Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 60 (1969)

Heft: 1

Artikel: Quelques modes de représentation et de synthèse des systèmes logiques séquentiels synchrones et asynchrones

Autor: Florine, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916114

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: 14.07.2025

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

Quelques modes de représentation et de synthèse des systèmes logiques séquentiels synchrones et asynchrones [1])

Par *J. Florine*, Bruxelles

2580 - 2584

681.325.65

On décrit comment un système séquentiel peut être décomposé en un système combinatoire associé à l'emploi d'un certain nombre d'organes de mémoire. On passe ensuite en revue les différentes étapes d'une méthode systématique de synthèse des systèmes séquentiels asynchrones à niveaux logiques. La deuxième partie est consacrée aux systèmes séquentiels synchrones utilisant des bascules bistables commandées par des impulsions.

Der Bericht beschreibt die Aufgliederung eines sequentiellen Systemes in ein kombiniertes System, welches mit der Benützung einer gewissen Anzahl von Speicherwerken verbunden ist. Die verschiedenen Etappen einer systematischen Synthese der asynchronen sequentiellen Systeme mit logischen Pegeln werden anschliessend untersucht. Der zweite Teil bezieht sich auf synchrone sequentielle Systeme, welche mit bistabilen, durch Impulse gesteuerte Schalter ausgerüstet sind.

1. Introduction

On considère un système binaire présentant un certain nombre n d'entrées et un certain nombre r de sorties. A chacune des entrées, on associe une variable binaire x tandis qu'à chacune des sorties, on associe une fonction binaire Z. Comme chacune de ces variables et fonctions binaires ne peut, par définition, prendre que l'une des deux valeurs 0 ou 1, il y aura 2^n combinaisons de valeurs des variables d'entrée et 2^r combinaisons de valeurs des fonctions de sortie.

On appellera respectivement ces combinaisons de valeurs, des «états d'entrée» et des «états de sortie» du système.

Le fonctionnement de ce dernier peut être décrit par les relations liant les états d'entrée aux états de sortie. Si à un même état d'entrée correspond toujours un même état de sortie, on dit que le système est combinatoire ou matriciel. Si par contre, à un même état d'entrée peuvent correspondre différents états de sortie, par exemple selon l'ordre dans lequel les états d'entrée ont été présentés, le système est dit séquentiel. Ce dernier type de système est aussi appelé un système à mémoire parce qu'il nécessite une certaine mémorisation interne des états précédents par lequel il est passé. Une correspondance entre un état d'entrée et un état de sortie est appelée une phase de séquence. Plusieurs séquences différentes peuvent repasser par les mêmes phases.

Montrons tout d'abord que l'on peut construire tout système séquentiel à partir d'un système purement combinatoire (fig. 1) associé à l'emploi d'un certain nombre d'organes de mémoire.

Les variables x d'entrée du système combinatoire intérieur sont celles du système séquentiel global. Les fonctions de sortie Z du système séquentiel sont également des fonctions de sortie du système combinatoire. Aux fonctions Z de sortie de ce dernier, on a ajouté m fonctions Y dites «auxiliaires» ou «de mémorisation» qui diffèrent des fonctions Z par le fait que les sorties des organes de mémoire qu'elles commandent sont utilisées, en rétroaction, comme variables d'entrée, en plus des variables x (fig. 1). On peut donc représenter le fonctionnement du système combinatoire par un système de $n + m$ équations relatives à chacune des fonctions Z et Y.

$$\begin{cases} Z_j(t) = f_j\,[x_1(t)...x_n(t);\ y_1(t)...y_m(t)] \\ Y_i(t) = g_i\,[x_1(t)...x_n(t);\ y_1(t)...y_m(t)] \end{cases}$$

Lorsque la valeur à l'entrée d'un organe de mémoire est telle qu'elle doit provoquer une modification de la valeur à sa sortie, celle-ci ne se produit pas intantanément mais après un certain retard ou temps de réponse de l'organe de mémoire.

Ainsi, on écrira d'une manière générale que:

$$y_i(t) = Y_i\,(t - \Delta t)$$

où Δt est un intervalle de temps supérieur au temps de réponse de l'organe de mémoire considéré.

Si l'on introduit ces dernières équations relatives aux organes de mémoire dans le système d'équations caractérisant le fonctionnement du système combinatoire, on obtient:

$$\begin{cases} Z_j(t) = f_j\,[x_1(t)...x_n(t);\ Y_1\,(t - \Delta t)...Y_m\,(t - \Delta t)] \\ Y_i(t) = g_i\,[x_1(t)...x_n(t);\ Y_1\,(t - \Delta t)...Y_m\,(t - \Delta t)] \end{cases}$$

Ce dernier système d'équations représente bien le comportement du système séquentiel global puisque la valeur de chacune des fonctions Z et Y à un instant t dépend de celle des variables x d'entrée à ce même instant t, et aussi des valeurs

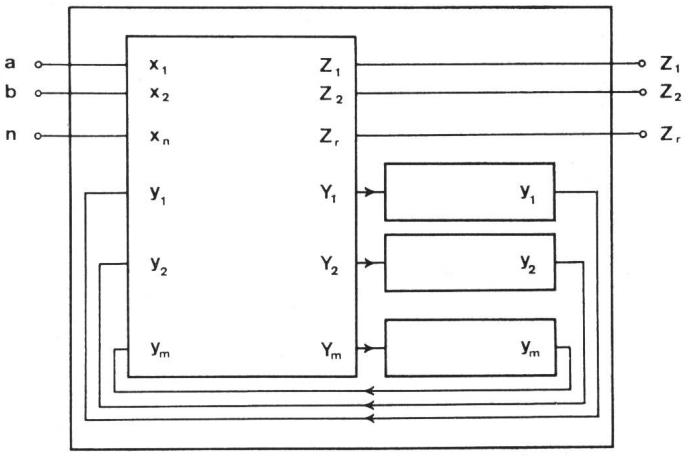


Fig. 1
Représentation schématique d'un système logique séquentiel
Le grand bloc intérieur figure un système purement combinatoire. Les petits blocs intérieurs représentent des organes de mémoire
a, b, n variables d'entrée du système séquentiel; x_1, x_2, x_n variables d'entrée du système combinatoire intérieur; Z_1, Z_2, Z_r fonctions de sortie du système séquentiel; Y_1, Y_2, Y_m fonctions auxiliaires de mémorisation; y_1, y_2, y_m variables auxiliaires de mémorisation

[1]) Conférence présentée au «Colloque sur les systèmes logiques séquentiels» tenu à l'Institut d'Electrotechnique de l'EPUL, le 25 avril 1968.

qu'avaient les fonctions de mémorisation Y à un instant immédiatement antérieur $(t - \Delta t)$. On peut donc suivre par itération tout le comportement séquentiel du système.

S'il n'y avait pas de fonction Y_i et par conséquent pas de variable y_i, le système serait purement combinatoire et ne comprendrait aucun organe de mémoire. Il se réduirait alors à

$$Z_j(t) = f_j\,[x_1(t)...x_n(t)]$$

où les valeurs des deux membres sont définies à un même instant t.

Si dans un système séquentiel, au moins un des y_i n'a pas la même valeur que le Y_i correspondant, on dit que le système se trouve dans un état instable. Il évoluera alors spontanément vers un état stable tel que tous les y_i auront pris la valeur des Y_i correspondants.

Résoudre un problème relatif à la conception d'un système séquentiel revient à déterminer les fonctions Y_i dont même le nombre nécessaire n'est pas connu a priori. Une fois que ces fonctions seront déterminées, on est ramené à un problème de synthèse d'un système combinatoire.

2. Systèmes séquentiels asynchrones à séquence unique

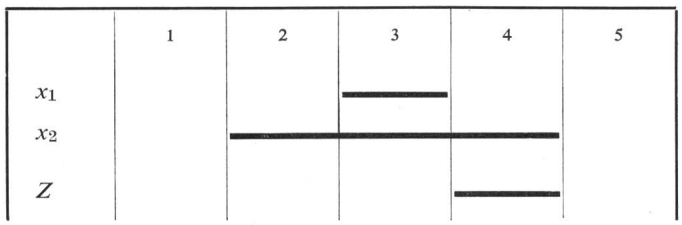
L'exemple traité concerne un système logique présentant deux entrées (variables x_1 et x_2) et une sortie (fonction Z). Une première représentation du fonctionnement d'un système séquentiel à séquence unique est celle où l'on indique graphiquement la succession des phases en fonction du temps.

Soit le problème suivant: Initialement les variables d'entrée x_1 et x_2 ont la valeur 0 et la fonction de sortie Z a également la valeur 0. On enclenche x_2 puis on enclenche x_1 tout en maintenant x_2 à la valeur 1. La fonction de sortie Z a toujours la valeur 0. Ensuite, on déclenche x_1 et l'on désire que Z prenne la valeur 1. Enfin, on déclenche x_2 et Z reprend la valeur 0. La succession des cinq différentes phases de cette séquence unique est représentée par le tableau I.

Fonctionnement d'un système séquentiel ne pouvant présenter qu'une seule séquence de cinq phases

La présence d'un trait en regard d'une variable ou fonction marque que celle-ci a la valeur 1 dans la phase considérée
L'absence du trait représente la valeur 0

Tableau I



Sur cette figure, on remarque le caractère séquentiel du système puisqu'à un même état des variables d'entrée (phases 2 et 4 : $x_1 x_2 = 01$) doivent correspondre des états différents des fonctions de sortie (phases 2 : $Z = 0$, phase 4 : $Z = 1$).

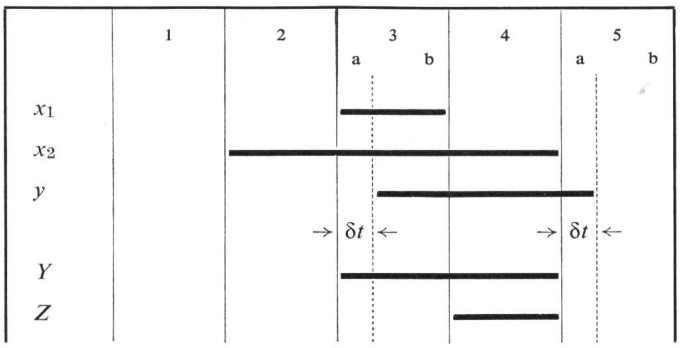
Le tableau II montre comment l'introduction d'une fonction auxiliaire «Y» et son utilisation en rétroaction comme variable «y» permet de lever le caractère séquentiel du système. Le problème séquentiel sera ainsi transformé en un problème purement combinatoire par l'introduction d'un seul organe de mémoire d'entrée Y et de sortie y.

Une autre représentation du même système séquentiel donné en exemple ci-avant est indiquée par une «table de

Fonctionnement d'un système séquentiel après introduction d'une fonction Y de mémorisation permettant la transformation en un système purement combinatoire

La phase 5b est identique à la phase 1

Tableau II



séquence» (tableau III). Afin de mieux faire la liaison avec la représentation du tableau II, on a repris la même numérotation des phases stables 1, 2, 3b, 4 et 5b et instables 3a et 5a dans la colonne de gauche du tableau III.

Table de séquence de l'exemple donné par le tableau II

Tableau III

Phase	x_1	x_2	y	Y	Z	
1	0	0	0	0	0	
2	0	1	0	0	0	
3a	1	1	**0**	**1**	0	instable
3b	1	1	1	1	0	
4	0	1	1	1	1	
5a	0	0	**1**	**0**	0	instable
5b	0	0	0	0	0	

3. Systèmes séquentiels asynchrones à séquences multiples

a) Les deux représentations indiquées dans le paragraphe précédent ne peuvent malheureusement convenir lorsque les séquences prévues sont nombreuses et qu'elles comprennent de nombreux embranchements divers. On aura alors recours à une troisième représentation dite de la «table des états».

Le problème donné en exemple concernera le fonctionnement d'une bascule bistable de type *j-k*, asynchrone et commandée par les variations des niveaux logiques appliqués aux entrées j et k. Une fois établie, la table des états de cet organe permettra de construire des structures équivalentes commandées par des niveaux logiques. Ceci est particulièrement intéressant pour réduire l'influence des parasites ou aussi pour l'élaboration de circuits ne comprenant ni dérivateurs, ni condensateurs, comme c'est le cas pour la plupart des circuits intégrés.

Soit j et k les variables d'entrée et y la fonction de sortie de la bascule. Dans une table des états, on indique en tête de colonne les quatre états possibles des deux variables d'entrée (tableau IV).

En tête de ligne, on indiquera les états des variables auxiliaires. Comme même le nombre de ces derniers n'est pas connu a priori, on écrit initialement une seule phase stable par ligne (chiffres gras).

Le tableau IV sera construit en suivant les diverses séquences de fonctionnement de la bascule *j-k*. Ainsi, la sortie «y»

enclenche pour une chute de j tandis que «y» déclenche pour une chute de k. Lorsque j et k déclenchent simultanément, la sortie «y» change de valeur.

Table des états primitive d'une bascule bistable j-k *commandée par variations de niveaux logiques*

Tableau IV

	jk 00	01	11	10
0	**1**	2	3	4
0	1	**2**	3	4
0	5	6	**3**	4
0	5	6	3	**4**
1	**5**	6	7	8
1	1	**6**	7	4
1	1	6	**7**	4
1	5	6	7	**8**
y				

Pour passer d'une phase stable vers une autre, il faut modifier l'état des entrées (translation horizontale dans la table). Le système passe alors spontanément (translation verticale) vers la phase stable correspondant à l'adresse (chiffre non gras) rencontrée après la translation horizontale.

On cherche ensuite à réduire le nombre de lignes du tableau IV, afin de pouvoir utiliser moins de fonctions auxiliaires, donc moins d'organes de mémoire. Dans ce but, on recherche tout d'abord d'éventuelles phases stables équivalentes.

Pour que deux phases soient équivalentes, il faut qu'elles aient le même état d'entrée, le même état de sortie et que les transitions conduisent soit vers de mêmes phases, soit vers des phases équivalentes entre elles.

Une seconde opération permettant de réduire le nombre de lignes d'une table des états est le fusionnement. Deux lignes peuvent fusionner si leur phase stable correspond à un état d'entrée différent, et si toutes les transitions à partir de cette phase stable se font vers de mêmes phases.

Dans l'exemple du tableau IV, on fusionnera les lignes 1 et 2, 3 et 4, 5 et 8, 6 et 7. On obtient alors le tableau V.

Table des états d'une bascule bistable j-k, *après fusionnement*

Tableau V

	jk 00	01	11	10
00	**1**	**2**	3	4
01	5	6	**3**	**4**
11	**5**	6	7	**8**
10	1	**6**	**7**	4
yw				

A chacune des lignes de la table fusionnée, on assigne alors un état des variables auxiliaires ou de sortie. Dans le cas présent, l'adjonction d'une seule fonction auxiliaire W suffit et l'on utilisera aussi la fonction de sortie Y elle-même, en rétroaction, tout comme la fonction W.

Comme pour chaque état stable, l'état des fonctions YW est identique à celui des variables yw, on pourra remplacer dans le tableau V, chacune des appellations décimales des phases stables par l'état des fonctions auxiliaires qui lui a été assigné.

On obtient ainsi le tableau VI, dans lequel on a aussi cherché à éviter la variation simultanée des deux fonctions auxiliaires, ce qui pourrait conduire à des courses entre la réponse des deux organes de mémoire utilisés.

Table de définition des fonctions auxiliaire et de sortie d'une bascule bistable j-k *de type asynchrone*

Tableau VI

YW	*jk* 00	01	11	10
00	**00**	**00**	01	01
01	11	11	**01**	**01**
11	**11**	10	10	**11**
10	00	**10**	**10**	00
yw				

Du tableau VI, on déduit les équations suivantes:

$$Y = \bar{j}w + ky + wy$$
$$W = j\bar{y} + \bar{k}w + w\bar{y}$$

Dans une structure canonique classique, la matérialisation d'un circuit électronique sans dérivateurs présentant la même réponse qu'une bascule asynchrone de type *j-k* demanderait quatre transistors et dix-huit diodes (fig. 2).

b) Dans l'exemple précédent, le problème a été posé sous forme d'une table des états primitive dans laquelle il ne se présentait aucune équivalence de phases. Pour illustrer le cas général que l'on rencontre fréquemment, nous donnerons ici le tableau VII à partir duquel, il est possible d'établir un tableau spécial (tableau VIII) permettant de découvrir aisément et d'une manière systématique les équivalences possibles.

En tête de ligne dans le tableau VIII, on indique les groupes de deux phases qui peuvent être équivalentes parce qu'elles ont

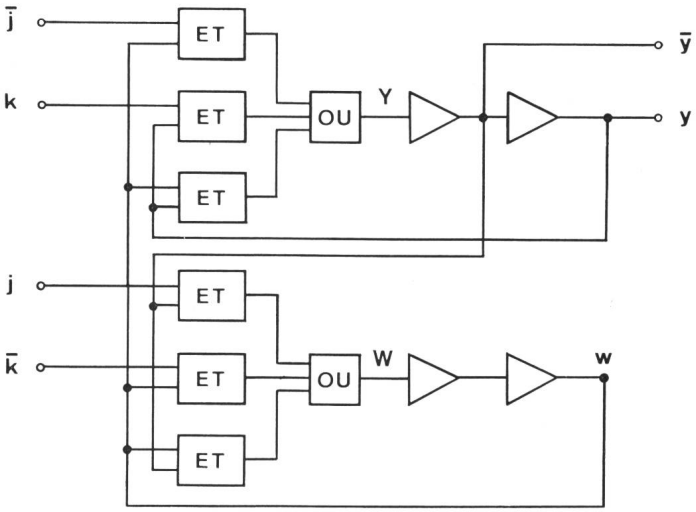


Fig. 2

Circuit logique canonique, sans dérivateurs, présentant le même fonctionnement qu'une bascule bistable de type *j-k*, asynchrone, commandée par des variations de niveaux logiques

j, k entrées de la bascule (compléments) $\bar{j}$ et $\bar{k}$); *y* sortie de la bascule (sortie complémentaire $\bar{y}$); *Y, W* fonctions logiques avant régénération; *w* variable auxiliaire de mémorisation (après régénération); *ET, OU* circuits logiques élémentaires suivis d'inverseurs logiques (triangles)

Table des états primitive comprenant des phases équivalentes

Tableau VII

		$x_1 x_2$ 00	01	11	10
0	**1**	**1**	4	10	—
0	**2**	—	**2**	8	9
0	**3**	**3**	2	10	—
0	**4**	1	**4**	—	9
0	**5**	**5**	—	8	—
0	**6**	3	**6**	8	7
0	**7**	1	6	8	**7**
0	**8**	3	6	**8**	7
1	**9**	1	6	8	**9**
0	**10**	5	—	**10**	7
Z					

Tableau de recherche des équivalences de phases dans la table des états du tableau VII

Tableau VIII

	1–3	1–5	3–5	2–4	[2–6]	[4–6]	8–10
1–3						×	
1–5							
3–5							×
2–4	×						
[2–6]							
[4–6]							
8–10		×	×				
[7–9]					×	×	

le même état d'entrée (même colonne). Parmi ces paires de phases, on supprime celles qui diffèrent par l'état de sortie (Z différent): c'est le cas de la paire 7–9. Toutes les autres paires sont réécrites en tête de colonne.

On marque ensuite par une croix que l'équivalence des deux phases de la paire inscrite en tête de colonne dépend de celle inscrite en tête de ligne. Les paires 2–6 et 4–6 qui dépendent de 7–9 ne peuvent donc être des équivalences.

Par contre, on notera l'équivalence 2–4 qui ne dépend de rien (colonne vide) et celle de 1–3 qui dépend de 2–4 que l'on vient d'admettre; les équivalences entre 3–5 et 8–10 qui dépendent l'une de l'autre et réciproquement et que l'on peut donc admettre simultanément; et enfin celle de 1–5. Pour que plusieurs phases puissent être équivalentes entre elles, il faut qu'elles puissent l'être deux à deux de toutes les façons possibles. On remplacera donc les phases 1–3–5 par la phase 1; 2–4 par la phase 2 et 8–10 par la phase 8.

On obtient le tableau IX après avoir effectué l'opération de fusionnement qui a déjà été décrite.

4. Variations d'une fonction logique séquentielle

Si l'on examine l'expression générale des fonctions auxiliaires donnée au premier paragraphe

$$Y_i(t) = y_i(t + \Delta t) = g_i\,[x_1(t)...x_n(t);\ y_1(t)...y_i(t)...y_m(t)]$$

on constate que la fonction Y_i d'indice i dépend, entre autres, de sa propre variable de rétroaction y_i.

Chacune des m fonctions Y_i dépend donc de $n + m$ variables dont la variable y_i correspondante.

Si l'on présente la fonction Y_i sous sa forme canonique normale, c'est-à-dire comme une somme de produits canoniques, chacun de ces derniers contiendra les $n + m$ variables, y compris la variable y_i relative à la fonction étudiée.

Parmi ces produits canoniques, on séparera ceux qui contiennent effectivement la variable y_i et ceux qui contiennent son complément $\overline{y_i}$. On écrira:

$$y_i(t + \Delta t) = [\varepsilon \overline{y_i} + \mu_1 y_i]_t$$

où ε et μ_1 sont des polynômes dont chaque terme contient $n + m - 1$ variables, soit toutes sauf la variable y_i ou son complément $\overline{y_i}$. D'une manière analogue, on peut présenter le complément $\overline{Y_i}$ de la fonction Y_i sous une forme canonique dans laquelle on séparera également les termes contenant y_i de ceux contenant $\overline{y_i}$.

On écrira:

$$\overline{y_i(t + \Delta t)} = [\mu_0 \overline{y_i} + \delta y_i]_t$$

Dans le polynôme ε figureront toutes les combinaisons des $n + m - 1$ variables telles que y_i va enclencher à l'instant t.

Dans le polynôme μ_1 figureront les combinaisons qui conserveront à y_i la valeur 1 à l'instant t (maintien à 1).

Les termes du polynôme μ_0 sont relatifs aux conditions de maintien à la valeur 0, tandis que ceux du polynôme δ se rapportent aux conditions de déclenchement.

Si la fonction Y_i est complètement définie, chacun des 2^{n+m} produits canoniques figure soit dans l'expression de $y_i(t + \Delta t)$, soit dans celle de $\overline{y_i(t + \Delta t)}$.

Il résulte dans ce cas particulier que $\varepsilon = \overline{\mu_0}$ et que $\delta = \overline{\mu_1}$. On en déduit aussi qu'un terme figurant dans le polynôme ε peut aussi figurer dans les polynômes μ_1 et δ mais jamais

Table obtenue, après élimination des phases équivalentes, à partir du tableau VII

Tableau IX

		$x_1 x_2$ 00	01	11	10
0	**1**	**1**	2	8	–
0	**2**	1	**2**	8	9
0	**6**	1	**6**	8	7
0	**7**	1	6	8	**7**
0	**8**	1	6	**8**	7
1	**9**	1	6	8	**9**
Z					

Table obtenue après fusionnement à partir du tableau IX

Tableau X

	$x_1 x_2$ 00	01	11	10
0	**1**	**2**	8	9
0	1	**6**	**8**	**7**
1	1	6	8	**9**
Z				

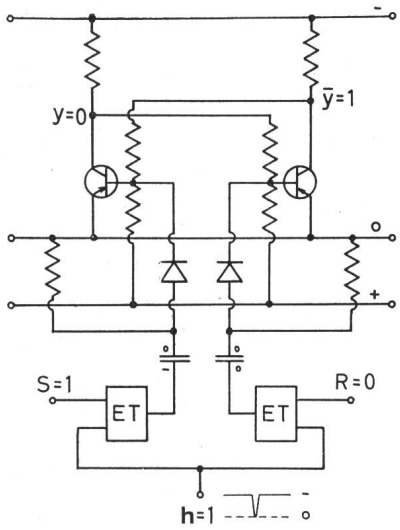


Fig. 3
Exemple de schéma électronique d'une bascule bistable synchronisée de type *S-R-h*
S, R entrées de la bascule bistable (niveaux logiques); *h* entrée de signal de synchronisation (impulsions d'horloge); y, $\bar{y}$ sortie et sortie complémentaire; *ET* circuit logique élémentaire réalisant la fonction *ET*

dans μ_0. Des conclusions analogues peuvent être aisément déduites pour les termes des polynômes μ_1, δ ou μ_0.

Ces notions seront utilisées dans la suite pour établir une table des variations à partir de n'importe quelle table des états.

5. Organes de mémoire des systèmes séquentiels synchrones

Dans un système séquentiel dont le fonctionnement est synchronisé par une horloge, les organes de mémoire sont des bascules bistables présentant une, deux ou plusieurs entrées par niveaux (variables d'entrée caractérisées par une lettre majuscule) ainsi qu'une entrée commandée par les variations de niveaux (lettre minuscule) d'un signal d'horloge.

La bascule élémentaire la plus simple est la bascule *S-R-h*. Elle peut notamment être réalisée à l'aide d'un circuit électronique tel que celui de la fig. 3.

Lorsque l'on applique un niveau 1 à l'entrée *S* d'une bascule *S-R-h*, la sortie «*y*» prend la valeur 1 lors de la première chute du signal *h* et conserve cette valeur 1 lors des chutes périodiques suivantes de *h*. Lorsque l'on applique un niveau 1 à l'entrée *R*, la sortie «*y*» reprend la valeur 0 dès la première chute de *h* et conserve cette valeur 0.

On ne peut jamais appliquer un niveau logique 1 simultanément aux deux entrées *S* et *R*, au moment d'une chute de l'horloge.

Table des états primitive d'une bascule S-R-h *valable aux seuls instants de synchronisation*

Tableau XI

	SR 00	01	11	10
0	**1**	4	–	2
1	3	–	–	**2**
1	**3**	4	–	2
0	1	**4**	–	–
y				

Ces définitions peuvent être consignées dans la table des états relative à cette fonction *S-R-h* (tableau XI).

Comme toutes les variations de la sortie y ne peuvent survenir que lors de chutes de l'horloge, la table des états a pu être écrite comme si le système ne comprenait que deux entrées *S* et *R* dont les niveaux sont utilisés à des instants bien précis fixés par l'horloge. Après fusionnement des quatre lignes en deux et assignement des valeurs de la fonction de sortie «*y*» que l'on utilise comme fonction de mémorisation, on obtient les tableaux XIIa et XIIb.

Table des états d'une bascule S-R-h
a après fusionnement, b après assignement

a

Tableau XIIa

	SR 00	01	11	10
0	**1**	**4**	–	2
1	**3**	4	–	**2**
y				

b

Tableau XIIb

$y(t+\Delta t)$	$[SR]_t$ 00	01	11	10
0	**0**	**0**	–	1
1	**1**	0	–	**1**
$[y]_t$				

Du tableau XIIb, on déduit l'expression suivante:

$$y(t+\Delta t) = [S + \bar{R}\,y]_t$$

Or, on avait posé comme équation générale des organes de mémoire (paragraphe 1) que:

$$y(t+\Delta t) = Y(t)$$

La relation liant l'entrée théorique Y de l'organe de mémoire et les entrées *S* et *R* de la bascule étudiée en particulier ici est donc:

$$Y = S + \bar{R}\,y$$

Recherchons maintenant la relation liant les valeurs de *S* et *R* aux variations ε, δ, μ_0 et μ_1 de la fonction *Y*.

Dans ce but, on écrira la relation sous forme d'une table de séquence (tableau XIII).

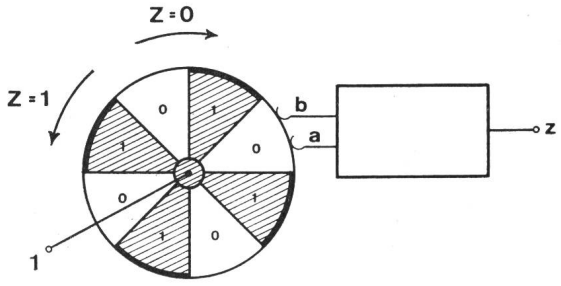


Fig. 4
Discriminateur de sens de rotation d'un arbre mécanique
a, b capteurs ÷ variables d'entrée du système discriminateur; *z* fonction de sortie ($Z=1$ dans le sens antihorlogique, $Z=0$ dans le sens horlogique); *1* niveau logique 1 appliqué aux secteurs conducteurs du disque

Table de séquence d'une bascule S-R-h

Tableau XIII

S	R	y	Y	
0	0	0	0	μ_0
0	0	1	1	μ_1
0	1	0	0	μ_0
0	1	1	0	δ
1	0	0	1	ε
1	0	1	1	μ_1
1	1	0	–	–
1	1	1	–	–

Celle-ci s'obtient en notant que «Y» ne prend la valeur 1 que lorsque $S = 1$ ou lorsque $\overline{R}$ et y ont simultanément la valeur 1 ($Ry = 01$). Les cas où S et R ont simultanément la valeur 1 seront exclus. En comparant les valeurs de «y» et du «Y» qui doit en résulter, on constate que la première et la troisième ligne correspondent à des maintiens μ_0, la deuxième et la sixième à des maintiens μ_1, tandis que les quatrième et cinquième correspondent respectivement à des variations δ et ε.

En confrontant dans le tableau XIII les deux premières colonnes avec la dernière, on en déduit qu'un enclenchement ε ne peut être produit que dans la situation $SR = 10$, un déclenchement δ dans la situation $SR = 01$ tandis qu'un maintien μ_0 peut être obtenu dès que $S = 0$, quelle que soit la valeur de R et un maintien μ_1 par $R = 0$, quel que soit S. Cette correspondance est consignée dans le tableau XIV. D'une manière analogue, on pourra rechercher la correspondance relative aux autres types de bascules bistables, telles que *J-K-h*, *T-h*, *P-Q-h*, ...

Table de correspondance entre les valeurs des entrées S *et* R *d'une bascule* S-R-h *et les variations de la fonction* Y *de sortie*

Tableau XIV

	ε	δ	μ_0	μ_1
S	1	0	0	–
R	0	1	–	0

6. Synthèse des systèmes séquentiels synchrones

L'exemple qui sera traité dans ce paragraphe est celui du discriminateur de sens de rotation d'un arbre mécanique, système séquentiel que l'on désire construire par exemple à l'aide de bascules de type *S-R-h*.

Le dispositif est formé d'un disque présentant alternativement des secteurs conducteurs et isolants, appliquant ainsi successivement aux deux frotteurs a et b les valeurs logiques ab = 00, 01, 11, 10 lorsque l'on tourne dans le sens horlogique et les valeurs ab = 00, 10, 11, 01 dans le sens inverse. On désire que la sortie Z du discriminateur prenne la valeur 0 dans le sens horlogique et la valeur 1 dans le cas contraire.

On peut construire une table des états primiture présentant huit lignes et que nous ne reproduirons pas ici.

Après fusionnement, on obtient le tableau XVa et après assignement, le tableau XVb. Quoique la condition soit remplie dans le cas du tableau XVb, il n'est pas nécessaire de choisir un assignement évitant la variation simultanée des fonctions auxiliaires lorsque le système global est synchronisé par une horloge h.

Table des états d'un discriminateur de sens de rotation
a) après fusionnement; b) après assignement

a

Tableau XVa

	ab 00	01	11	10
00	**1**	2	7	**8**
01	**5**	**2**	3	8
11	5	**6**	**3**	4
10	1	6	**7**	**4**
vw				

b

Tableau XVb

VW	*ab* 00	01	11	10
00	**00**	01	10	**00**
01	**01**	**01**	11	00
11	01	**11**	**11**	10
10	00	11	**10**	**10**
vw				

A partir du tableau XVb on peut établir une table des variations (tableau XVI) en comparant les valeurs des variables v et w inscrites en tête de ligne avec les valeurs que prendront les fonctions V et W et qui sont inscrites dans chaque case du tableau XVb.

Table des variations des fonctions V *et* W *de mémorisation dans un discriminateur de sens de rotation*

Tableau XVI

VW	*ab* 00	01	11	10
00	$\mu_0\mu_0$	$\mu_0\varepsilon$	$\varepsilon\mu_0$	$\mu_0\mu_0$
01	$\mu_0\mu_1$	$\mu_0\mu_1$	$\varepsilon\mu_1$	$\mu_0\delta$
11	$\delta\mu_1$	$\mu_1\mu_1$	$\mu_1\mu_1$	$\mu_1\delta$
10	$\delta\mu_0$	$\mu_1\varepsilon$	$\mu_1\mu_0$	$\mu_1\mu_1$
vw				

Le tableau XVI exprimant les variations souhaitées pour chacune des fonctions V et W, il est alors aisé, en utilisant le

Tables de définition combinatoires des fonctions d'entrée dans les deux bascules bistables du discriminateur de sens de rotation

Tableau XVIIa

$S_V S_W$	*ab* 00	01	11	10
00	00	01	10	00
01	0–	0–	1–	00
11	0–	––	––	–0
10	00	–1	–0	–0
vw				

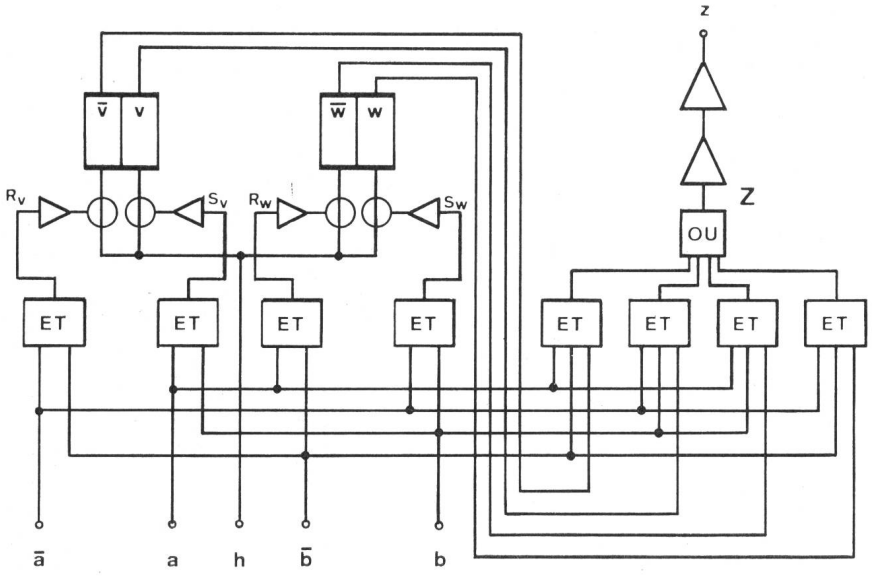


Fig. 5
Schéma du discriminateur de sens de rotation utilisant deux bascules bistables de type *S-R-h* comme organes de mémorisation

a, b variables d'entrée du discriminateur (compléments $\bar{a}$ et $\bar{b}$); *z* fonction de sortie (*Z* avant régénération); *h* variable de synchronisation (impulsions d'horloge); *v, w* sorties des deux bascules bistables (organes de mémoire); R_v, S_v, R_w, S_w compléments des entrées d'inhibition des bascules *v* et *w*; *ET, OU* circuits logiques élémentaires suivis d'inverseurs logiques (triangles)

Tableau XVIIb

$R_v R_w$	*ab* 00	01	11	10
00	--	-0	0-	--
01	-0	-0	-0	-1
11	10	00	00	01
10	1-	00	0-	01
vw				

tableau de correspondance relatif à la bascule *S-R-h* (tableau XIV) de construire les tables de définition combinatoires (tableaux XVII) de chacune des fonctions d'entrée S_v, R_v, S_w et R_w dans les deux bascules de sortie *v* et *w*.

On en déduit les expressions suivantes:

$$\begin{cases} S_v = ab \\ R_v = \bar{a}\bar{b} \end{cases}$$

$$\begin{cases} S_w = \bar{a}b \\ R_w = a\bar{b} \end{cases}$$

On étudiera séparément la fonction combinatoire *Z* de sortie:

$$Z = \bar{a}\bar{b}w + \bar{a}bv + ab\bar{w} + a\bar{b}\bar{v}$$

Cette solution est représentée schématiquement par la fig. 5.

On peut procéder d'une manière analogue, à partir de la table des variations (tableau XVI), pour obtenir des schémas utilisant tout autre type de bascule bistable synchronisée, par exemple *J-K-h*, ou *T-h*, ...

Bibliographie

[1] *D. A. Huffman:* The synthesis of sequential switching circuits. J. Franklin Inst. 257(1954), p. 161...190.

[2] *J. Florine:* La synthèse des machines logiques et son automatisation, Paris, Dunod/Bruxelles, presses académiques européennes, 1964.

Adresse de l'auteur:
Prof. Dr *J. Florine*, Université libre de Bruxelles, Bruxelles.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Thyristor-Entwicklung macht weitere Fortschritte

621.314.632

[Nach *D. Cooper:* SCR's and Triacs — the revolution continues. Electronics Wld. 80(1968)2, S. 25...28]

Die heute erreichbare hohe Präzision bei der Fertigung von Halbleitermaterialien und- bauelementen hat sich auch bei der Fabrikation der Thyristoren insofern sehr vorteilhaft ausgewirkt, als dadurch Thyristoren mit erheblich günstigeren Eigenschaften als noch vor wenigen Jahren (höhere Strombelastbarkeit, höhere Spannung und bessere Schalteigenschaften) ganz erheblich billiger hergestellt werden können. Ausserdem gestatten die heutigen Fertigungsverfahren, Thyristoren mit den zu ihrer Steuerung benötigten Schaltungsanordnungen als einen zusammenhängenden Baustein zu fertigen, wodurch sich der Einsatz von Thyristoren noch weiter verbilligt.

Ein weiterer Fortschritt in der Entwicklung von Thyristoren ergab sich dadurch, dass man von dem mit einem Gewindebolzen zum Befestigen an einer Metallplatte versehenen Gehäuse abging und ein Gehäuse schuf, das die Wärme erheblich besser abgibt. Dadurch konnte die maximale Belastbarkeit ein und desselben Silizium-Stückes um 60 % gesteigert werden.

Die modernen Thyristoren haben bei Geräten zur statischen Leistungssteuerung zu einer gewissen Revolution geführt. Beispielsweise lässt sich bei Klimaanlagen mit von einem Rechner gesteuerten Thyristoren eine so grosse Präzision erreichen, dass sogar Änderungen der Aussentemperatur infolge kurzzeitig die Sonne verdeckender Wolken berücksichtigt werden.

Auch bei statischen Wechselrichtern, wie sie z. B. zur Versorgung von Fluoreszenzlampen, Induktionsöfen, Ultraschallgeneratoren, usw. benötigt werden, haben sich die modernen Thyristoren gut bewährt. Ferner werden sie in Gleichstrom-Choppern eingesetzt, um beispielsweise die Speisung eines Motors aus einer Gleichspannungsquelle möglichst verlustfrei steuern zu können.

D. Krause

Stossfestigkeit zusammengesetzter Dielektrika

621.315.61:621.317.333.82

[Nach *D. D. Rumianzew* und *N. M. Torbin:* Über die elektrische Festigkeit der kombinierten Isolation «Luft-Transformatoröl», Elektrotechnika (russ.) 39(1968)9, S. 46...47]

In der Regel ist die Durchschlagfestigkeit einer zusammengesetzten Isolation (gasförmiges, flüssiges und festes Dielektrikum) höher als die Summenfestigkeit der einzelnen Komponenten. Es wurde daher die dielektrische Festigkeit der Serieschaltung von Luft (2...50 mm) und Transformatoröl (10...60 mm) bei verschiedenen Elektrodensystemen untersucht («Spitze—Platte», «Spitze—Spitze» und «12,5-cm-ϕ-Kugel—Platte»). Die Untersuchung erfolgte mit Spannungsstössen der Form 1,5|40 µs.

Als Spannungsquelle diente ein Stoßspannungs-Prüfgenerator von 1000 kV mit einer Stosskapazität von C_s = 22 500 pF. Die Spannung wurde mit Hilfe eines kapazitiven Spannungsteilers und eines Kathodenstrahloszillographen registriert.