

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

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 40 (1962)

Heft: 10

Artikel: Les unités logiques transistorisées, leur fonctionnement et leurs applications à l'automatisme = Die transistorisierten logischen Einheiten, ihre Wirkungsweise und ihre Anwendung in der Automatik

Autor: Engdahl, J.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875141>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.03.2025

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

Une compression de $\approx \frac{1}{2}$ réalisée par ce procédé nous donnerait, en se multipliant avec la réduction à la moitié admissible du nombre d'images par seconde, un facteur de rétrécissement intégral de $\frac{1}{4}$. Par adjonction de la méthode différentielle, problème compliqué dont l'exposé nous mènerait ici trop loin, on aurait une chance de parvenir à une compression totale de l'ordre de $\frac{1}{6} \dots \frac{1}{8}$, sans pertes en qualité d'image. Je ne veux pas insister sur cette possibilité, étant donné que certains éléments existants dont nous aurions besoin sont actuellement trop peu développés pour garantir un résultat qui paye la dépense.

Adresse des Auteurs: Prof. Dr. Fritz Schröter, i. Fa. Telefunken GmbH, Söflingerstr. 100, Ulm a. D. (Deutschland)

Eine Kompression von $\approx \frac{1}{2}$ nach diesem Verfahren würde durch Multiplikation mit der Halbierung der Bildzahl je Sekunde einen integralen Verschmälerungsfaktor von $\frac{1}{4}$ liefern. Durch Hinzunahme der Differentialmethode, was aber ein kompliziertes und hier zu weit führendes Problem darstellt, hätte man Aussicht, zu einer totalen Kompression der Grösse $\frac{1}{6} \dots \frac{1}{8}$ zu gelangen, ohne Bildqualität zu verlieren. Ich will auf diese Möglichkeit nicht eingehen, da gewisse vorhandene Elemente, die wir benötigen würden, ausgenblicklich noch nicht genügend entwickelt sind, um ein Ergebnis zu gewährleisten, das den Aufwand bezahlt macht.

J. Engdahl, Neuchâtel

62-503.55:621.382.3

Les unités logiques transistorisées, leur fonctionnement et leurs applications à l'automatisme*

Die transistorisierten logischen Einheiten, ihre Wirkungsweise und ihre Anwendung in der Automatik*

Généralités

Un ensemble automatique quelconque peut, en général, se ramener au schéma très simple de la *figure 1*, dont les éléments sont le système sous contrôle, les détecteurs de mesure, le dispositif de traitement des informations et son programme et enfin les éléments d'action qui agiront sur certains organes de l'ensemble contrôlé afin de faire coïncider le comportement de celui-ci avec le programme établi.

La nature nous offre bien des exemples d'automatisation extrêmement poussée. La régulation de la température du corps des animaux à sang chaud, mettant en jeu les calories développées par la combustion interne et la réfrigération provoquée par l'évaporation superficielle, met en œuvre des asservissements fort complexes. Dans ce cas, les grandeurs physiques mises en jeu peuvent prendre une infinité de valeurs, puisqu'elles sont continuellement variables. On dit que ces grandeurs sont analogiques.

Dans la technique industrielle, on a souvent affaire à des problèmes dont les données sont numériques, en particulier dans les machines dites à coordonnées. Il s'agit par exemple d'amener la table de travail d'une aléuseuse à l'abscisse 152,75 mm (valeur de consigne) alors que le détecteur de mesure indique que la position effective est à 257,30 mm de l'origine (valeur réelle). Le système de traitement des informations devra alors calculer la différence entre ces deux nombres, décider du sens de déplacement, de la vitesse de translation à utiliser (course rapide, puis

Allgemeines

Im Allgemeinen kann ein automatisches Regelsystem auf das sehr einfache Schema der *Figur 1* zurückgeführt werden. Die Elemente dieses Systems sind: Die Messwertgeber, die Verarbeitung der Information, der Programmgeber und die Stellglieder, die auf das zu regelnde System einwirken, damit die Übereinstimmung zwischen diesem und dem Programm erzielt wird.

Die Natur liefert zahlreiche Beispiele sehr hochentwickelter Automatismen, wie etwa die Regelung

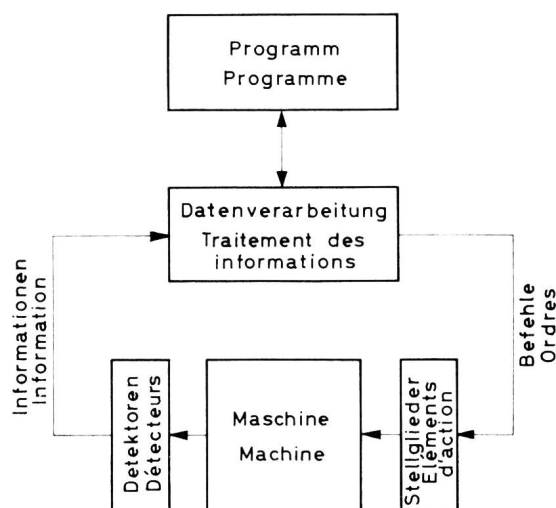


Fig. 1

* Conférence, donnée à une réception de la presse par le Département Oscilloquartz, Ebauches S.A., à Neuchâtel.

* Vortrag (Uebersetzung), gehalten an einem Presseempfang des Departements Oscilloquartz der Ebauches S. A. in Neuenburg.

Vgl. dazu unsern Bericht «Uhrenindustrie auf neuen Wegen», S. 375 f. dieser Nummer.

vitesse d'approche) et devra provoquer le verrouillage de la coulisse lorsque le point désiré est atteint. C'est ce que l'on appelle un système digital, caractérisé par le fait que les grandeurs utilisées ne peuvent occuper qu'un nombre fini de valeurs distinctes.

Enfin, dans bien des cas, les grandeurs d'entrée sont représentées par des variables ne pouvant occuper que deux états distincts. Par exemple, s'il s'agit d'effectuer un usinage, on contrôlera tout d'abord que l'ordre d'exécution ait été suivi, c'est-à-dire que l'outil ait quitté la position de repos, et on provoquera son retour à l'instant où la cote choisie aura été atteinte. Ici, les détecteurs ne donnent pas les positions intermédiaires de l'outil, mais simplement une réponse oui ou non, présence ou absence de cet élément en un point déterminé. Souvent, les grandeurs d'entrée seront des variables analogiques, mais qui n'interviendront que dans la mesure où une valeur critique est atteinte ou non. Une turbine devant être protégée contre le risque d'emballement sera munie d'un tachymètre fournissant une tension proportionnelle à la vitesse de rotation. Un simple voltmètre gradué en tours par minute fournira un contrôle visuel, tandis qu'un contact actionné par l'aiguille de cet instrument ou, mieux, un détecteur de seuil, délivrera un signal de dépassement provoquant la fermeture d'une vanne et l'enclenchement d'une alarme dès qu'une vitesse dangereuse sera atteinte. Il s'agit de problèmes logiques.

Traitement logique des informations

Pour plus de commodité, les deux états que peut prendre un signal logique sont habituellement représentés par les nombres 0 et 1. Un problème logique peut être mis sous la forme d'une phrase: une alarme doit être enclenchée si la vitesse maximale est dépassée *ou* si la vanne d'alimentation est ouverte *et* que le niveau dans le bassin d'alimentation n'est pas suffisant. Représentons la survitesse par S (0 = normal, 1 = trop vite), le niveau par N (0 = insuffisant, 1 = suffisant), la position de la vanne par V (0 = fermée, 1 = ouverte) et l'alarme par A (0 = hors, 1 = en).

Les trois variables d'entrée pouvant occuper chacune deux états, il y a au total 2^3 situations possibles que nous pouvons représenter comme suit (fig. 2).

S	N	V	A
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1



Fig. 2

L'ensemble de traitement des informations pourra être figuré par la boîte noire chère aux Anglo-Saxons dont les entrées sont les variables S, N et V, la sortie

der Körpertemperatur der Warmblüter, welche die durch Verbrennung der Nährstoffe zuviel erzeugten Kalorien durch Abkühlung (Schweiss) ausgleicht. Dieser Vorgang beruht auf einem solchen, sehr hochentwickelten Regelmechanismus.

In diesem Fall können die auftretenden physikalischen Grössen unendlich viele beliebige Werte annehmen, da sie kontinuierlich veränderlich sind. Solche Grössen werden analoge Grössen genannt.

In der industriellen Technik treten oft Probleme auf, bei denen die Daten in Ziffernform gegeben sind, unter anderem bei den sogenannten Koordinaten-Maschinen. Es handelt sich zum Beispiel darum, den Arbeitstisch eines Bohrwerkes auf die Abszisse 152,75 mm (Sollwert) zu bringen, während der Messwertgeber in Wirklichkeit sich 257,30 mm vom Nullpunkt entfernt befindet (Istwert). Das Regelsystem muss also die Differenz zwischen diesen beiden Zahlen berechnen, über den Sinn der Verschiebung und über die Geschwindigkeit (zuerst Schnellgang, anschliessend langsame Annäherung) entscheiden und es muss schliesslich den Schlitten verriegeln, sobald der gewünschte Punkt erreicht ist. Man spricht in einem solchen Fall von einem digitalen System, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die auftretenden Grössen nur eine endliche Zahl diskreter Werte annehmen können.

Schliesslich sind in vielen Fällen die Eingangsgrössen durch Variable dargestellt, die nur zwei verschiedene Zustände annehmen können. Handelt es sich beispielsweise um eine Bearbeitung, so wird zuerst kontrolliert, ob der Ausführungsbefehl befolgt worden ist, das heisst ob das Werkzeug die Ruhestellung verlassen hat, und man wird die Rückstellung einleiten, sobald das gewählte Mass erreicht ist. In diesem Fall liefern die Messwertgeber keinen Zwischenwert der Werkzeugstellung, sondern lediglich eine Antwort, ja oder nein, die aussagt, ob sich das Werkzeug an einem bestimmten Punkt befindet oder nicht. Oft sind die Eingangsgrössen analoge Variable, die aber nur berücksichtigt werden, falls ein kritischer Wert erreicht oder überschritten wird. Eine vor der Gefahr des Durchbrennens zu sichernde Turbine wird mit einem Tachometer ausgerüstet, der eine drehzahlproportionale Spannung liefert. Ein in Umdrehungen je Minute geeichtes Voltmeter ermöglicht eine visuelle Überwachung, während ein Kontakt, der durch den Zeiger des Instruments betätigt wird (oder besser ein Pegeldiskriminator), allenfalls ein Alarmsignal abgibt. Dieses Signal leitet den Schliessvorgang des Schiebers ein, sobald eine gefährliche Geschwindigkeit erreicht worden ist. In diesem Fall handelt es sich um logische Entscheide.

Logische Datenverarbeitung

Der Einfachheit halber werden die zwei Zustände, die durch ein logisches Signal gekennzeichnet werden können, mit den Zahlen 0 und 1 dargestellt. Ein logi-

étant l'alarme A. Quant au contenu de la boîte noire (fig. 2), il peut être connu par simple analyse de la phrase situant le problème. Nous la récrirons tout d'abord en utilisant les symboles adoptés:

$$A = 1 \text{ si } S = 1 \text{ ou si } N \neq 1 \text{ et } V = 1$$

Or, si N n'est pas 1, alors $N = 0$, puisqu'il n'y a que deux états possibles.

Ce mot «pas» représente une opération logique qui est la négation, définie comme suit:

$$\begin{array}{ll} \text{Pour } X = 0 & \bar{X} = 1 \\ \text{Pour } X = 1 & \bar{X} = 0 \end{array} \quad (\text{Opération non})$$

Une deuxième opération logique de base est représentée dans notre phrase par le mot *et*. Il traduit le fait que les deux variables d'entrée doivent prendre simultanément la valeur 1 pour que la grandeur de sortie devienne 1. Enfin, le mot *ou* signifie qu'il suffit que l'une des variables d'entrée prenne la valeur 1 pour que la sortie devienne 1. Ces opérations peuvent être schématisées comme suit:

		X	
		0	1
Y	et	0	0
		1	0

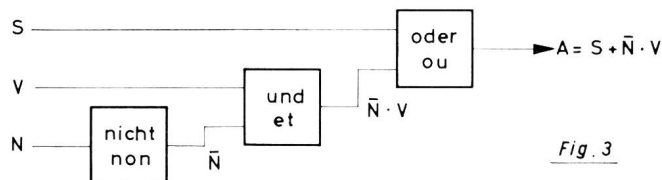
		X	
		0	1
Y	ou	0	1
		1	1

A la fin du siècle passé, le mathématicien Boole a mis au point une méthode algébrique permettant la résolution de problèmes logiques tels que celui de notre exemple. Il y a une trentaine d'années, *Shannon* et *de Morgan* ont perfectionné le procédé en vue de l'appliquer à l'étude des circuits à relais de la téléphonie. Les trois opérations de base intervenant dans cette algèbre sont celles que nous venons de définir: la négation ou inversion, l'opération *et*, ou produit logique semblable au produit algébrique, et enfin l'opération *ou*, la somme logique, qui diffère quelque peu de la somme algébrique puisque $1+1=1$.

Il faut en effet se souvenir que le nombre 1 ne représente pas une quantité, mais une affirmation. En utilisant la notation de cette algèbre un peu spéciale, la phrase définissant notre problème pourra simplement s'écrire:

$$A = S + \bar{N} \cdot V$$

On peut dès lors substituer à la boîte noire des éléments réalisant les opérations nécessaires. Cela nous conduit au schéma *figure 3*.



Il est très intéressant de noter que ces trois opérations *et*, *ou* et *non* permettent de résoudre tous les problèmes purement logiques. On peut ainsi dire qu'il suffit de disposer d'un énoncé suffisamment clair

sches Problem kann im folgenden Satz zusammengefasst werden: «Ein Alarm hat sich einzuschalten, wenn die maximale Geschwindigkeit überschritten ist *oder* wenn der Schieber offen ist *und* der Pegel im Speicherbecken nicht hoch genug ist.» Im folgenden definieren wir die verschiedenen Grössen wie folgt: Die Geschwindigkeit durch S (0 = normal, 1 = zu schnell), das Niveau durch N (0 = ungenügend, 1 = genügend), die Position des Schiebers durch V (0 = geschlossen, 1 = offen) und den Alarm durch A (0 = ausgeschaltet, 1 = eingeschaltet).

Die drei Eingangsgrössen können je zwei mögliche Zustände haben, was im Total 2^3 mögliche Situationen ergibt, die sich gemäss *Figur 2* darstellen lassen.

Die genannte Datenverarbeitung kann durch allgemeine N-Pole dargestellt werden, deren Eingangsgrössen S, N und V sind und deren Ausgangsgrösse das Alarmsignal A ist. Der Inhalt des N-Pols wird durch die Analyse der Aufgabenstellung festgestellt. Wir schreiben zuerst diesen Satz unter Verwendung der gebrauchten Symbole.

$$A = 1 \text{ falls } S = 1 \text{ oder falls } N \neq 1 \text{ und } V = 1$$

das heisst falls N nicht = 1 ist $N = 0$, denn es existieren nur zwei mögliche Zustände. Das Wort «nicht» stellt eine logische Negation dar, die folgendermassen definiert ist:

$$\begin{array}{ll} \text{Für } X = 0 & \bar{X} = 1 \\ \text{Für } X = 1 & \bar{X} = 0 \end{array} \quad (\text{Nicht-Verknüpfung})$$

Eine zweite logische Grundoperation ist in unserem Satz durch das Wort *und* dargestellt. Damit will man sagen, dass die beiden Eingangsgrössen gleichzeitig den Wert 1 annehmen müssen, damit die Ausgangsgrösse = 1 wird. Schliesslich bedeutet das Wort *oder*, dass es genügt, dass eine der beiden Eingangsgrössen den Wert 1 annimmt, damit die Ausgangsgrösse = 1 wird. Diese Operation kann schematisch folgendermassen dargestellt werden:

		X	
		0	1
Y	und	0	0
		1	0

		X	
		0	1
Y	oder	0	1
		1	1

Ende des vergangenen Jahrhunderts hatte der Mathematiker *Boole* eine algebraische Methode entwickelt, die es ermöglicht, logische Probleme, wie sie in unserem Beispiel auftreten, zu lösen. Etwa vor 30 Jahren haben *Shannon* und *de Morgan* diese Methode verbessert und für die Untersuchung von Relaischaltungen in Telephoniekreisen verwendet.

Die drei Grundoperationen dieser Algebra haben wir soeben definiert: Die Negation oder Inversion, die *Und-Verknüpfung* (logisches Produkt ähnlich dem algebraischen Produkt) und schliesslich die *Oder-Verknüpfung* (logische Summe) die der algebraischen Summe nicht entspricht, da $1+1=1$. Es muss auf jeden Fall festgestellt werden, dass die Zahl 1 nicht eine Grösse darstellt, sondern eine Aussage. Unter Benützung der Bezeichnungsweise dieser besonderen

pour que la solution soit évidente. Toutefois, certaines phrases devront être quelque peu transformées pour permettre leur formulation.

Par exemple: une opération doit être déclenchée sur une machine à la condition que ni la température, ni la pression des circuits hydrauliques ne dépassent la valeur prescrite.

«Ni» n'a pas de traduction immédiate dans notre symbolisme. Nous allons donc modifier l'énoncé de manière à n'utiliser que les opérations connues: En l'absence d'excès de température *ou* de pression, l'opération sera déclenchée. L'expression «en l'absence de» est évidemment une négation. Si T et P sont les contrôles respectifs d'un dépassement de température ou de pression et M la mise en route de l'opération, on aura:

$$M = \text{négation de } (T \text{ ou } P)$$

et en utilisant la notation algébrique:

$$M = \overline{T + P}$$

Le schéma fonctionnel sera, celui de la *figure 4*.

Nous savons maintenant que *ni* peut se traduire par l'opération *ou* suivie de *non*. On voit donc qu'un simple raisonnement permet de conduire à une solution valable. L'analyse mathématique par l'algèbre de Boole n'est en fait qu'une manière plus rapide d'arriver au même résultat et, parmi un certain nombre de solutions, de choisir la plus simple.

Fonctions logiques et unités logiques

C'est intentionnellement que nous avons omis de préciser la nature des grandeurs utilisées dans ces éléments d'opération. Elle peut être aussi bien électrique qu'hydraulique, pneumatique, mécanique ou autre. A l'heure actuelle, deux systèmes sont principalement utilisés dans la commande des machines. Ce sont les relais électromagnétiques et les relais statiques. Le relais électromagnétique est un élément extrêmement courant, dans lequel la tension de commande est appliquée à une bobine provoquant l'attraction d'une ancre qui ouvre ou ferme un certain nombre de contacts. Le passage ou l'arrêt du courant dans le circuit de sortie est donc soumis au déplacement d'organes mobiles.

Dans le relais statique, au contraire, le courant de sortie est commandé par des amplificateurs électroniques ou magnétiques ne comportant aucune pièce mobile.

Ces deux groupes d'éléments permettent de réaliser des fonctions logiques, c'est-à-dire de constituer des circuits résolvant les différentes opérations logiques. Nous passerons en revue ici quelques-uns des procédés utilisés, en nous limitant toutefois, d'une part, aux relais conventionnels et, d'autre part, aux circuits à diodes et transistors.

Il faut tout d'abord définir le signal logique, c'est-à-dire attribuer une correspondance électrique aux états 0 et 1. Dans les circuits à contacts, 0 sera repré-

Algebra kann der unser Problem definierende Satz einfach folgenderweise geschrieben werden:

$$A = S + \bar{N} \cdot V$$

Man kann nun den N-Pol durch andere Elemente ersetzen, welche die nötigen Operationen ausführen (*Fig. 3*).

Es ist interessant, festzustellen, dass diese drei Operationen – *und*, *oder* und *nicht* – die Lösung aller logischen Probleme ermöglichen. Man kann also sagen, dass es genügt, das Problem klar zu definieren, um damit auch gleich die Lösung zu erhalten. Immerhin müssen gewisse Aussagen etwas geändert werden, damit sie in algebraische Form gebracht werden können.

Beispiel: Ein Vorgang soll an einer Maschine nur ausgelöst werden, falls weder die Temperatur noch der Druck der hydraulischen Kreise die vorgeschriebenen Werte überschreiten.

«Weder...noch» kann nicht direkt in unsern Symbolismus übersetzt werden. Man muss vielmehr die Aussage derart abändern, dass nur bekannte Operationen verwendet werden: Wenn die Temperatur *oder* der Druck nicht überschritten sind. Falls T und P die Anzeigen einer Temperatur- beziehungsweise Druck-überschreitung sind und M das Auslösesignal des Vorgangs, so haben wir:

$$M = \text{Negation von } (T \text{ oder } P)$$

die algebraische Schreibart heisst:

$$M = \overline{T + P}$$

Das funktionelle Schema wäre also *Figur 4*



Fig. 4

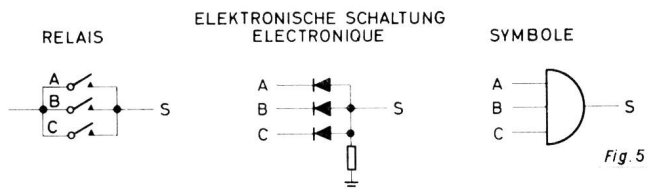
Wir wissen nun, dass «weder...noch» durch die Folge der Operation *oder* und *nicht* ausgedrückt werden kann. Wir sehen also, dass eine einfache Überlegung eine gültige Lösung liefert. Die mathematische Analyse der Boole'schen Algebra ist tatsächlich nur eine Art und Weise, schneller zum gleichen Resultat zu kommen und unter einer Anzahl von Lösungen die einfachste zu wählen.

Logische Funktion und Einheiten

Wir haben absichtlich den physikalischen Charakter der in diesen Grundoperationen verwendeten Größen nicht festgelegt. Er kann sowohl elektrischer, hydraulischer, pneumatischer, mechanischer als auch anderer Art sein. Gegenwärtig werden hauptsächlich zwei Systeme bei der Steuerung von Maschinen verwendet. Es sind die elektromagnetischen und die statischen Relais. Das elektromagnetische Relais ist ein sehr verbreitetes Element, bei dem die Steuerungsspannung an eine Spule gelegt wird, die das Anziehen eines Ankers, der eine Anzahl von Kontakten

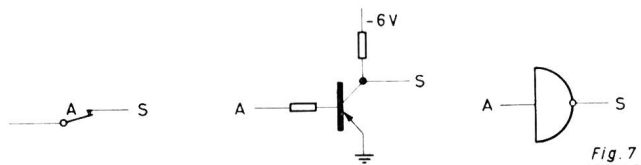
senté par un contact ouvert, 1 par un contact fermé. Pour les circuits électroniques, nous utiliserons ici la convention adoptée dans nos unités, 0 correspondant à une tension nulle, 1 à une tension continue de -6 V .

Fonction ou: Il suffit que l'une des entrées d'un circuit ou soit à l'état 1 pour que sa sortie y soit également. C'est manifestement le cas pour des contacts de relais montés en parallèle. Cette même fonction est aussi réalisée par des diodes montées comme le montre la *figure 5*.



Fonction et: Ici, toutes les entrées doivent être à l'état 1 pour que la sortie y soit aussi. Des contacts en série de même que le circuit à diodes de la *figure 6* réalisent cette condition.

Fonction non: L'état de la sortie est toujours l'inverse de celui de l'entrée. Un contact de repos ou un transistor monté en émetteur à la masse permet d'obtenir cette fonction (*fig. 7*).



Sous la forme décrite, les circuits logiques électroniques seraient d'un emploi peu pratique pour diverses raisons. Tout d'abord, les circuits passifs à diodes présentent l'inconvénient d'affaiblir le signal logique. D'autre part, il faudrait pour chaque assemblage se préoccuper de savoir s'il est nécessaire d'intercaler des amplificateurs de courant ou de tension. En un mot, il faudrait connaître le schéma de détail de l'élément et son fonctionnement du point de vue électronique.

Dans notre idée, il s'agissait de créer un jeu de construction devant permettre de réaliser n'importe quel ensemble logique sans qu'il soit nécessaire d'avoir aucune connaissance d'électronique, ni même de savoir que les circuits comportent des transistors. Enfin, la présentation doit être pratique, l'exécution robuste, avec pour premier objectif leur application à l'industrie.

Ce dernier point rendait inutile le développement d'éléments extrêmement rapides et par là, délicats, tels qu'ils sont utilisés dans le calcul électronique, où les événements se succèdent à une cadence qui peut atteindre des dizaines de millions par seconde. A l'échelle de la machine, la milliseconde est une unité suffisamment courte. Or, bien que nos unités soient

ouvre ou ferme, agit. Das Schließen oder Unterbrechen des Stromes im Ausgangskreis wird also durch die Verschiebung beweglicher Organe hervorgerufen.

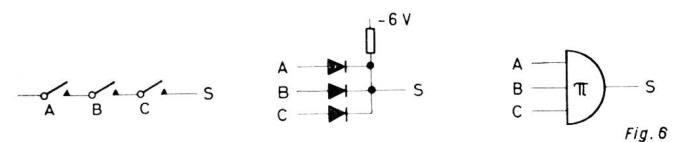
Beim statischen Relais wird hingegen der Ausgangsstrom durch elektronische oder magnetische Verstärker gesteuert, ohne Verwendung von beweglichen Teilen. Diese beiden Gruppen von Elementen ermöglichen es, logische Funktionen zu realisieren, das heisst Kreise aufzubauen, welche die verschiedenen logischen Operationen durchführen. Wir geben hier eine Übersicht über einige der verwendeten Verfahren, werden uns jedoch einerseits auf die üblichen Relais und andererseits auf die Dioden und Transistor-schaltungen beschränken.

Zuerst muss das logische Signal definiert werden, das heisst, die logischen 0 und 1 sind den zwei Betriebszuständen zuzuordnen.

In Schaltungen mit Kontakten entspricht der 0 ein offener Kontakt, der 1 ein geschlossener Kontakt. Für die elektronischen Schaltungen benützen wir hier die für unsere Einheiten gewählte Konvention: 0 entspricht der Spannung 0; 1 entspricht einer Spannung von -6 V .

Oder-Funktion: Der Ausgang einer Oder-Schaltung ist 1, wenn einer der Eingänge ebenfalls 1 ist. Dies ist der Fall für Kontakte, die parallel geschaltet sind. Diese Funktion wird auch durch die Dioden-Schaltung der *Figur 5* erfüllt.

Und-Funktion: Der Ausgang einer Und-Schaltung ist 1, wenn alle Eingänge gleichzeitig 1 sind. In Serie geschaltete Kontakte sowie die Diodenschaltung der *Figur 6* erfüllen diese Funktion.



Nicht-Funktion: Der Ausgang und der Eingang befinden sich immer in einem entgegengesetzten Zustand. Dies ist der Fall für einen Ruhekontakt oder für einen Transistor in Emitterschaltung (*Fig. 7*).

In dieser Form wären die elektronischen logischen Schaltungen aus verschiedenen Gründen unpraktisch. Vor allem ergeben die passiven Diodenkreise eine Abschwächung des logischen Signals, andererseits ist es nötig, zu wissen, wo Strom- oder Spannungsverstärker eingesetzt werden müssen. Mit andern Worten: das Detailschema jedes Elements müsste berücksichtigt werden.

Unser Ziel war die Entwicklung einer Anzahl von Einheiten nach dem Baukastensystem, deren Verwendung keine besonderen elektronischen Kenntnisse erfordert. Diese Einheiten müssen robust und praktisch gebaut sein.

Ihre Anwendung für industrielle Steuerungen verlangt keine sehr kurze Schaltzeit, wie es etwa bei

lentes à la mesure de l'électronique, il faut en connecter au moins vingt en cascade pour que le retard total atteigne un millième de seconde. La durée de vie élevée des semi-conducteurs a permis d'autre part de mettre l'accent sur la sécurité, grâce à l'utilisation de composants largement dimensionnés et d'un matériel de qualité. Enfin, la création d'un certain nombre d'unités auxiliaires rend possible la résolution de la plupart des problèmes logiques sans faire intervenir aucun élément mobile, donc sans usure.

Unités auxiliaires

Une grandeur que nous n'avons pas encore considérée est le temps. En effet, les éléments d'une machine travaillent généralement l'un après l'autre, et il faut pouvoir stocker des informations, les restituer au moment voulu et attribuer des durées déterminées à certaines opérations. C'est pourquoi des mémoires et des temporisateurs ont été introduits dans la gamme des unités logiques.

Les mémoires permettent à tout instant de savoir si un événement s'est produit ou non, et cela même si le signal logique qui le représente a disparu depuis. On en utilisera par exemple lorsqu'une impulsion de courte durée doit provoquer le départ d'une opération. Une nouvelle impulsion, appliquée à une autre entrée, effacera la mémoire et entraînera l'arrêt de l'opération. Une mémoire peut être constituée par les circuits logiques de base (fig. 8). L'équivalent est fourni par un relais à contact de maintien.

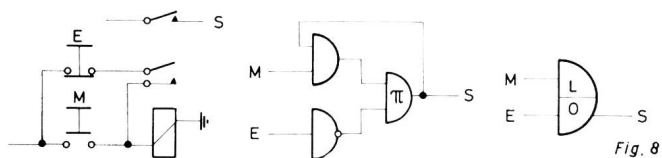


Fig. 8

Les temporisateurs sont destinés à différer dans le temps l'apparition ou la disparition d'un signal logique, tout comme le fait un relais retardé à l'attraction ou à la chute (fig. 9). Cela permet entre autres choses d'organiser des séquences de travail.

Enfin, pour assurer la liaison entre le système sous contrôle et l'ensemble logique, des circuits de mise en forme convertissent les grandeurs d'entrée en signaux logiques normalisés, tandis que des amplificateurs de sortie peuvent actionner directement les éléments d'une machine tels que des embrayages électromagnétiques, des électro-valves, des contacteurs de puissance, etc.

Comparaison entre les commandes logiques et à relais

La longévité d'un *relais* est caractérisée d'une part par sa durée de vie mécanique, qui tient compte de la possibilité d'usure ou de rupture des pièces mobiles,

Rechenmaschinen der Fall ist. Für Werkzeugmaschinen sind Zeitintervalle von 1 ms genügend klein. Obwohl unsere Einheiten in bezug auf die Elektronik verhältnismässig langsam sind, ist die Verzögerung bei einer Serieschaltung von zwanzig Einheiten immer noch kleiner als 1 ms. Dank der sehr langen Lebensdauer der Halbleiter und der Wahl von hochwertigen und reichlich bemessenen Elementen ist eine grosse Sicherheit gewährleistet. Die Entwicklung von Hilfseinheiten ermöglicht, die meisten logischen Probleme ohne mechanische Vorrichtungen, die bewegliche Teile aufweisen, zu lösen.

Hilfseinheiten

Eine Grösse, die bis jetzt nicht in Betracht gezogen wurde, ist die Zeit. In Wirklichkeit arbeiten die verschiedenen Elemente einer Maschine nacheinander, so dass es nötig ist, Informationen zu speichern, um sie im richtigen Zeitpunkt abzugeben. Gewissen Vorgängen soll eine vorbestimmte Zeit zugeordnet sein. Zu diesem Zweck sind Speicher und Verzögerungsglieder in die Reihe unserer Einheiten eingeschlossen.

Die *Speicher* ermöglichen, zu jeder Zeit zu wissen, ob ein Ereignis eingetreten ist, auch wenn das Steuersignal verschwunden ist. Solche Speicher finden Verwendung bei Vorgängen, die durch einen kurzen Impuls ausgelöst werden. Ein Impuls an einem andern Eingang löscht den Speicher und beendet den Vorgang. Die geeignete Verbindung von Grundschaltungen erlaubt ebenfalls den Aufbau von Speichern. Ein Relais mit Haltekontakt erfüllt dieselbe Funktion (Fig. 8).

Die *Zeitglieder* verzögern das Erscheinen oder Verschwinden eines logischen Signals. Diese Funktion wird auch durch ein Zeitrelais erfüllt (Fig. 9).

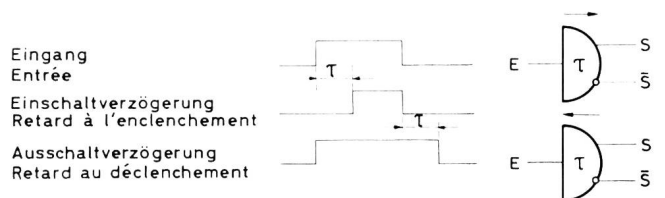


Fig. 9

Die Verbindung zwischen der Maschine und der Steuereinrichtung wird einerseits von *Eingangseinheiten*, welche die Eingangsgrössen in logische Signale umwandeln und andererseits von Ausgangsverstärkern vorgenommen, welche die elektromagnetischen Kuppungen, Magnetventile und Leistungsschützen kontaktlos steuern.

Vergleich zwischen elektronischer und Relais-Steuerung

Die Lebensdauer eines *Relais* hängt von zwei Faktoren ab: der mechanischen Festigkeit und der elektrischen Kontaktabnutzung.

d'autre part par la durée de vie en charge qui, elle, dépend de la tension et du courant appliqués aux contacts. Les chiffres indiqués par les constructeurs sont en eux-mêmes assez encourageants; pour les bons relais actuels, dix millions d'opérations ou plus pour la première caractéristique, cent mille à un million pour la seconde.

Ce n'est pourtant pas suffisant; un relais travaillant en moyenne une fois par seconde accomplira en un an plus de trente millions d'opérations. Dans les machines modernes, les cadences sont fréquemment très rapides, ce qui met à rude épreuve les dispositifs de commande. On omet en outre volontiers de tenir compte des conditions de fonctionnement, comme le montre cet argument souvent entendu: «Si les relais sont si peu sûrs que cela, comment se fait-il que le téléphone fonctionne si bien?». Les équipements téléphoniques sont le plus souvent installés dans des locaux spéciaux, propres, souvent même dépoussiérés et des équipes d'entretien règlent et nettoient périodiquement les contacts de chacun des milliers de relais d'un central. Dans un atelier où travaillent des machines-outils, la poussière, les vapeurs d'huile, les particules métalliques contribuent fortement à diminuer la sécurité des contacts.

Les *unités logiques*, elles, ont une durée de vie qui est indépendante du nombre d'opérations effectuées et qui peut être assimilée à celle des transistors eux-mêmes, dont la longévité est assez mal connue par suite du manque de recul. L'expérience actuelle montre que la durée de vie des semi-conducteurs est très grande et dépend des conditions d'emploi ainsi que des critères utilisés pour constater leur destruction. En effet, il est rare qu'un transistor devienne brusquement et totalement inutilisable, s'il n'a pas été soumis à des tensions ou des courants anormaux. Par contre, on constate un certain vieillissement qui se traduit par une diminution de l'amplification et par un accroissement du courant de fuite. Dans nos unités, les schémas utilisés ont été calculés de manière qu'une diminution du coefficient d'amplification de courant au tiers de sa valeur nominale ainsi qu'un accroissement de cent fois du courant de fuite n'aient aucune influence sur le fonctionnement. On peut estimer que la durée de vie sera, dans ces conditions, d'une dizaine d'années ou plus.

Le facteur rapidité peut également revêtir une grande importance. Un relais demande de 10 à 30 ms pour réagir à un signal d'entrée. En 30 ms, un élément de machine se mouvant à 100 mm/s parcourt 3 mm. Il est donc souhaitable, lorsqu'on veut obtenir une action précise, que le système de contrôle n'introduise pas de retard dans la transmission des informations. Là, également, les unités logiques présentent un avantage intéressant, leur temps de réponse étant en général négligeable.

L'encombrement d'un ensemble de commande n'est pas un élément primordial dans une commande de machine, les volumes dont on dispose étant d'ordinaire bien suffisants, sauf peut-être pour des systèmes

Hersteller geben für den ersten Faktor eine Schaltzahl von 10^7 oder mehr und für den zweiten $10^5 \dots 10^6$ an. Dies ist jedoch nicht befriedigend, da ein Relais, das jede Sekunde arbeitet, im Jahr etwa 30 Millionen Schaltungen ausführt. In modernen Maschinen laufen die Arbeitsvorgänge sehr rasch ab, was zu einem hohen Verschleiss der Steuereinrichtungen führt. Häufig berücksichtigt man die besonderen Betriebsbedingungen in Maschinen nicht. Telephonzentralen, die mit einer grossen Zahl von Relais bestückt sind, befinden sich meist in klimatisierten, staubfreien Räumen. Spezialisierte Unterhaltsequipen kontrollieren und überwachen periodisch die Anlagen. In mechanischen Werkstätten dagegen, unter dem Einfluss von Staub, Öldämpfen, Metallteilen usw., ist die Betriebssicherheit von Kontakten bedeutend geringer.

Bei *logischen Einheiten* wird die Lebensdauer nicht von der Schalthäufigkeit beeinflusst, sondern sie ist nur durch die Lebensdauer der verwendeten Halbleiterelemente gegeben. Die Erfahrung zeigt, dass die Lebensdauer dieser Elemente sehr hoch ist. Sie wird allerdings durch die Arbeitsbedingungen beeinflusst. Ein Transistor, der unter normalen Strom- und Spannungsbedingungen arbeitet, wird selten plötzlich unbrauchbar. Hingegen weist er eine gewisse Alterung, das heisst eine Verminderung der Stromverstärkung und eine Erhöhung des Sperrstromes auf. Die in unseren Einheiten verwendeten Schaltungen sind durch diese Effekte nicht beeinflusst: Eine dreimal zu kleine Stromverstärkung sowie ein hundertmal zu grosser Sperrstrom sind zulässig. Unter solchen Umständen kann man annehmen, dass eine Lebensdauer von 10 oder mehr Jahren erwartet werden darf.

Ebenfalls muss in gewissen Fällen die Schaltzeit berücksichtigt werden. Für ein normales Relais liegt diese Zeit zwischen 10 und 30 ms. Für ein Maschinenelement, das sich mit einer Geschwindigkeit von 100 mm/s bewegt, entspricht eine Zeit von 30 ms einem Weg von 3 mm. Es ist also wichtig, dass die Steuereinrichtung keine Verzögerung einführt, wenn eine genaue Wirkung erwünscht ist. Auch hier sind die logischen Einheiten vorteilhaft, da ihre Schaltzeit vernachlässigbar ist.

Die Abmessungen einer Steuereinrichtung sind nicht besonders wichtig, da die zur Verfügung stehenden Volumen im allgemeinen genügend sind. Dies ist der Grund, weshalb die Miniaturisierung unserer Einheiten nicht weiterverfolgt wurde.

Dagegen haben wir auf eine sehr einfache Verwendbarkeit geachtet. Wie bereits gesagt, trägt eine genaue Problemstellung die Lösung in sich. Es bleibt also nur noch übrig, die Einheiten, welche die gewünschten Funktionen ausführen, in die richtige Anordnung zu bringen. Es ist also nicht nötig, die elektrische Wirkungsweise zu berücksichtigen.

Nur die Ein- und Ausgangskreise verlangen eine gewisse Aufmerksamkeit. Selbstverständlich sind nicht alle Probleme so einfach wie unser Beispiel. Die Erfahrung beweist jedoch, dass ein

très complexes. C'est pourquoi nos éléments, bien que d'un format réduit, n'ont pas été miniaturisés à l'extrême.

Nous avons mis l'accent, par contre, sur la souplesse et la facilité d'emploi. Comme nous l'avons dit, l'énoncé correct d'un problème comporte en lui-même sa solution. Il ne reste plus alors qu'à disposer les unités de manière à effectuer les opérations désirées sur les variables mises en jeu, en dehors de toute considération électronique. Seuls les circuits d'entrée et de sortie demanderont une attention plus particulière. Certes, tous les problèmes ne se résument pas par une phrase aussi simple que celle vue précédemment, mais l'usage nous a montré que la résolution d'un système même complexe était plus aisée avec les unités logiques qu'à l'aide de relais.

Enfin, la comparaison des prix d'une commande à relais ou à unités logiques est en faveur des premiers pour des systèmes très simples, mais tend vers l'égalité pour des ensembles plus complexes.

Exécution des unités logiques

Comme nous l'avons déjà dit, nous avons voué toute notre attention à la robustesse des unités et cela aussi bien en ce qui concerne leurs caractéristiques électriques que mécaniques (*fig. 10*).

Les éléments sont montés sur un circuit imprimé dont la base est constituée par un stratifié epoxy-verre d'une solidité et d'une stabilité à toute épreuve. Les parties conductrices du circuit sont traitées galvaniquement et l'ensemble est enfermé dans un boîtier en polycarbonate. Une résine silicone remplissant l'unité assure l'étanchéité et le maintien des éléments.

Les unités sont enfichables sur un socle à douze broches muni d'un dispositif de guidage et de verrouillage.

Adresse de l'auteur: Jean Engdahl, électrotechnicien, c/o Ebauches S.A., Département Oscilloquartz, Neuchâtel.

kompliziertes Problem leichter mit logischen Einheiten als mit Relais zu lösen ist.

Ein Preisvergleich zeigt, dass Relais günstiger als die logischen Einheiten sind, solange es sich um einfache Steuerungen handelt. Dieser Vorteil verschwindet jedoch für grössere Anlagen.

Ausführung der logischen Einheiten

Wie erwähnt, wurde der Betriebssicherheit der Einheiten besondere Beachtung geschenkt, sowohl in mechanischer als auch in elektrischer Hinsicht.

Die Bestandteile werden auf eine gedruckte Schaltung gelötet, deren Basismaterial ein Glas-Epoxy-Isolierstoff ist. Festigkeit und Stabilität dieses Materials sind ausgezeichnet. Die leitenden Teile der Schaltung sind galvanisch behandelt, und die Einheit wird in einem Kunststoffgehäuse untergebracht. Die Einheiten sind mit Silikonharz ausgegossen, was einen ausgezeichneten Schutz gegen klimatische und mechanische Einflüsse ergibt (*Fig. 10*).

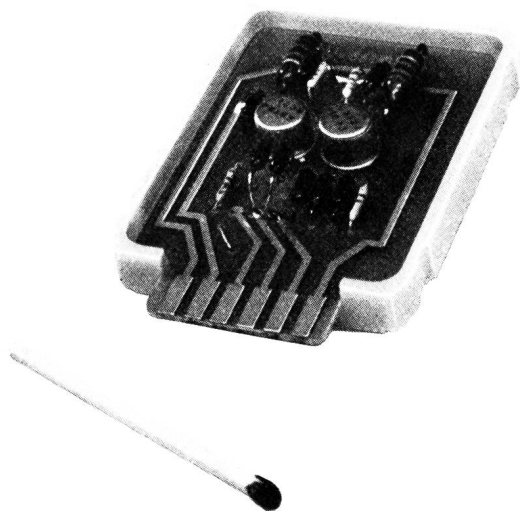


Fig. 10

Diese Einheiten sind in einen 12poligen Sockel steckbar, der mit einem Führungs- und Befestigungssystem ausgerüstet ist.