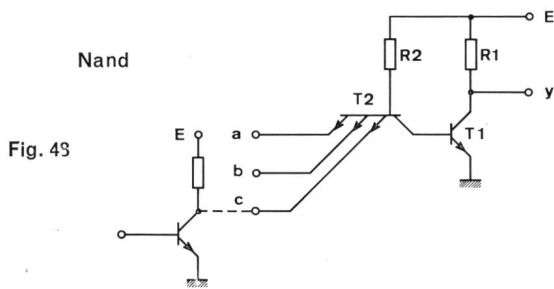
**Nachteile:** Noch verhältnismässig teuer, weil komplizierte Herstellung. DTL benötigt 2 getrennte Spannungsquellen. Es ergeben sich lange Ausschaltzeiten für den Transistor,

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

**Bemerkungen:** Die DT $\mu$ L-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 T<sup>2</sup>L-Transistor-Transistor-Logik (Fig. 48)

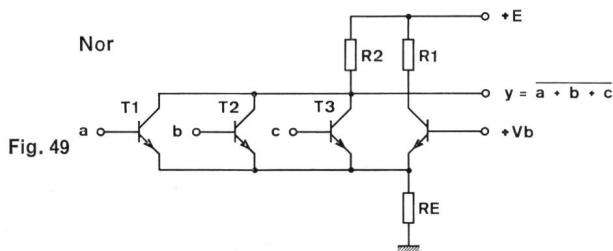


**Vorteile:** Multiemitterkonstruktion ergibt einfachen Aufbau. Höhere Schaltgeschwindigkeiten, weil keine Basiswiderstände notwendig sind. Nur eine Speisespannung (E = + 5,5 V). Die Basis-Kollektordiode ist immer in Vorwärtsrichtung leitend.

**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)



**Vorteile:** Keine Sättigung. Durch R<sub>E</sub> fliesst immer derselbe Strom, keine Kapazitätsumladung, schnelle Logik.

**Nachteile:** Spannungsempfindlich, wenig Ausgangsleistung. Es müssen Emittterfolger direkt eingebaut werden.

Zwei Spannungsquellen: E und U<sub>B</sub>, hoher Leistungsbedarf, da niederohmig.

**Bemerkungen:** Die einzelnen Widerstände R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> usw. werden auch als Transistoren hergestellt: Sie sind dann stark temperatur- und stromempfindlich.

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

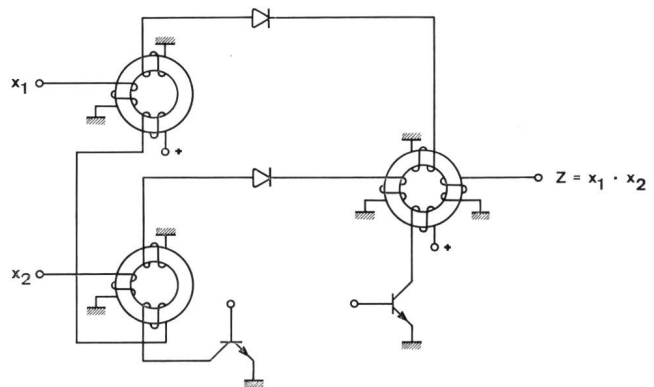


Fig. 50

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)

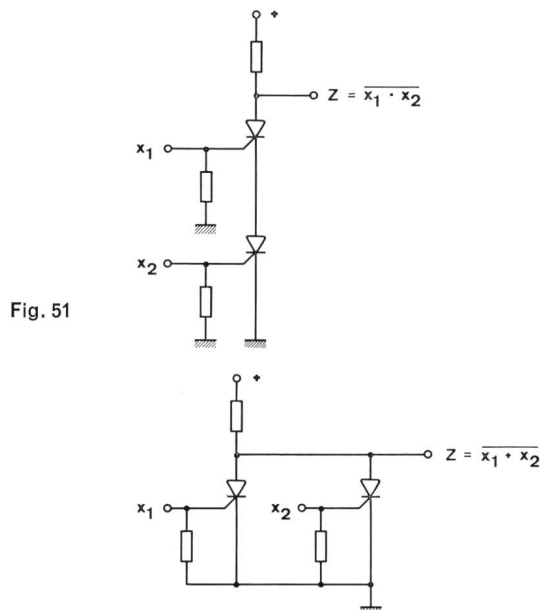
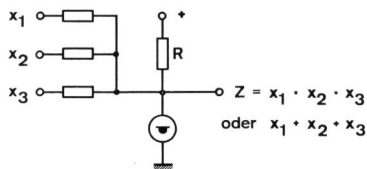


Fig. 51

Thyristorlogiken sind für grosse Leistungen günstig. Sie gehen aber, einmal gezündet, in Selbsthaltung über, so dass der Eingang also mit Impulsen gespeisen 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 – Recensionen

**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 «System-

funktion» 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 Verteilungsparameter an, worin der Korrelationskoeffizient, die charakteristische Funktion, die Rechenregeln, die Gaussche 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