(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 565 376**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **85 06744**

(51) Int Cl⁴ : G 06 F 3/00; G 05 B 19/00.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) Date de dépôt : 3 mai 1985.

(30) Priorité : US, 4 juin 1984, n° 617,179.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 49 du 6 décembre 1985.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : *GENERAL ELECTRIC COMPANY.* — US.

(72) Inventeur(s) : Joseph John Cieri, Mark John Kocher, Ronald Eric Gareis, Kenneth Michael Holet et Michael Joseph Tuso.

(73) Titulaire(s) :

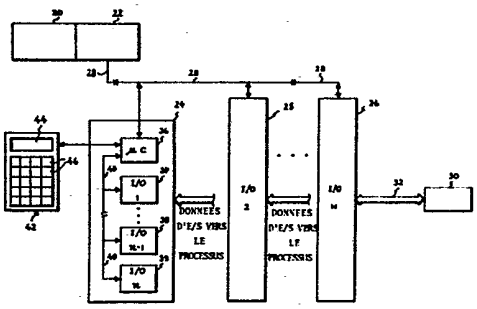
(74) Mandataire(s) : Alain Catherine, GETSCO.

(54) Procédé et dispositif d'échange d'information dans le système d'entrée/sortie d'un automate programmable.

(57) L'invention concerne les systèmes d'entrée/sortie d'automates programmables.

L'invention permet l'échange d'une information de commande et de diagnostic entre une unité de commande 36 d'un module d'entrée/sortie 24-26 et un ensemble de points d'entrée/sortie 37-39 de ce module. L'unité de commande génère un signal de commande sous la forme de trames d'impulsions séquentielles dans lesquelles l'information de commande est définie par une série d'impulsions modulées en largeur. Chaque point d'entrée/sortie génère une impulsion d'horloge à la réception de chaque impulsion du signal de commande. L'impulsion d'horloge détermine l'échantillonnage de l'impulsion de commande précédente ainsi que le retour d'un signal de diagnostic vers l'unité de commande.

Application à la conduite de processus industriels.



FR 2 565 376 - A1

La présente invention concerne de façon générale des procédés et des dispositifs prévus pour l'utilisation avec des " automates programmables", et elle porte en particulier sur un système d'entrée/sortie intelligent pour de tels automates.

La conduite de processus avec un automate programmable fait intervenir la saisie de signaux d'entrée provenant de divers capteurs associés au processus, et l'application de signaux de sortie à des éléments commandés du processus. Le processus est ainsi commandé en fonction d'un programme enregistré et de conditions du processus qui sont indiquées par les capteurs. Une telle commande est évidemment applicable à des processus divers et nombreux, et des automates programmables permettent de commander avantageusement le fonctionnement séquentiel de processus industriels, de systèmes convoyeurs et de processus chimiques, pétroliers et métallurgiques, à titre d'exemple.

Le développement des automates programmables est relativement récent. Un automate programmable moderne comprend une unité centrale de traitement (UCT) comprenant, de façon générale, un processeur destiné à exécuter le programme enregistré, une unité de mémoire de taille suffisante pour enregistrer le programme et les données concernant l'état des entrées et des sorties, et une ou plusieurs alimentations. En outre, un système d'entrée/sortie (E/S) assure l'interface entre l'unité centrale de

traitement et les dispositifs d'entrée et les éléments commandés du processus qui est commandé.

Les systèmes d'entrée/sortie sont restés relativement inchangés depuis l'apparition des automates programmables, et c'est dans ce domaine qu'un perfectionnement est le plus nécessaire. Bien que certains progrès aient été fait dans les systèmes d'E/S, les perfectionnements ont généralement été faits dans le prolongement des voies suivies dans le passé. A titre d'exemple, le brevet U.S. 4 293 924 décrit un système d'E/S dans lequel la densité de l'interface est accrue. Une autre technique, illustrée par le brevet U.S. 4 247 882, vise essentiellement à améliorer la structure dans laquelle est logé le système d'entrée/sortie. Cependant, du fait de la complexité croissante des processus exigeant une commande, et du fait de la nécessité d'un plus grand échange d'information entre le processus et le processeur central, il est devenu nécessaire d'apporter de meilleures solutions aux problèmes d'entrée/sortie.

Le système d'E/S classique comprend un certain nombre de points d'E/S individuels, et à chacun d'eux est affectéeune fonction spécifique consistant soit à recevoir le signal provenant d'un dispositif d'entrée (par exemple un contact de fin de course, un contact sensible à la pression, etc), soit à appliquer un signal de commande à un dispositif de sortie (par exemple un électro-aimant, un circuit de démarrage de moteur, etc), en fonction de la configuration du circuit relatif au point d'E/S particulier. Un point d'E/S est ainsi spécialisé de façon à être un point d'entrée ou un point de sortie, et on ne peut pas le convertir aisément d'une utilisation à l'autre.

Un problème qui affecte les systèmes d'E/S modernes (en particulier lorsqu'ils sont utilisés avec un processus complexe) consiste dans le coût élevé de l'installation. Les modules, ou cartes de circuit, d'E/S sont

de façon caractéristique logés dans des baies ou des châssis de cartes. La commande d'un processus important ou complexe exige de prévoir un grand nombre de points d'E/S dans chaque baie ou châssis. Ceci conduit nécessairement à des dépenses de câblage élevées (aussi bien pour la main-d'oeuvre que pour les matières), du fait qu'il est nécessaire d'amener dans la baie d'E/S des fils provenant de tous les dispositifs d'entrée et de sortie.

L'utilisation d'une grande baie d'E/S soulève alors des problèmes supplémentaires, du fait qu'il est fréquemment difficile d'amener tous les fils dans la baie pour établir les connexions. Bien qu'une technique bien connue consiste à incorporer une partie au moins d'un système d'E/S dans une armoire ou une baie éloignée de l'unité centrale de traitement (pour tenter de rapprocher les circuits d'E/S du processus qui est commandé), ces problèmes ne sont toujours pas résolus du fait qu'il y a une concentration de câblage d'entrée/sortie en un emplacement qui, bien qu'étant éloigné, est néanmoins unique. Des complications supplémentaires apparaissent en ce qui concerne la dissipation de la chaleur dans un système d'E/S concentré et, pour cette raison, il est fréquemment nécessaire de faire fonctionner un système d'E/S en deçà de ses possibilités optimales.

Un autre problème qui affecte les systèmes d'E/S actuels consiste en ce que les opérations de diagnostic et de dépannage sont difficiles, aussi bien en cas de défaut dans l'automate programmable lui-même, qu'en cas de défaut dans le processus qui est commandé. L'expérience a montré que la plupart des défauts associés à un automate qui surviennent au cours de la commande du processus se produisent dans le système d'E/S. La partie correspondant à l'unité centrale est maintenant très élaborée du fait qu'elle a forcément bénéficié des progrès de la technologie des microprocesseurs et de l'informatique, par exemple.

Cependant, lorsqu'un défaut électrique se produit effectivement, il est souvent extrêmement important de pouvoir détecter et diagnostiquer de façon précoce la nature précise du problème. Il est naturellement souhaitable de détecter un élément défectueux au moyen d'un avertissement donné à l'avance, plutôt qu'après la perte de contrôle d'une certaine partie du processus.

Avec les systèmes d'E/S actuels, il est difficile de détecter des défauts de façon précoce, et même lorsqu'un défaut est signalé, sa nature et son emplacement précis peuvent ne pas être apparents. Dans de nombreux cas, il est même difficile de faire la distinction entre des défauts d'entrée/sortie de l'automate et des éléments défectueux (par exemple des moteurs, des boutons-poussoirs, etc) intervenant dans le processus. On constate tout simplement l'absence d'éléments de diagnostic , en particulier pour les systèmes d'E/S de l'automate. Il est donc vivement souhaitable de parvenir à des améliorations permettant de diagnostiquer et de prévenir des défauts affectant des systèmes d'E/S.

Le problème du diagnostic de défauts est quelquefois compliqué par le fait que chaque point d'E/S est habituellement protégé par un fusible. Bien que le fusible protège le module d'E/S particulier contre une surintensité, il complique fréquemment le problème. A titre d'exemple, un simple courant transitoire peut faire sauter le fusible, laissant ainsi le point d'E/S complètement hors fonction, jusqu'à ce qu'on puisse localiser le point défectueux et remplacer le fusible.

Un problème quelque peu lié au précédent réside dans l'échange d'information de diagnostic et de commande entre une partie de commande et une partie commandée d'un système d'E/S. Il peut par exemple arriver qu'on utilise des modules d'E/S répartis pour définir la configuration d'un système d'E/S. Dans un tel cas, il est souhaitable de

prévoir des moyens et des procédés simples et fiables pour l'échange d'une telle information.

Les systèmes d'E/S classiques présentent encore un autre inconvénient qui consiste en ce que, comme mentionné ci-dessus, chaque point d'E/S fonctionne strictement en point d'entrée ou en point de sortie. On ne peut pas convertir aisément le même point d'une utilisation à l'autre. L'utilisateur d'un automate programmable doit donc sélectionner séparément les fonctions d'entrée et de sortie, sur la base d'une estimation initiale des besoins. Il y a un manque de souplesse marqué en ce qui concerne des besoins futurs imprévus. En outre, du fait que les points d'E/S sont de façon caractéristique disponibles par groupes (par exemple six ou huit points par carte de circuit), il y a fréquemment un grand nombre de points d'E/S inutilisés dans un système de commande.

Le but principal de l'invention est donc de procurer un système d'entrée/sortie qui supprime ces inconvénients des systèmes d'E/S classiques. On cherche cependant plus particulièrement à procurer un système d'E/S dans lequel on puisse sélectionner pour chaque point d'E/S un mode de fonctionnement correspondant soit à un point d'entrée soit à un point de sortie.

On cherche en outre à procurer un système d'entrée/sortie dans lequel chaque point d'E/S soit autoprotégé contre des conditions de surintensité et de surtension, sans utiliser des fusibles ou des disjoncteurs, dans lequel chaque point d'E/S fasse l'objet d'un diagnostic continuel et automatique pour rechercher des défauts, aussi bien dans le système d'E/S que dans le processus qui est commandé, et dans lequel les défauts détectés soient identifiés et signalés automatiquement. Un but supplémentaire et spécifique de l'invention est de procurer un système d'E/S qui soit simple et économique à câbler et à utiliser, et qui procure des points d'E/S individuels dans

des groupes ou modules répartis, prévus pour être placés à proximité immédiate du processus, ou de l'élément particulier du processus à commander. Un but supplémentaire de l'invention est de procurer un système d'E/S qui comprenne des moyens destinés à surveiller, à commander et à dépanner chaque point d'E/S indépendamment de l'unité centrale de traitement classique. D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée qui suit.

La présente invention est utile dans un module d'E/S qui peut être l'un des modules d'un ensemble de modules de ce type, chacun d'eux étant conçu pour être placé à proximité immédiate du processus commandé, et chacun d'eux étant conçu pour communiquer avec une unité centrale de traitement commune.

L'invention procure de préférence un procédé et un circuit qui permettent un échange d'information de commande et de diagnostic entre un élément de commande du module et un ensemble d'éléments commandés qu'on appelle ici de façon générale des points d'entrée/sortie.

Dans son aspect "procédé", l'invention comprend de préférence les opérations suivantes : (a) on génère au moins un signal de commande qui prend la forme de trames séquentielles, chaque trame comprenant au moins une impulsion de commande qui définit l'état de commande d'un dispositif de sortie prévu pour être activé et désactivé conformément à l'état de commande ; (b) on émet le signal de commande, à partir de l'élément de commande, vers un élément commandé, et on génère dans ce dernier une impulsion d'horloge qui suit l'impulsion de commande avec un intervalle de temps présélectionné ; (c) on génère dans l'élément commandé un signal de diagnostic dont la valeur est représentative des paramètres de fonctionnement (par exemple le courant, la tension, la température) de l'élément commandé ; et (d) on applique l'impulsion d'horloge à cha-

que trame du signal de commande pour échantillonner l'impulsion de commande et pour provoquer une émission simultanée de la valeur du signal de diagnostic vers l'élément de commande.

Ainsi, en ce qui concerne le fonctionnement, l'information de commande (c'est-à-dire chaque impulsion de commande) déclenche une impulsion d'horloge qui provoque un échantillonnage de la valeur de commande, et elle déclenche simultanément une émission de la valeur de diagnostic vers la partie de commande du système.

Dans d'autres aspects de l'invention, une série d'impulsions de commande sont incorporées dans chaque trame, et ces impulsions sont modulées en largeur. La modulation d'impulsions en largeur est telle que la valeur de l'impulsion est haute ou basse (pour définir l'information de commande) à l'instant d'échantillonnage. La fin de chaque trame est ensuite définie par l'apparition d'un intervalle de temps d'absence d'impulsions, pendant lequel aucune impulsion n'apparaît. L'intervalle de temps d'absence d'impulsions déclenche une impulsion de synchronisation qui restaure le circuit pour le début d'une nouvelle trame et assure de façon générale la synchronisation du fonctionnement. Le dispositif de sortie est activé ou désactivé à chaque trame conformément à l'état de commande émis.

Selon d'autres aspects encore de l'invention, les deux premières impulsions, au moins, de chaque trame, sont émises de façon redondante pour aider au maintien de l'intégrité du signal de commande. Si les impulsions ne sont pas reçues de façon redondante, le dernier état d'activation ou de désactivation valide pour le dispositif de commande de sortie est retenu. Une perte de communication est signalée chaque fois que la durée d'absence d'impulsions à la fin de chaque trame s'étend au-delà d'une durée présélectionnée. En cas d'une telle perte de communication, des bascules et des circuits logiques font

passer le dispositif de sortie dans un état différent, ou bien (si on le désire) ils le maintiennent dans son dernier état valide précédent.

La suite de la description se réfère aux dessins annexés qui représentent respectivement :

Figure 1 : un schéma synoptique simplifié d'un système d'automate programmable comprenant un système d'entrée/sortie (E/S) intelligent conforme à l'invention ;

Figure 2 : une représentation en perspective d'une forme physique possible pour un module d'E/S individuel et un dispositif de vérification tenu à la main, ayant tous deux une configuration prévue pour l'utilisation dans le système d'E/S de la figure 1 ;

Figure 3 : un schéma synoptique représentant de façon plus détaillée l'un des modules d'E/S de la figure 1 ;

Figure 4 : un schéma synoptique simplifié d'une section de transmission et d'une section de commande et de détection pour un point d'E/S du type représenté sur la figure 3 ;

Figures 5 et 6 : des représentations de signaux montrant la relation entre certains signaux qui interviennent dans les circuits de la figure 4 ;

Figures 7A, 7B et 7C : des schémas montrant divers circuits de commutation d'entrée/sortie utilisables avec le circuit d'E/S de la figure 4 ; la figure 7A montrant un circuit de source de courant continu, la figure 7B montrant un circuit d'absorption de courant continu et la figure 7C montrant un circuit à courant alternatif ;

Figure 8 : un schéma montrant en détail une section de commande et de détection pour le point d'E/S de la figure 4 ;

Figures 9A, 9B et 9C : des schémas représentant en détail une section de transmission pour le point d'E/S de la figure 4 ; et

Figure 10 : une table de vérité montrant la correspondance entre des données de diagnostic et d'état et un signal codé à 4 bits, pour la réalisation d'une logique combinatoire dans un codeur d'état pour la section de transmission de la figure 4.

L'automate programmable de la figure 1 comprend une unité centrale de traitement (UCT) 20, un contrôleur d'entrée/sortie (E/S) 22, un ensemble de modules d'entrée/sortie 24-26 et une liaison de transmission de données 28 qui interconnecte chaque module d'E/S 24-26 au contrôleur d'E/S 22. Ces éléments, à l'exclusion de l'UCT 20, constituent de façon générale le système d'entrée/sortie du contrôleur. L'UCT 20 a pratiquement une structure classique et elle peut comprendre un ou plusieurs microprocesseurs pour la manipulation des données et la commande, plus une mémoire pour l'enregistrement des programmes de fonctionnement, des données d'entrée/sortie et d'autres données calculées, provisoires ou permanentes, qui sont utilisées dans l'exécution du programme enregistré et pour la mise en oeuvre de la fonction de commande. De plus, d'autres éléments classiques, tels que des alimentations, sont incorporés de la manière nécessaire pour que l'UCT 20 puisse remplir l'ensemble de ses fonctions. Le contrôleur d'E/S 22 assure la commande de l'information échangée entre les divers modules d'E/S 24-26 et l'UCT 20.

Chaque module d'E/S 24-26 peut être placé séparément à distance de l'UCT 20 et du contrôleur d'E/S 22, et à proximité immédiate du processus qui est commandé. Bien que trois modules d'E/S seulement soient représentés sur la figure 1, leur nombre réel peut évidemment être notablement supérieur. A titre d'exemple, le système décrit ici peut aisément accepter seize modules d'E/S séparés. Chaque module d'E/S est indépendant des autres et chacun d'eux peut être réservé à la commande d'un processus distinct de celui qui est commandé par tous les autres

modules d'E/S.

A titre d'exemple, sur la figure 1 le module d'E/S 26 commande un processus 30 représenté sous une forme généralisée. Les signaux d'entrée et de sortie qui sont associés au processus 30 sont acheminés par des conducteurs 32 qui s'étendent entre le processus 30 et le module d'E/S 26. Le processus 30 peut évidemment prendre virtuellement n'importe quelle forme. Il comprend cependant dans tous les cas divers capteurs, interrupteurs, etc (non représentés de façon spécifique), qui sont destinés à détecter l'état et les conditions du processus 30. L'information qui provient du processus se présente sous la forme de signaux d'entrée dirigés vers le module d'E/S 26. Le processus 30 comprend également des éléments commandés (par exemple des pompes, des moteurs etc, qui ne sont également pas représentés), qui reçoivent les signaux de sortie provenant du module d'E/S 26 et qui accomplissent ainsi la commande du processus 30. D'une manière similaire, chacun des autres modules d'E/S 24, 25 est interconnecté à des dispositifs d'entrée et de sortie et à des appareils associés à un processus.

La liaison de transmission de données 28 est de préférence une liaison série, bien qu'on puisse aisément réaliser une transmission parallèle de signaux entre l'UCT 20 et les modules d'E/S 24, 26. Dans tous les cas, les modules d'E/S 24-26 sont connectés à la liaison de transmission 28 pour assurer la communication avec l'UCT 20. La liaison de transmission 28 peut consister en une paire torsadée de conducteurs, en un câble coaxial ou en un câble à fibres optiques ; toutes ces structures sont acceptables, sous la dépendance de considérations telles que le coût et la disponibilité.

Sur la figure 1, le module d'E/S 24 montre sous forme de schéma synoptique la structure électronique générale d'ensemble de chaque module d'E/S.

Cette structure comprend ainsi un micro-contrôleur 36 ayant un accès d'interface pour l'échange d'information avec l'UCT 20 et comprenant une mémoire associée (non représentée) destinée à la mise en oeuvre d'un programme de fonctionnement enregistré selon lequel les divers éléments des modules d'E/S sont commandés et font l'objet d'un diagnostic concernant des défauts apparus ; un ensemble de points d'E/S (ou "circuits d'E/S") individuels, 37-39, chacun d'eux pouvant être utilisé sélectivement en tant que point d'entrée ou en tant que point de sortie, et chacun d'eux étant associé individuellement et directement par des conducteurs à des éléments d'entrée ou de sortie du processus commandé ; et un bus de conducteurs 40 destiné à interconnecter les points d'E/S 37-39 au micro-contrôleur 36. Le nombre de points d'E/S 37-39 dans un module d'E/S 24-26 particulier quelconque dépend de considérations pratiques telles que la dissipation de chaleur et les limitations du micro-contrôleur 36. Cependant, à titre d'exemple, on a trouvé qu'il était tout à fait pratique et commode de prévoir seize points d'E/S par module d'E/S.

Un dispositif de vérification 42 est prévu pour vérifier l'intégrité et le bon fonctionnement des composants d'entrée et de sortie et pour assurer la maintenance et le dépannage. Le dispositif de vérification 42 est de préférence dimensionné pour pouvoir être tenu à la main, de façon qu'on puisse les déplacer aisément et commodément d'un module d'E/S à un autre. Il est conçu pour être connecté à chaque module d'E/S au moyen d'un câble qui comprend un connecteur s'adaptant à un autre connecteur fixé au module d'E/S. Le câble et les connecteurs adaptés sont représentés schématiquement sur la figure 1, qui montre le dispositif de vérification 42 connecté au module d'E/S 24 par l'intermédiaire d'un accès d'interface du micro-contrôleur 36.

Lorsque le dispositif de vérification tenu à la main, 42, est connecté à un module d'E/S, il permet de vérifier et de commander les points d'E/S de ce module et il affiche une information de diagnostic concernant le module. Le dispositif de vérification tenu à la main remplit avantageusement ces fonctions indépendamment de l'unité centrale de traitement 20, et même en l'absence de l'UCT 20. Le dispositif de vérification 42 est par exemple capable d'activer et de désactiver des points de sortie et de lire l'état des points d'entrée. Au cas où un défaut est apparu, le dispositif de vérification 42 peut également fournir une indication de la nature et de l'emplacement du défaut. On peut noter que le dispositif de vérification tenu à la main, 42, comprend un afficheur de données 44 qui affiche des caractères alphanumériques, et un ensemble de touches 46 qui permettent d'effectuer une programmation d'adresse et de faire fonctionner les modules d'E/S 24-26.

On va maintenant considérer la figure 2 qui montre des formes physiques préférées pour un dispositif de vérification tenu à la main et pour un module d'E/S individuel. Le module d'E/S 51 qui est représenté se présente pratiquement sous la forme d'une barrette de bornes qui comprend une rangée de bornes de conducteurs, 53, destinées à l'établissement de connexions avec les conducteurs qui sont reliés aux dispositifs d'entrée et de sortie du processus commandé. Les bornes 53 peuvent se présenter sous la forme de connexions à vis dans lesquelles les vis sont serrées sur un fil de connexion ou sur une cosse de borne. Chaque circuit d'E/S est affecté à une connexion de borne correspondante. De plus, des bornes sont affectées pour la connexion d'une source d'alimentation externe (alternative ou continue), et pour l'établissement de connexions avec la liaison de transmission de données, comme représenté sur la figure 1. Des indicateurs visuels sont

prévus, sous la forme de diodes électroluminescentes (DEL) 55, pour indiquer l'état de chaque point d'E/S. Des DEL supplémentaires 57 et 58 indiquent l'état de fonctionnement du module 51. Par exemple, la DEL 57 indique l'existence d'une condition de défaut (interne ou externe au module) et la DEL 58 indique des conditions de fonctionnement normales. Un connecteur 59 est monté sur le module 51 de façon à s'adapter à un connecteur de câble 60 et à assurer la connexion avec le dispositif de vérification tenu à la main, 49, par l'intermédiaire du câble 61.

Comme décrit ci-dessus et en relation avec la figure 1, le dispositif de vérification tenu à la main, 49, qui est représenté, est capable de stimuler le module d'E/S auquel il est connecté. Autrement dit, le dispositif de vérification tenu à la main permet de faire fonctionner un module d'E/S et de le contrôler d'une manière très complète, même si ce module n'est pas connecté à une unité centrale de traitement, comme représenté sur la figure 1.

Le schéma synoptique de la figure 3 représente de façon plus détaillée un module d'E/S 80 (pratiquement identique à l'un quelconque des modules 24-26 de la figure 1). Le module d'E/S 80 comprend ainsi un groupe de 8 points d'E/S séparés, 81-88, chacun d'eux échangeant des signaux d'information, de commande et de diagnostic avec le micro-contrôleur 90. L'énergie électrique, alternative ou continue, est appliquée aux bornes H et N. La source d'énergie qui est connectée aux bornes H et N alimente à la fois une alimentation continue interne 94 et des charges de sortie externes quelconques (par exemple des éléments commandés) qui sont commandées par le contrôleur programmable auquel appartient le module 80. L'alimentation 94 est simplement l'alimentation continue pour tous les éléments contenus dans le module d'E/S 80 dont le fonctionnement exige de l'énergie électrique continue.

Chaque point d'E/S 81-88 est connecté au micro-

représenté dans des conditions dans lesquelles il fonctionne en point d'entrée, avec un dispositif de commutation d'entrée 91 connecté entre la ligne ENTREE/SORTIE et la ligne H de la source d'énergie. On peut faire fonctionner n'importe quel point d'E/S 81-88 dans le mode de sortie en source de courant continu, en circuit d'absorption de courant continu ou en source de courant alternatif, ceci dépendant dans une certaine mesure des circuits internes du point d'E/S. On décrira plus complètement ci-après cet aspect des circuits.

L'information qui est transmise vers le micro-contrôleur 90 à partir de chaque point d'E/S 81-88, par l'intermédiaire de la connexion par la ligne M, comprend des données indiquant l'état du courant de charge (haut ou bas), le niveau de la puissance qui est appliquée à ce point d'E/S, la condition de température du point d'E/S, l'état de tout dispositif d'entrée, et encore d'autres informations, qui seront toutes présentées ci-après de façon plus détaillée.

La commande de chaque point d'E/S 81-88 est déterminée finalement par une unité centrale de traitement, comme on l'a indiqué de façon générale en relation avec la figure 1. Sur la figure 3, la communication avec une telle UCT s'effectue par l'intermédiaire d'un accès d'interface (de préférence un aspect série) du micro-contrôleur 90, et d'une liaison de transmission de données 106 (28 sur la figure 1). D'autres modules d'E/S pratiquement similaires au module 80 de la figure 3 peuvent également être connectés à la liaison de transmission de données 106. Bien que le micro-contrôleur 90 réagisse aux ordres de l'unité centrale de traitement, il assure également une commande localisée et répartie de chaque point d'E/S à l'intérieur du module d'E/S 80. Le micro-contrôleur 90 est une unité de commande de fonctionnement et il travaille conformément à un programme enregistré et sous la dépendance d'ordres

contrôleur 90 par une paire respective de conducteurs 95-102. Un conducteur de chaque paire, qu'on appelle la ligne D, achemine des données de commande vers le point d'E/S associé ; l'autre ligne, qu'on appelle la ligne M, achemine une information d'état et de diagnostic du point d'E/S vers le micro-contrôleur 90. Chaque point d'E/S 81-88 est également connecté de façon à recevoir de l'énergie électrique continue (par exemple 15 volts) provenant de l'alimentation 94, et chacun d'eux est connecté aux bornes H et N de la source d'énergie. Si la source d'énergie externe qui est connectée aux bornes H et N est par exemple un réseau alternatif à 115 ou 230 volts, les bornes H et N correspondent simplement respectivement au conducteur de phase et au conducteur de neutre du réseau. Cependant, si la source d'énergie externe est une source à courant continu, la borne H peut être le côté positif de la source et la borne N le côté négatif. De plus, chaque module d'E/S 81-88 comprend une borne ENTREE/SORTIE qui remplit une double fonction. Si le point d'E/S doit fonctionner en point de sortie, la borne ENTREE/SORTIE pour ce point est connectée à l'élément commandé (ou la charge) dans le processus, que ce point doit commander. Si au contraire le point d'E/S doit fonctionner en entrée, la ligne ENTREE/SORTIE relative à ce point reçoit le signal d'entrée qui provient du dispositif d'entrée. La même ligne ENTREE/SORTIE remplit donc les deux fonctions, sous la dépendance de l'ordre provenant du micro-contrôleur 90 et de la seconde connexion (ou connexion de référence) du dispositif d'entrée ou de sortie. A titre d'exemple, le point d'E/S 82 est représenté dans des conditions dans lesquelles il fonctionne en point de sortie, en mettant sous tension ou hors tension un dispositif de charge 89. La charge 89 est connectée entre la ligne ENTREE/SORTIE du point d'E/S 82 et la ligne N allant vers la source d'énergie. Au contraire, le point d'E/S 84 est

provenant de l'unité centrale de traitement et des signaux reçus sur la ligne M, à partir de chaque point d'E/S 81-88. Bien que ceci ne soit pas représenté de façon spécifique sur la figure 3, le micro-contrôleur 90 comprend également une mémoire pour l'enregistrement du programme et pour l'enregistrement d'autres données nécessaires à l'exécution du programme et à la réalisation de la fonction de commande désirée.

Le schéma synoptique simplifié de la figure 4 montre un mode de réalisation préféré d'un circuit d'E/S, à l'exclusion du dispositif de commutation de sortie. Le point d'E/S comprend ainsi une section de transmission 111 et une section de commande et de détection 113. La section de transmission 111 (qu'on envisagera en premier) comprend un temporisateur 117, un filtre de données de sortie 119, un sélecteur de sortie 120, un compteur à deux bits 121, une bascule de conservation du dernier état, 123, une bascule d'état pris par défaut, 124, un codeur d'état 125, un réseau de bascules d'état 127 et un sélecteur de données 129.

La section de transmission 111 reçoit, sur la ligne D, un signal SIG provenant de l'unité de commande du fonctionnement (par exemple du micro-contrôleur 90 de la figure 3) et un jeu de signaux d'indication d'état (ou de diagnostic) sur un bus à six conducteurs 115. La section de transmission 111 applique un signal d'ordre CONDUCTEUR/BLOQUE à la section de commande et de détection 113, et elle émet un signal de diagnostic (ETAT) vers le micro-contrôleur, sur la ligne M. Le signal d'ordre CONDUCTEUR/BLOQUE commande finalement un dispositif de commutation (de préférence un transistor à grille isolée, ou TGI, qu'on envisagera ultérieurement), dont le fonctionnement n'est pas le même selon que le point d'E/S doit fonctionner en entrée ou en sortie. Les figures 5 et 6 montrent la relation entre certains signaux qui intervien-

nent dans le fonctionnement de la section de transmission 111, et on se référera à ces figures en relation avec la figure 4.

Le signal de commande SIG est un train d'impulsions codé contenant une information d'état conducteur/bloqué, une information de conservation du dernier état (HLS), une information d'état pris par défaut (DEF) et une information de synchronisation. Il consiste en une série de "trames", chacune d'elles contenant deux ou quatre impulsions suivies par l'omission d'une impulsion, c'est-à-dire une "impulsion manquante". L'impulsion manquante a pour fonction de resynchroniser le fonctionnement de la section de transmission 111. Chacune des deux ou quatre impulsions a un rapport cyclique de 25% ou de 75%. La durée T entre des impulsions à l'intérieur d'une trame est fixe et cette durée est également celle de "l'impulsion manquante". Le signal de commande SIG est appliqué initialement à un temporisateur 117, et sous l'effet du front montant de ce signal, le temporisateur 117 se restaure et déclenche son cycle de temporisation. Le temporisateur 117 émet ainsi un front montant du signal d'horloge CLK approximativement 0,5T après chaque front montant de SIG. On utilise le signal CLK pour attaquer l'entrée d'horloge d'un compteur à deux bits 121, d'un filtre de données de sortie 119 et de bascules 123 et 124. Sauf s'il a été restauré avant, le temporisateur 117 émet également un front montant du signal de temporisation SYNC approximativement 1,5T après un front montant de SIG, et il émet un front descendant du signal $\overline{\text{LOS}}$ au bout d'un temps notablement plus long après un front montant de SIG (par exemple 2,5T). Normalement, les fronts montants de SIG apparaissent à des intervalles de T, ce qui fait que le temporisateur 117 est restauré avant que les transitions de SYNC ou $\overline{\text{LOS}}$ puissent apparaître. Cependant, à l'apparition d'une "impulsion manquante" (intervalle de synchronisa-

tion), une durée 2T apparaît entre des fronts montants de SIG, ce qui fait passer SYNC à l'état haut pendant environ 0,5T. L'impulsion SYNC restaure la section de transmission 111 et elle signale donc qu'une nouvelle trame est sur le point de commencer. Si une durée supérieure à 2,5T apparaît entre des fronts montants de SIG, $\overline{LOS}$ passe à l'état bas, ce qui signale à la section de transmission 111 qu'une perte de signal s'est produite.

L'information d'état conducteur/bloqué qui est transmise par la ligne D vers le point d'E/S est contenue dans les deux premières impulsions de chaque trame du signal de commande. Une impulsion ayant un rapport cyclique de 75% correspond à un "1" logique (dispositif de commutation conducteur), et un rapport cyclique de 25% correspond à un "0" logique (dispositif de commutation bloqué). Comme il apparaîtra par la suite, l'impulsion d'horloge qui apparaît à 0,5T après le front montant d'une impulsion SIG, provoque effectivement un échantillonnage de l'impulsion SIG à cet instant. Ainsi, si une impulsion ayant un rapport cyclique de 25% (0,25T) a été émise, on obtient un niveau bas ou "zéro" à 0,5T. Si au contraire une impulsion ayant un rapport cyclique de 75% (0,75T) a été émise, on obtient un niveau haut ou "un" à 0,5T. Les deux premières impulsions sont également émises de façon redondante ; c'est-à-dire que les deux premières impulsions doivent concorder (toutes deux à 1 ou toutes deux à 0) pour que la section de transmission 111 réagisse à l'ordre CONDUCTEUR/BLOQUE. Dans ce but, le signal de commande SIG est appliqué au filtre de données de sortie 119 qui échantillonne et compare effectivement les deux premières impulsions du signal de commande. Si les deux impulsions sont différentes (par exemple à cause d'un brouillage dû au bruit), le filtre de données de sortie 119 maintient le dernier ordre CONDUCTEUR/BLOQUE valide qui a été reçu.

Si une trame du signal de commande contient quatre impulsions au lieu de deux, on utilise les troisième et quatrième impulsions pour mettre respectivement à jour la bascule de conservation du dernier état, 123, et la bascule d'état pris par défaut, 125. Le contenu de ces bascules 123 et 124 n'est changé qu'au moment de la réception des troisième et quatrième impulsions. Un "1" logique dans la position de la troisième impulsion positionne à l'état haut le signal de conservation du dernier état, HLS ; un "0" logique dans la position de la troisième impulsion fait passer le signal HLS à l'état bas. Le signal HLS apparaît à la sortie de la bascule HLS 123 et il est appliqué au sélecteur de sortie 120 et au codeur d'état 125. De façon similaire, une quatrième impulsion positionne au niveau haut ou au niveau bas le signal d'état pris par défaut DEF (niveau haut = état conducteur, niveau bas = état bloqué). Le signal d'état pris par défaut DEF et son complément $\overline{DEF}$ apparaissent sous la forme de signaux de sortie de la bascule d'état pris par défaut, 124. Le signal d'état pris par défaut DEF est appliqué au codeur d'état 125 et son complément $\overline{DEF}$ est appliqué au sélecteur de sortie 120. Dans le cas d'une perte de la transmission provenant du micro-contrôleur (c'est-à-dire d'une perte du signal de commande faisant passer $\overline{LOS}$ à l'état bas), le signal HLS ordonne au sélecteur de sortie 120 soit de conserver l'état conducteur/bloqué précédent, soit de prendre l'état pris par défaut. Si le signal HLS est un "1" logique, l'état précédent sera maintenu ; si HLS est égal à "0", le passage à l'état pris par défaut aura lieu dès le passage de $\overline{LOS}$ au niveau bas. On voit l'avantage de cette opération : en cas de perte de communication entre le point d'E/S et le dispositif de commande (c'est-à-dire le micro-contrôleur des figures 1 et 3), la condition conducteur/bloqué est forcée dans un état préféré, présélectionné.

Le compteur à deux bits 121 compte les impulsions

CLK pour produire un compte de sortie, SO et S1, qui prend des valeurs binaires comprises entre zéro et trois. Cette valeur de comptage indique l'impulsion d'une trame qui est en cours de réception, et elle est appliquée (sous la forme de SO et S1) au filtre de données de sortie 119, à la bascule de conservation du dernier état 123, à la bascule d'état pris par défaut 124 et au sélecteur de données 129, de façon que chaque circuit ne réagisse qu'aux impulsions appropriées d'une trame.

Les signaux de la figure 5 montrent les relations entre les signaux SIG, CLK, SYNC, $\overline{\text{LOS}}$, et le signal CONDUCTEUR/BLOQUE pour diverses conditions. Pour la première trame (par commodité, on désigne arbitrairement les trames par des numéros de trame), des impulsions redondantes ayant un rapport cyclique de 25% sont émises, ce qui correspond à "O" ou à un état bloqué du dispositif de commutation. Des impulsions d'horloge sont produites à 0,5T après chaque front montant d'un signal SIG. Un intervalle de synchronisation ou "impulsion manquante" fait suite aux deux impulsions redondantes. L'impulsion manquante fait apparaître une impulsion SYNC, qui indique la fin d'une trame. Du fait que les deux impulsions SIG ont un rapport cyclique de 25%, le signal CONDUCTEUR/BLOQUE reste au niveau bas et le signal $\overline{\text{LOS}}$ reste au niveau haut.

Pour la seconde trame, la première impulsion SIG a un rapport cyclique de 25% et la seconde a un rapport cyclique de 75%. L'absence d'identité peut résulter par exemple d'un brouillage dû au bruit. Dans un tel cas, les impulsions CLK et SYNC sont à nouveau produites comme dans la première trame et le signal $\overline{\text{LOS}}$ reste au niveau haut. Cependant, du fait que les impulsions SIG sont différentes, le signal CONDUCTEUR/BLOQUE conserve sa valeur précédente, qui est dans ce cas le niveau bas. Dans la troisième trame, les impulsions SIG ont toutes deux une

durée correspondant à un rapport cyclique de 75%, ce qui indique que le signal CONDUCTEUR/BLOQUE représentant l'état du dispositif de commutation doit monter au niveau CONDUCTEUR. Ceci se produit au moment du front montant de l'impulsion d'horloge qui suit la seconde impulsion SIG. Pour la quatrième trame, les impulsions de commande ne sont plus identiques, ce qui fait que la ligne CONDUCTEUR/BLOQUE reste au niveau haut. La cinquième trame ramène la ligne CONDUCTEUR/BLOQUE à un niveau bas, avec l'apparition d'impulsions redondantes ayant toutes deux des rapports cycliques de 25%. La sixième trame d'impulsions SIG comprend quatre impulsions ayant un rapport cyclique de 75%. La durée de la sixième trame est quelque peu prolongée pour accepter les quatre impulsions et "l'impulsion manquante". Les première et seconde impulsions SIG ramènent le signal CONDUCTEUR/BLOQUE au niveau haut. Bien que ceci ne soit pas représenté, la troisième impulsion de la trame fait passer HLS au niveau haut, simultanément au front montant de l'impulsion d'horloge résultante, et la quatrième impulsion de la trame fait passer DEF au niveau haut.

En plus de l'information d'état conducteur/bloqué, d'état pris par défaut et de conservation du dernier état, le signal de commande SIG assure la synchronisation pour le retour de données d'état ou de diagnostic vers le micro-contrôleur. Le codeur d'état 125 accepte, en tant que signaux d'entrée, six états de dispositifs de commutation, présents sur le bus de conducteur 115 et provenant de la section de commande et de détection 113, en compagnie des bits CONDUCTEUR/BLOQUE, DEF et HLS. Le codeur d'état 125 combine ces signaux d'entrée pour former un signal d'état codé à quatre bits qui est appliqué au réseau de bascules d'état 127. Le sélecteur de données 129 est un sélecteur du type un parmi quatre qui accepte les quatre bits de données provenant du réseau de bascules d'état 127

et qui émet ensuite séquentiellement cette information d'état à quatre bits vers le micro-contrôleur, par l'intermédiaire de la ligne M. Le signal de sortie du compteur à deux bits 121 indique le compte des impulsions SIG et il commande le sélecteur de données 129 de façon que ce dernier émette un bit pour chaque impulsion SIG reçue. Les quatre bits sont codés de façon que le premier bit (XO) indique s'il existe ou non une condition de défaut, et le second bit (X1) indique si une tension apparaît ou non sur la charge de sortie. Si un défaut est présent (XO = 0), les troisième et quatrième bits (X2 et X3) indiquent la nature du défaut. Si aucun défaut n'est apparu (XO = 1), le troisième bit indique la valeur correspondant à la conservation du dernier état et le quatrième bit indique la valeur correspondant à l'état pris par défaut.

Le micro-contrôleur 90 (figure 3) détermine la quantité d'information à recevoir à partir de la section de transmission 111, sur la base du nombre d'impulsions par trame que contient le signal de commande, SIG, qui est émis vers la section de transmission 111. Le micro-contrôleur lit le signal d'état sur la ligne M, immédiatement après avoir émis un front montant du signal SIG sur la ligne D. Le nombre d'impulsions par trame dans le signal de commande et le nombre de bits d'état lus en retour par trame sont donc les mêmes. Normalement, le micro-contrôleur émet deux impulsions par trame et il lit en retour XO et X1. Si XO indique un défaut, le micro-contrôleur passe au mode de quatre impulsions par trame, de façon à pouvoir lire un message de défaut contenu dans les bits X2 et X3. En l'absence d'un défaut, on peut également utiliser le mode à quatre impulsions pour lire et écrire dans la bascule HLS 123 et dans la bascule d'état pris par défaut, 124. Dans un tel cas, les troisième et quatrième impulsions de SIG positionnent ou restaurent respectivement la bascule HLS 123 et la bascule

d'état pris par défaut, 124, et les bits X2 et X3 du signal d'état indiquent l'état de ces deux bascules.

La section de commande et de détection 113 de la figure 4 comprend un circuit logique de commutation 133, un circuit comparateur 135 et un circuit d'attaque de grille 137. Le circuit logique de commutation 133 reçoit le signal CONDUCTEUR/BLOQUE produit par la section de transmission 111 et, en fonction de l'état d'autres signaux d'entrée, il applique un signal de grille correspondant à la borne de grille d'un dispositif de commutation de puissance, par l'intermédiaire du circuit d'attaque de grille 137. Le dispositif de commutation de puissance est de préférence un transistor à grille isolée, qu'on décrira ci-après de façon plus complète.

Parmi les autres signaux qui sont appliqués au circuit logique de commutation 133, figurent des signaux représentatifs du niveau de la tension d'alimentation et de la température du dispositif de commutation de puissance. Des signaux représentant la tension de la ligne d'alimentation et de la charge ainsi que le courant de la charge sont appliqués en tant que signaux d'entrée au circuit comparateur 135. Le circuit comparateur 135 élabore un ensemble de signaux qui indiquent le niveau du courant de charge par rapport à une limite inférieure, une limite intermédiaire et une limite supérieure présélectionnées. Le circuit comparateur 135 produit également un signal représentatif du niveau de la tension de la charge par rapport au niveau de la tension de la ligne d'alimentation et, dans le cas de l'alimentation en alternatif, un signal qui indique le passage par zéro de la tension alternative. Tous ces signaux sont appliqués en tant que signaux d'entrée au circuit logique de commutation 133, par l'intermédiaire d'un bus à cinq conducteurs 136. Une entrée supplémentaire du circuit logique de commutation 133, portant la désignation ALTERNATIF/CONTINU, est prévue

pour présélectionner le fonctionnement en mode alternatif ou en mode continu.

Le circuit logique de commutation 133 produit l'ensemble de signaux de diagnostic appliqués au codeur d'état 125 par l'intermédiaire du bus à six conducteurs 115. Cet ensemble de signaux de diagnostic est élaboré à partir des signaux de niveau de tension et de courant fournis par le circuit comparateur 135, et à partir des signaux de température et de tension d'alimentation. On peut utiliser les six signaux de diagnostic pour indiquer, par exemple : (1) qu'une charge est ouverte ou déconnectée ; (2) que la charge dépasse une première valeur limite supérieure, ce qui exige une réaction immédiate dans un but de protection ; (3) qu'un courant de charge dépasse une seconde valeur limite supérieure, ce qui exige une réaction dans un but de protection uniquement si le courant reste supérieur à la limite pendant une certaine durée présélectionnée ; (4) que la tension de la charge a été ou n'a pas été appliquée ; (5) le niveau relatif de la tension d'alimentation ; et (6) la température relative du dispositif de commutation de puissance.

Le signal de grille provenant de la section de commande et de détection 113 peut commander divers circuits de commutation d'entrée/sortie. A titre d'exemple, on peut employer pour le circuit de commutation d'entrée/sortie des moyens de commutation constitués par des transistors à effet de champ ou par des thyristors. Dans tous les cas, un circuit de commutation préféré comprend une branche de courant shunt qui comporte des moyens destinés à produire un signal représentatif du courant appliqué à une charge connectée. Cependant, les circuits de commutation les plus préférables utilisent un transistor à grille isolée, ou en abrégé TGI.

Le TGI est de façon générale un dispositif semi-conducteur de puissance dont on peut commander la conduc-

tion et le blocage. On peut ainsi débloquer le TGI et le bloquer au moyen de sa borne de grille. Certaines versions du TGI comprennent une section dite de simulation de courant, qui est une section du TGI prévue de façon à acheminer une fraction proportionnelle du courant total du TGI. La section de simulation est avantageuse dans la mesure où on peut l'utiliser pour contrôler le courant total sans recourir à des résistances shunt dissipant une puissance élevée, pour la détection de courant. Un seul signal de grille commande la circulation du courant à la fois dans la section principale d'un TGI et dans sa section de simulation. Le transistor à grille isolée est décrit (bien que sous un nom différent) dans un article de B. J. Baliga et col., intitulé "The Insulated Gate Rectifier (IGR): A New Power Switching Device", IEDM 82 (décembre 1982), pages 264 - 267. Un TGI comportant une section de simulation constitue le sujet de la demande de brevet des E.U.A. n° 529 240, cédée à la demanderesse. Les figures 7A - 7C montrent divers circuits de commutation d'entrée/sortie utilisant des TGI qu'on peut employer dans le système d'E/S qui est décrit ici.

Dans le circuit de source de courant continu de la figure 7A, le signal de grille est appliqué à la borne de grille 140 d'un TGI à canal P, 141, qui comporte un émetteur 142 pour une section de courant principale et un émetteur 143 pour une section de courant de simulation. La borne positive de la source d'alimentation continue est directement connectée à l'émetteur principal 142, et elle est connectée par l'intermédiaire d'une résistance de détection de courant 145 à l'émetteur 143 de la section de simulation. Le collecteur du dispositif TGI est connecté de façon externe à une extrémité de la combinaison en parallèle d'une diode de suppression de surtensions, 147, et d'une résistance de pré-charge 148. L'extrémité opposée de la combinaison de la diode 147 et de la résistance de

pré-charge 148 est ramenée à la borne négative de la source d'alimentation continue. Le point de connexion du TGI 141 et de la combinaison diode/résistance de pré-charge, constitue la borne ENTREE/SORTIE 149. Bien que dans l'utilisation réelle, un dispositif d'entrée et une charge ne seraient pas connectés simultanément, une charge 150 est représentée entre la borne ENTREE/SORTIE 149 et la borne de retour de la charge (c'est-à-dire la sortie) 152, et un dispositif d'entrée 153 est représenté entre la borne ENTREE/SORTIE 149 et la borne de retour d'entrée 155. Les bornes de retour 155 et 152 sont respectivement connectées électriquement en commun avec les lignes positive et négative de la source d'alimentation continue. La résistance de pré-charge 148 a une valeur ohmique relativement élevée et la résistance de détection de courant 145 a une valeur ohmique relativement basse, de même que les résistances de pré-charge et de détection de courant qui sont utilisées dans les circuits des figures 7B et 7C. A titre d'exemple, pour une source de 120 volts, la résistance de pré-charge 148 peut être de l'ordre de 20 kΩ et la résistance de détection de courant 145 peut être de l'ordre de 10Ω .

Lorsqu'on fait fonctionner le circuit de la figure 7A en circuit de sortie, on commande le courant de la charge en débloquant et en bloquant le TGI 141 à des instants appropriés. Le courant de la charge part de la source d'alimentation, traverse le TGI 141 et la charge 150, et il revient vers la source. Le contrôle du courant de la charge est facilité par la section de simulation du TGI, qui procure un signal représentatif du courant de la charge au point de connexion entre la résistance de détection de courant 145 et l'émetteur 148. Un signal de tension de la charge, confirmant que la tension de la charge est effectivement appliquée, est prélevé au point de connexion de la résistance de pré-charge 148 et du collecteur du TGI 141. Un signal de tension d'alimentation est prélevé

sur l'extrémité opposée de la résistance de pré-charge 148. La diode de suppression des surtensions 147 constitue un shunt pour des courants inverses produits par des charges inductives.

Lorsqu'on fait fonctionner le circuit de la figure 7A en circuit d'entrée, on maintient le TGI dans un état bloqué. On détecte alors l'état du dispositif d'entrée 153 (ouvert ou fermé) en contrôlant la tension qui est développée aux bornes de la résistance de pré-charge 148. On contrôle ce signal d'état par l'intermédiaire de la ligne de tension de la charge.

Le circuit d'entrée/sortie de la figure 7B, fonctionnant en circuit d'absorption de courant continu, comprend les mêmes éléments fonctionnels que le circuit de source de la figure 7A, mais dans une configuration quelque peu différente. Lorsqu'on fait fonctionner ce circuit en circuit de sortie, on connecte la charge 147 entre la borne ENTREE/SORTIE 158 et la borne de retour de la charge, 159. On commute les TGI 161 à l'état conducteur ou bloqué pour commander le courant de la charge. Il faut cependant noter que le TGI 161 est un TGI à canal N. La borne de collecteur est connectée à une extrémité de la combinaison en parallèle d'une diode de suppression des surtensions 165 et d'une résistance de pré-charge 167. Cette combinaison est branchée en parallèle sur les bornes 158 et 159 auxquelles la charge 167 est connectée. Une résistance de détection de courant 168 est connectée en série entre l'émetteur de la section de simulation et la borne négative de la source d'alimentation continue. L'émetteur de la section principale est directement connecté à la borne négative de la source d'alimentation continue. Un signal de courant du TGI, représentatif du courant de la charge, est prélevé au point de connexion de la résistance de détection de courant 168 et de l'émetteur 163 de la section de simulation. Le signal de tension de

la charge est prélevé sur la borne ENTREE/SORTIE 158, et le signal de tension d'alimentation est prélevé sur la borne positive de la source d'alimentation continue, qui est également connectée à la borne de retour d'entrée 160. Comme avec le circuit de source de courant continu, envisagé ci-dessus, lorsqu'on utilise le circuit d'entrée/sortie en tant qu'entrée, on maintient le TGI 161 à l'état bloqué et on détecte l'état du dispositif d'entrée 170 au moyen de la tension qui est développée aux bornes de la résistance de pré-charge 167. Ce signal d'état est transmis par la ligne de tension de la charge.

Sur la figure 7C, qui montre un circuit d'entrée/sortie alternatif, on utilise des TGI à canal P et à canal N, branchés en parallèle, portant respectivement les références 175 et 176. Le signal de grille des TGI est appliqué à un circuit de commande de grille 178 qui produit deux signaux de commande de grille simultanés (de polarité opposée) pour commander (c'est-à-dire pour bloquer et débloquer) les TGI 175 et 176. Une résistance de détection de courant 180, connectée en série, est associée à la section de simulation du TGI 175, et une résistance de détection de courant 181 connectée en série est associée à la section de simulation du TGI 176. On obtient un signal de courant des TGI, représentatif du courant de la charge qui circule dans les TGI, en comparant les signaux développés aux bornes des deux résistances de détection de courant 180 et 181 dans un amplificateur différentiel 183. Un circuit de suppression des tensions transitoires 185 est connecté en parallèle avec la section principale des TGI et entre la borne ENTREE/SORTIE 186 et la borne de retour 187 du dispositif d'entrée. La borne de retour 187 est également connectée électriquement en commun avec un côté de la ligne d'alimentation en alternatif. Une résistance de précharge 189 est connectée entre la borne ENTREE/SORTIE 186 et la borne de retour de la charge, 190. Cette dernière

borne, 190, est connectée à l'autre côté de la ligne d'alimentation en alternatif.

Lorsque le circuit de la figure 7C fonctionne en circuit de sortie, le circuit de commande de grille 178, fonctionnant sous la dépendance du signal de grille des TGI, commande les TGI 175 et 176 de façon qu'ils soient simultanément conducteurs ou bloqués, ce qui fait circuler ou bloque le courant de la charge. La charge 191 est connectée entre la borne ENTREE/SORTIE 186 et la borne de retour de la charge, 190. Pendant le fonctionnement en circuit d'entrée, la charge 191 n'est pas connectée, et un dispositif de commutation d'entrée 192 est connecté entre la borne ENTREE/SORTIE 186 et la borne de retour 187. Les TGI 175 et 176 sont maintenus à l'état bloqué et l'état du dispositif de commutation d'entrée 192 est déterminé par la présence ou l'absence d'une tension sur la ligne de tension de la charge ; la présence d'une tension indiquant un interrupteur d'entrée fermé.

En considérant la figure 8, qui montre de façon plus détaillée la section de commande et de détection, on voit que le signal CONDUCTEUR/BLOQUE provenant de la section de transmission est appliqué à une entrée de la porte NON-ET 195, à l'inverseur 196 et aux entrées de restauration des bascules 198 et 199. L'autre entrée de la porte NON-ET 195 reçoit le signal de sortie de la porte NON-ET 201. La première entrée de la porte NON-ET 201 reçoit un signal qui est au niveau haut ou au niveau bas, selon que le circuit de sortie doit fonctionner en circuit de sortie à courant alternatif ou en circuit de sortie à courant continu. On notera que ce signal peut être produit par un interrupteur ou un cavalier connectant de façon appropriée la ligne de sélection alternatif/continu à une valeur de référence haute ou basse. L'entrée restante de la porte NON-ET 201 reçoit un signal provenant du détecteur de passage par zéro 202, par l'intermédiaire de l'inverseur

201a, pour indiquer les cas dans lesquels la tension de la ligne d'alimentation en alternatif (pour des circuits de sortie à courant alternatif) est comprise dans une certaine plage au voisinage de la tension zéro. Ainsi, dans le cas d'une sortie en alternatif, la porte NON-ET 195 ne transmet le signal CONDUCTEUR/BLOQUE que pendant un passage par zéro de la tension de la ligne d'alimentation en alternatif. Le détecteur de passage par zéro 202 peut être un circuit quelconque parmi un certain nombre de circuits classiques produisant un signal qui indique le fait que le signal d'entrée alternatif est compris dans une certaine plage correspondant à un passage par zéro. Pour une sortie à courant continu, l'état de la porte NON-ET 201 permet la transmission du signal CONDUCTEUR/BLOQUE par la porte NON-ET 195. Le signal CONDUCTEUR/BLOQUE provenant de la porte NON-ET 195 est appliqué à l'entrée de positionnement de la bascule 203. Le signal de la sortie Q de la bascule 203 est appliqué à l'une des trois entrées de la porte ET 205, dont la sortie fournit le signal de grille des TGI.

Les deux entrées restantes de la porte ET 201 sont attaquées par les sorties Q des bascules 198 et 199. Les deux bascules 198 et 199 sont restaurées lorsque le signal CONDUCTEUR/BLOQUE passe à l'état bloqué. La bascule 198 reçoit un signal de positionnement provenant du comparateur 207 chaque fois que le courant du TGI dépasse une valeur présélectionnée. En effet, un signal représentatif du courant du TGI est appliqué à l'entrée inverseuse du comparateur 207, tandis qu'une tension de référence représentant un niveau excessif du courant du TGI est appliqué à son entrée non inverseuse. A titre d'exemple, la tension de référence peut avoir une valeur correspondant à un courant de 30 A. De façon similaire, la bascule 199 reçoit sur sa borne de positionnement un signal qui provient du circuit de contrôle d'alimentation 209. Le circuit de contrôle d'alimentation 209 peut être l'un quelconque des

nombreux moyens bien connus qui produisent un signal indiquant si la tension d'alimentation continue est supérieure ou inférieure à une certaine valeur présélectionnée. Par conséquent, au point de vue fonctionnel, une tension d'alimentation basse ou un courant du TGI excessivement élevé auront pour effet d'invalider la porte ET 205. Ceci force dans un état bloqué le TGI (qui est connecté à la sortie de la porte ET 205), et le TGI reste dans cet état jusqu'à ce que la condition de défaut soit supprimée.

On utilise le signal de la sortie Q de la bascule 198 en tant que signal d'interruption du fonctionnement en cas de surintensité, et ce signal est l'un des six signaux d'état de dispositif de commutation qui sont appliqués au bus de conducteurs 115 (figure 4). Outre le fait qu'il est dirigé vers la porte ET 205, le signal de la sortie Q de la bascule 199 est également appliqué à une entrée de la porte logique 210. Le signal provenant du circuit de contrôle d'alimentation 209 est appliqué à l'entrée restante de la porte logique 210, de façon que le signal de sortie de cette porte indique l'état de l'alimentation continue. Ce signal de sortie est également l'un des six signaux d'état de dispositif de commutation.

La bascule 203 reçoit un signal de restauration provenant de la sortie de la porte NON-ET 212. Parmi les deux signaux d'entrée de la porte NON-ET 212, le premier est le signal CONDUCTEUR/BLOQUE inversé provenant de l'inverseur 196, et le second provient de la porte NON-ET 213. Le signal de sélection alternatif/continu est appliqué à une entrée de la porte NON-ET 213, et le signal de sortie du comparateur 214 est appliqué à l'autre entrée par l'intermédiaire de l'inverseur 201b. Le comparateur 214 est un comparateur de contrôle pour le courant du TGI, et le signal de courant du TGI est appliqué à son entrée inverseuse. Une tension de référence correspondant à une valeur minimale, relativement faible, du courant du TGI (par

exemple 0,05 A), est appliquée à l'entrée non inverseuse du comparateur 214. Cette combinaison, comprenant la porte NON-ET 212, l'inverseur 196, la porte NON-ET 213 et le comparateur 214, agit par l'intermédiaire de la bascule 203 de façon à empêcher la commutation du TGI (dans un mode de fonctionnement en alternatif) à moins que le courant de charge du TGI ne soit inférieur à la valeur de référence.

Le signal de courant du TGI est également appliqué à l'entrée non inverseuse du comparateur 215, dans lequel il est comparé avec une valeur de courant de référence intermédiaire. La valeur de courant de référence intermédiaire (correspondant par exemple à 2 A), est appliquée à l'entrée inverseuse du comparateur 215. Cependant, un réseau de retard comprenant la résistance 216 et le condensateur 220 est également connecté à l'entrée non inverseuse du comparateur 215. La combinaison de la résistance 216 et du condensateur 220 retarde la tension sur l'entrée non inverseuse du comparateur 215, par rapport au courant du TGI. Ainsi, la sortie du comparateur 215 ne sera affectée que si le courant du TGI dépasse la valeur de référence pendant une durée prolongée. Si la surintensité est simplement de courte durée, aucun changement de l'état du comparateur 215 ne se produit. Le signal de sortie du comparateur 215 ainsi que le signal de sortie du comparateur 214 sont fournis en tant que signaux d'état du dispositif de commutation. Ces signaux sont utilisés comme des signaux de diagnostic et ils indiquent respectivement si le courant du TGI est supérieur ou inférieur à la valeur de référence intermédiaire, et si ce courant est supérieur ou inférieur à la valeur de référence inférieure, de façon que le micro-contrôleur puisse déclencher une action correctrice, si nécessaire.

Dans le cas où le courant du TGI dépasse la valeur de référence intermédiaire, une action correctrice

n'est entreprise que si la valeur et la durée de la surintensité sont suffisantes pour déclencher le comparateur 215. Ainsi, le courant de la charge peut dépasser la valeur de référence intermédiaire pendant un certain temps avant qu'une action correctrice ne soit entreprise. Dans certains cas, il est préférable de supprimer le réseau de retard (c'est-à-dire la résistance 216 et le condensateur 220) et de mettre en oeuvre la fonction de retard par logiciel dans le micro-contrôleur. La comparaison du courant de l'IGT ou de la charge, avec la référence inférieure, ou de valeur minimale, permet de générer un signal de diagnostic (correspondant par exemple à 0,05 A) qui indique si une charge est connectée, ou bien si elle est ouverte, dans le cas où elle est connectée. Le signal de la sortie Q de la bascule 217 est un signal d'état du dispositif de commutation, ayant une fonction de diagnostic, qui indique si une tension est présente ou non sur la charge connectée. La borne d'entrée de positionnement de la bascule 217 est connectée à la sortie de la porte NON-ET 218. La porte NON-ET 218 reçoit sur sa première borne d'entrée le signal de passage par zéro en alternatif, inversé, qui provient de l'inverseur 219, et elle reçoit sur sa borne d'entrée restante le signal de sortie du comparateur 221. Le comparateur 221 compare les tensions de la ligne d'alimentation et de la charge pour produire un signal logique qui indique si la tension de la charge est supérieure ou inférieure à un pourcentage présélectionné de la tension de la ligne d'alimentation. A titre d'exemple, le signal de sortie peut indiquer si la tension de la charge est supérieure ou inférieure à 70% de la tension de la ligne d'alimentation. Les tensions de la ligne d'alimentation et de la charge sont appliquées par des résistances d'entrée respectives 223 et 224 aux bornes d'entrée du comparateur 221. Fonctionnellement, la porte NON-ET 218 empêche un changement d'état de la sortie de la

bascule 217 chaque fois que la tension de la ligne d'alimentation alternative est comprise dans une certaine plage autour de zéro volt. Ainsi, en fait, les décisions concernant l'état de la tension de la charge ne sont pas prises chaque fois que la tension de la ligne d'alimentation alternative est proche d'un passage par zéro.

La bascule 217 est restaurée par le signal de sortie de la porte NON-ET 226. La première entrée de la porte NON-ET 226 reçoit le signal de passage par zéro inversé qui provient de l'inverseur 219, et la seconde entrée reçoit le signal de sortie du comparateur 221, après qu'il a été inversé par l'inverseur 227.

Le signal restant parmi les signaux d'état du dispositif de commutation est fourni par le circuit de contrôle de température 229 et il indique la température relative du dispositif de commutation constitué par un TGI (ou plusieurs TGI dans le cas d'une sortie en alternatif). Le circuit de contrôle de température 229 consiste de préférence en un simple détecteur de température à jonction P-N, 229, qui est en bonne communication thermique avec le TGI. On peut par exemple sélectionner le détecteur de température 229 de façon qu'il indique le fait que la température du TGI a dépassé 150°C.

La figure 9, formée par les figures 9A-9C, représente de façon plus détaillée un mode de réalisation de la section de transmission (111 sur la figure 4). Les signaux de sortie que produit le temporisateur 117 sont élaborés par un réseau de temporisation RC qui est constitué par une résistance 300 et un condensateur de temporisation 301. La résistance 300 et le condensateur 301 sont connectés en série entre une source de tension positive +V et un point de circuit commun. Le point de connexion entre la résistance 300 et le condensateur 301 est connecté à l'entrée inverseuse du comparateur du signal LOS, 303, et aux entrées non inverseuses des comparateurs des

signaux SYNC et CLK, portant respectivement les références 304 et 305. Les résistances 308-312 forment un réseau diviseur de tension dans lequel les résistances sont connectées en série entre +V et le point de circuit commun. Chaque point de connexion entre les résistances 308-312 du réseau diviseur fournit ainsi une référence de tension. La tension de référence la plus élevée, prélevée au point de connexion entre les résistances 308 et 309, est appliquée à l'entrée non inverseuse du comparateur 303. Les autres valeurs de référence de tension, en ordre de niveau de tension décroissant, sont appliquées de façon correspondante aux entrées inverseuses du comparateur de synchronisation 304 et du comparateur d'horloge 305, et à l'entrée non inverseuse du comparateur de commande 314.

La borne de collecteur du transistor 315 est connectée par la résistance de collecteur 316 au condensateur de temporisation 301, dont l'autre borne est connectée à l'émetteur du transistor 315. L'état conducteur/bloqué du transistor 315 commande le cycle de charge/décharge du condensateur 301 et est lui-même commandé par la sortie Q de la bascule 317. Une résistance 318 est connectée entre la borne de base du transistor 315 et la sortie Q de la bascule 317. La borne de restauration de la bascule 317 reçoit le signal de sortie provenant du comparateur de commande 314. Le comparateur de commande 314 compare continuellement la tension aux bornes du condensateur de temporisation 301 (qui est appliquée à l'entrée inverseuse du comparateur 314), avec la tension de référence qui provient du point de connexion des résistances 311 et 312.

Lorsqu'on considère le fonctionnement du temporisateur 117, on peut supposer initialement que la sortie Q de la bascule 317 est à un niveau bas, ce qui maintient le transistor 315 bloqué, ce qui fait que le condensateur 301 se charge à un certain niveau de tension, et la sortie

du comparateur de commande 314 est ainsi à l'état bas. Dans ces conditions, un front montant d'une impulsion appliquée à l'entrée d'horloge de la bascule 317 par l'intermédiaire de l'amplificateur séparateur 320 fait apparaître un niveau haut sur la sortie Q. Ceci débloque le transistor 315, ce qui décharge le condensateur de temporisation 301. Sous l'effet de la décharge du condensateur 301, le signal de sortie CLK du comparateur 305 est forcé à un niveau bas. La sortie du comparateur 304 est également forcée au niveau bas, si elle n'est pas déjà au niveau bas, et la sortie du comparateur du signal LOS, 303, est forcée au niveau haut si elle n'est pas déjà à ce niveau.

La décharge du condensateur 301 est détectée par le comparateur 314 dont la sortie passe au niveau haut, ce qui restaure la bascule 317. La sortie Q de la bascule 317 passe alors au niveau bas, ce qui bloque le transistor 315 et permet ainsi au condensateur 301 de commencer à se recharger. Lorsque la tension de recharge devient suffisamment élevée, le comparateur de signal d'horloge 305 est déclenché, ce qui produit un signal CLK de niveau haut. Si le condensateur 301 peut continuer à se charger, il atteint un certain niveau de tension qui déclenche tout d'abord le comparateur du signal SYNC 304, puis ensuite le comparateur du signal LOS, 303. Le comparateur du signal SYNC, 304, est ainsi déclenché par une "impulsion manquante", et le comparateur du signal LOS est déclenché par une perte du signal SIG durant pendant environ 2,5 T, comme décrit précédemment.

Sur la figure 9B, les signaux SIG et CLK sont appliqués au filtre de données de sortie 119 qui comprend des bascules 325 et 326, une porte NON-OU-EXCLUSIF 329, une porte NON-ET 328, un inverseur 330 et des portes de transmission 331 et 332. Les signaux SIG et CLK sont respectivement appliqués aux entrées D et C de la bascule 325 qui conserve, sur sa sortie Q, l'état haut ou bas de

l'impulsion SIG immédiatement précédente, de façon à permettre la comparaison des valeurs des deux premières impulsions d'une trame. Lorsque l'impulsion d'horloge apparaît, la valeur du signal SIG est haute ou basse selon que la valeur de l'impulsion correspond à un rapport cyclique de 75% ou de 25%. Pour une impulsion ayant un rapport cyclique de 25%, la sortie Q de la bascule 325 est forcée au niveau bas ; pour une impulsion ayant un rapport cyclique de 75%, la sortie Q est au niveau haut. Il y a ainsi en fait un échantillonnage de la valeur SIG à chaque apparition de l'impulsion d'horloge. La valeur de la sortie Q de la bascule 325 est appliquée à une entrée de la porte NON-OU-EXCLUSIF 329, et la valeur du signal SIG est appliquée à son autre entrée. La valeur de l'impulsion courante et les valeurs des impulsions précédentes sont ainsi comparées dans la porte NON-OU-EXCLUSIF 329, dont la sortie est à un niveau haut chaque fois que les signaux d'entrée sont identiques.

Le signal de sortie de la porte NON-OU-EXCLUSIF 329 est appliqué en tant que signal d'entrée à la porte NON-ET 328 qui reçoit respectivement les impulsions de compte S0 et S1 sur ses deux autres entrées. Les valeurs de S0, $\overline{S0}$, S1 et $\overline{S1}$, prises ensemble, indiquent quelle est l'impulsion qui est reçue, dans une trame. Par conséquent, si les deux premières valeurs d'impulsions d'une trame sont les mêmes et si c'est la seconde impulsion qui est reçue, la sortie de la porte NON-ET 328 prend une valeur logique zéro. A tous les autres moments et dans d'autres conditions, la sortie de la porte NON-ET 328 correspond à la valeur logique un.

Un zéro logique à la sortie de la porte NON-ET 328 indique ainsi la concordance entre les deux premières impulsions d'une trame, et une condition valide pour mettre à jour la sortie $\overline{Q}$ de la bascule 326. Dans ce but, le signal de sortie de la porte NON-ET 328 est appliqué

en parallèle à l'entrée de l'inverseur 330 et sur des bornes de commande opposées des portes de transmission 331 et 332. Un zéro logique sur la sortie de la porte NON-ET 328 provoque le blocage de la porte de transmission 332 et le déblocage de la porte de transmission 331, cette dernière transmettant le signal de commande SIG à l'entrée D de la bascule 326. L'apparition d'une impulsion d'horloge transfère alors la nouvelle valeur vers la sortie de la bascule 326.

Si au contraire il y a une absence de redondance dans les deux premières impulsions d'une trame, la sortie de la porte NON-ET 328 est à l'état logique un, ce qui maintient la porte de transmission 331 à l'état bloqué et la porte de transmission 332 à l'état débloqué. Dans ces conditions, le signal de sortie de la bascule 326 est renvoyé par la porte 332, ce qui fait que la bascule 326 conserve l'état de sortie précédent. Le signal de la sortie $\overline{Q}$ de la bascule 326 représente une version filtrée du signal CONDUCTEUR/BLOQUE qui est ensuite transmis au sélecteur de sortie 120.

En plus du signal CONDUCTEUR/BLOQUE filtré, le sélecteur de sortie 120 reçoit le signal $\overline{LOS}$, le signal de conservation du dernier état HLS et le signal d'état pris par défaut complémenté, $\overline{DEF}$. Le sélecteur de sortie 120 (qui comprend les portes NON-OU 335-337 et la porte OU 338) a pour fonction de sélectionner une valeur désirée pour le signal de sortie CONDUCTEUR/BLOQUE, dans le cas d'une perte de la communication entre un point d'E/S et le micro-contrôleur, c'est-à-dire une perte du signal de commande SIG. Si une telle perte de communication vient à se produire, le sélecteur de sortie 120 produit un signal de sortie CONDUCTEUR/BLOQUE qui est soit la dernière valeur transmise de SIG, soit une valeur prise par défaut, en fonction des signaux HSL et $\overline{DEF}$ qui sont appliqués en tant que signaux d'entrée de commande au sélecteur 120.

Les signaux HLS et $\overline{DEF}$ sont respectivement générés par la bascule de conservation du dernier état, 123, et par la bascule d'état pris par défaut, 124. Ces bascules sont pratiquement identiques mais réagissent à des impulsions différentes dans une trame du signal de commande. La bascule du signal HLS 123 comprend une porte NON-ET 340, des portes de transmission 342 et 343, un inverseur 344 et une bascule 345 ; la bascule d'état pris par défaut 124 (figure 9C) comprend une porte NON-ET 348, des portes de transmission 349 et 350, un inverseur 352 et une bascule 353. Du fait que la configuration de circuit et le fonctionnement de ces deux bascules sont pratiquement identiques, seule la bascule du signal HLS, 123, nécessite une explication détaillée.

La bascule du signal HLS, 123, réagit à la troisième impulsion dans une trame du signal de commande (c'est-à-dire qu'elle réagit à des impulsions $\overline{S0}$ et S1 de niveau haut provenant du compteur à deux bits 121), d'une manière qui permet la mise à jour de la sortie de cette bascule. Les impulsions $\overline{S0}$ et S1 sont appliquées sous la forme de signaux d'entrée à la porte NON-ET 340 dont la sortie commande les portes de transmission 342 et 343. Le signal de sortie de la porte NON-ET 340 est appliqué à un premier jeu de bornes de commande opposées des portes de transmission 342 et 343, et à l'inverseur 344. Le signal de sortie de l'inverseur 344 est appliqué à un second jeu de bornes de commande opposées des portes de transmission 342 et 343. Ainsi, pendant le fonctionnement, la porte de transmission 343 est débloquée et la porte de transmission 342 est bloquée par l'apparition d'une troisième impulsion dans la trame du signal de commande. Du fait que le signal de commande est appliqué à l'entrée de la porte de transmission 343, ce signal est transmis vers l'entrée D de la bascule 345, ce qui met à jour le signal HLS qui est pris sur la sortie Q de la bas-

cule 345. Le signal de sortie HLS est également renvoyé vers l'entrée de la porte de transmission 342, de façon qu'en l'absence d'une troisième impulsion dans une trame du signal de commande, la valeur HLS reste mémorisée. Le signal d'horloge est appliqué à l'entrée d'horloge de la bascule 345. Le signal de sortie de labascule du signal HLS, 123, est appliqué au sélecteur de sortie 120.

Comparativement, la bascule d'état pris par défaut 124 fonctionne pratiquement de la même manière, mais réagit à la quatrième impulsion dans une trame. Ainsi, la bascule d'état pris par défaut réagit aux impulsions S0 et S1 d'une trame du signal de commande. Il faut cependant noter que le signal de sortie de la bascule d'état pris par défaut, 124, est prélevé sur la sortie $\overline{Q}$ de la bascule 353, ce qui fait que le signal complémentaire $\overline{DEF}$ est appliqué au sélecteur de sortie 120.

En fonctionnement normal, le sélecteur de sortie 120 a simplement pour fonction d'inverser et de transmettre le signal de commande provenant de la bascule 326 et ce signal devient alors le signal de sortie CONDUCTEUR/BLOQUE qui est appliqué à la section de commande et de détection 113 (figure 4). Cependant, en cas de perte de la communication entre le point d'E/S et le micro-contrôleur (c'est-à-dire une perte du signal de commande SIG), le signal de sortie CONDUCTEUR/BLOQUE est forcé à un état désiré prédéterminé qui est défini par les signaux $\overline{LOS}$ et HLS. Ces deux derniers signaux sont appliqués en tant que signaux d'entrée au sélecteur de sortie 120. Dans le cas où il y a une perte de communication, le sélecteur de sortie 120 maintient le dernier état ou bien il sélectionne un état pris par défaut, selon ce qui a été présélectionné. On effectue la présélection de façon à forcer le point d'E/S dans un état préféré, ou de sécurité, en cas de perte de la communication.

Les signaux $\overline{LOS}$ et HLS sont des signaux d'entrée

de la porte NON-OU 335 dont le signal de sortie attaque une entrée de la porte NON-OU 337. Le second signal d'entrée de la porte NON-OU 337 est le signal qui provient de la sortie $\overline{Q}$ de la bascule 326. La porte NON-OU 335 commande ainsi la porte NON-OU 337, d'une manière telle que si l'un ou l'autre des signaux $\overline{LOS}$ ou HLS est à un niveau haut, la porte NON-OU 337 inverse simplement le signal de commande provenant de la bascule 326. Si au contraire le signal $\overline{LOS}$ est au niveau bas (perte de la communication) et le signal HLS est également au niveau bas, la sortie de la porte NON-OU 335 est au niveau haut, ce qui maintient à un niveau bas la sortie de la porte NON-OU 337.

Les signaux $\overline{LOS}$, HLS et DEF sont appliqués à la porte NON-OU 336 dont le signal de sortie, ainsi que le signal de sortie de la porte NON-OU 337, sont appliqués en tant que signaux d'entrée à la porte OU 338. Le signal de sortie de la porte OU 338 est le signal de commande CONDUCTEUR/BLOQUE. Ainsi, en présence d'une perte de communication ($\overline{LOS}$ au niveau bas) et en l'absence d'ordre demandant de conserver le dernier état (HLS au niveau bas), le signal de sortie CONDUCTEUR/BLOQUE de la porte OU 338 est sélectionné de façon à être le signal d'état pris par défaut DEF (c'est-à-dire que $\overline{DEF}$ est inversé par la porte NON-OU 336). Le fonctionnement est donc tel que s'il y a une perte de la communication et si la conservation du dernier état n'est pas sélectionnée, une condition prise par défaut est sélectionnée. Bien entendu, en positionnant de façon appropriée la bascule du signal HLS 123 et la bascule d'état pris par défaut, 124, on peut déterminer si le dernier état est conservé ou si la condition d'état pris par défaut est sélectionnée.

Ce qui précède décrit en détail la voie directe dans la section de commande et de transmission 111. Comme on l'a envisagé précédemment, le retour de l'information de diagnostic codée s'effectue par le réseau de bascules

d'état 127 et par le sélecteur de données de type un parmi quatre, 129. Le codage de l'information est décrit en détail en relation avec la figure 10 ; il suffit cependant de noter ici que les signaux d'entrée, X0-X3 appliqués au réseau de bascules d'état 127 sont codés de façon à contenir l'information de diagnostic et d'autres informations qui doivent être renvoyées vers le micro-contrôleur 90 de la figure 3. Le réseau de bascules d'état 127 peut être un dispositif du commerce, tel que le modèle MC14174 fourni par Motorola Inc. L'information codée, X0-X3, est mémorisée dans le réseau de bascules d'état 127 sur le front montant du signal SYNC, qui est également appliqué au codeur d'état 125. Un nouvel ensemble de données est ainsi mémorisé à chaque trame du signal de commande. Ces données forment un signal de diagnostic qui est représentatif des paramètres de fonctionnement du point d'E/S.

Les données provenant du réseau de bascules d'état 127 sont transmises bit par bit par le sélecteur de données de type un parmi quatre, 129, vers le micro-contrôleur 90, par l'intermédiaire de l'amplificateur séparateur 360. Le sélecteur de données 129 réagit à la valeur courante provenant du compteur à 2 bits 121 en fournissant dans l'ordre les valeurs de X0-X3. Ainsi, par exemple, lorsque la première impulsion d'une trame est reçue, le bit X0 des données de diagnostic est émis simultanément. Le sélecteur de données 129 peut être un dispositif du commerce, comme le modèle MC14052 de Motorola, Inc.

La figure montre un table de vérité pour un codeur d'état tel que le codeur 125 de la figure 4. L'homme de l'art peut aisément réaliser un codeur conforme à la table de vérité de la figure 10, en utilisant des éléments de logique combinatoire classiques.

Sur la figure 10, les conditions d'entrée sont indiquées horizontalement au sommet de la partie gauche de

la table. Les valeurs possibles que peut prendre chaque entrée sont portées au-dessous, en colonnes. Dans la table, des "1" indiquent qu'une valeur est vraie (ce qui correspond par exemple à un signal de niveau haut), des "0" indiquent qu'une valeur n'est pas vraie et des X indiquent des états "indifférents" (c'est-à-dire que la valeur peut être "1" ou "0", sans aucun effet). Le signal de sortie à 4 bits (X0-X3) du codeur d'état 125 est représenté dans la partie droite de la table, avec les bits X0-X3 répartis horizontalement en tête des quatre colonnes. Chaque ligne horizontale s'étendant sur les quatre colonnes représente ainsi un mot à 4 bits qui définit sans ambiguïté l'état du point d'E/S. Ce mot à 4 bits constitue les données de diagnostic qui sont renvoyées vers le micro-contrôleur 90 de la figure 4 et finalement vers l'UCT du contrôleur (figure 1).

A titre d'exemple, la première ligne dans la table de vérité montre un niveau haut dans la colonne de tension basse, tandis que les colonnes restantes correspondent à des conditions "indifférentes" ou indéterminées. Dans ces circonstances, le signal de sortie à 4 bits est déterminé sans ambiguïté comme étant un signal ne comprenant que des zéros. Ce mot à 4 bits ne comprenant que des zéros signale une perte de l'alimentation du point d'E/S. A titre d'exemple supplémentaire, la ligne six montre que l'ordre donné commande le passage de la sortie à l'état conducteur, mais que la sortie est dans une condition de court-circuit. Ainsi, un "1" apparaît dans la première colonne, sous l'en-tête CONDUCTEUR/BLOQUE, ce qui indique que le point d'E/S doit être placé à l'état conducteur, tandis qu'il y a simultanément une indication de surintensité dans la colonne de surintensité (colonne 6). Le mot de sortie à 4 bits pour cette condition comprend des zéros pour tous les bits, sauf pour X3 qui est au niveau 1. Il y a de façon similaire un ensemble de quinze mots à 4 bits particuliers qui définissent les diverses conditions du

point d'E/S.

REVENDICATIONS

1. Procédé de transmission utilisable dans un système d'entrée/sortie (E/S) d'un automate programmable, pour l'échange d'information de commande et de diagnostic entre un élément de commande (36) du système d'E/S et un élément commandé (37-39) de ce système, qui comprend un dispositif de commande de sortie (141, 161, 175, 176) qui est activé et désactivé conformément à l'information de commande, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations suivantes : (a) on génère dans l'élément de commande (36) un signal de commande (SIG) sous la forme de trames d'impulsions séquentielles, chaque trame contenant au moins une impulsion de commande qui définit l'information de commande ; (b) on émet ce signal de commande (SIG) vers l'élément commandé (37-39) et on génère dans ce dernier une impulsion d'horloge (CLK) pour chaque impulsion de commande, de façon que cette impulsion d'horloge suive l'impulsion de commande au bout d'un intervalle de temps présélectionné, dans chaque trame ; (c) on génère dans l'élément commandé (37-39) un signal de diagnostic ayant une valeur représentative des paramètres de fonctionnement de l'élément commandé ; et (d) on utilise cette impulsion d'horloge (CLK) dans chaque trame pour réaliser de façon pratiquement simultanée un échantillonnage de l'impulsion de commande, afin de déterminer l'information de commande définie, et une émission d'une valeur du signal de diagnostic vers l'élément de commande (36).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque trame du signal de commande (SIG) comprend en outre un intervalle de temps d'absence d'impulsion pendant lequel aucune impulsion n'apparaît, ce qui définit la fin d'une trame.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que chaque trame du signal de commande (SIG) comprend une série d'impulsions définissant l'information de

commande.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la série d'impulsions fait l'objet d'une modulation d'impulsions en largeur.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que le signal de diagnostic consiste en un signal numérique à plusieurs bits et le nombre de bits émis vers l'élément de commande (36) au cours de chaque trame est égal au nombre d'impulsions dans la série d'impulsions, dans la même trame.

6. Module d'entrée/sortie (E/S) (80) faisant partie d'un système d'entrée/sortie d'un automate programmable, caractérisé en ce qu'il comprend : une unité de commande du fonctionnement (90) qui produit un signal de commande (SIG) sous la forme de trames d'impulsions séquentielles, chaque trame comportant au moins une impulsion de commande définissant un état de commande désiré ; et au moins un point d'E/S (81-88) comportant un dispositif de commande de sortie (141, 161, 175, 176) qui est activé et désactivé conformément à l'état de commande et qui comprend en outre : (1) des moyens de temporisation (117) qui réagissent à chaque impulsion de commande en générant une impulsion d'horloge (CLK) qui suit l'impulsion de commande au bout d'un intervalle de temps présélectionné, dans chaque trame ; (2) des moyens (125, 127) qui produisent un signal de diagnostic ayant une valeur représentative des conditions de fonctionnement du point d'E/S (81-88) ; (3) des moyens (119) qui réagissent à l'impulsion d'horloge (CLK) dans chaque trame en échantillonnant l'impulsion de commande, pour déterminer l'état de commande désiré ; et (4) des moyens (129) qui réagissent à l'impulsion d'horloge (CLK) dans chaque trame en émettant une valeur du signal de diagnostic vers l'unité de commande du fonctionnement (90).

7. Module d'entrée/sortie selon la revendication

6, caractérisé en ce que l'unité de commande du fonctionnement (90) produit le signal de commande (SIG) d'une manière telle que chaque trame comprenne une série d'impulsions suivie par un intervalle de temps d'absence d'impulsion pendant lequel aucune impulsion n'apparaît, et cet intervalle de temps d'absence d'impulsion définit la fin d'une trame.

8. Module d'entrée/sortie selon la revendication 7, caractérisé en ce que les deux premières impulsions, au moins, de chaque trame sont des impulsions modulées en largeur de façon redondante, de façon à déterminer l'état de commande.

9. Circuit utilisable dans des modules d'entrée/sortie (80) d'un système d'entrée/sortie d'un automate programmable, du type comportant un ensemble de modules d'entrée/sortie (80), chacun d'eux étant conçu de façon à être placé à proximité d'un processus qui est commandé, caractérisé en ce qu'il comprend : des moyens de commande de sortie (141, 161, 175, 176) qui sont activés et désactivés par un signal d'ordre (CONDUCTEUR/BLOQUE) ; une unité de commande du fonctionnement (90) générant au moins un signal de commande (SIG) sous la forme de trames d'impulsions séquentielles, chaque trame contenant au moins une impulsion qui définit un état de commande pour les moyens de commande de sortie (141, 161, 175, 176), et un intervalle de temps sans impulsion définissant la fin de la trame, chaque fois que cet intervalle atteint une première durée présélectionnée ; une section de transmission et de commande (111) qui reçoit ce signal de commande (SIG) et qui comprend des moyens (119) réagissant à l'impulsion ou aux impulsions en produisant le signal d'ordre (CONDUCTEUR/BLOQUE) de façon à activer et à désactiver les moyens de commande de sortie conformément à l'état de commande pour chaque trame, et des moyens (117) qui réagissent audit intervalle de temps en synchronisant le fonctionnement de

la section de transmission et de commande (111) avec chaque trame ; et des moyens de détection (113) produisant des signaux d'état représentatifs des conditions de fonctionnement des moyens de commande de sortie ; et en ce que la section de transmission et de commande (111) comprend des moyens de codage (125) qui reçoivent ces signaux d'état et réagissent à ceux-ci en produisant un signal de diagnostic qui est mis à jour à chaque trame du signal de commande (SIG), et des premiers moyens sélecteurs (127, 129) destinés à émettre le signal de diagnostic vers l'unité de commande du fonctionnement (90), à chaque trame du signal de commande (SIG).

10. Circuit selon la revendication 9, caractérisé en ce que chaque trame du signal de commande (SIG) contient une série d'impulsions définissant l'état de commande.

11. Circuit selon la revendication 10, caractérisé en ce que les deux premières impulsions, au moins, de chaque trame, sont des impulsions modulées en largeur de façon redondante, afin de déterminer le signal d'ordre (CONDUCTEUR/BLOQUE) destiné à activer et à désactiver les moyens de commande de sortie (141, 161, 175, 176).

12. Circuit selon la revendication 11, caractérisé en ce que la section de transmission et de commande (111) comprend en outre des seconds moyens sélecteurs (120) qui réagissent à l'intervalle de temps en faisant prendre un état présélectionné aux moyens de commande de sortie (141, 161, 175, 176), chaque fois que la durée de cet intervalle atteint une seconde valeur présélectionnée.

13. Circuit selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un ensemble de moyens de commande de sortie (141, 161, 175, 176) et un ensemble correspondant de sections de transmission et de commande (111), et en ce que l'unité de commande du fonctionnement (90) génère un ensemble de signaux de commande (SIG) de

façon qu'il y ait un signal de commande pour chaque section de transmission et de commande (111).

14. Circuit selon la revendication 12, caractérisé en ce que la section de transmission et de commande (111) comprend : une bascule de conservation du dernier état (123) produisant une valeur de conservation du dernier état, cette bascule de conservation du dernier état réagissant à une première impulsion sélectionnée de la série d'impulsions, de façon à pouvoir être mise à jour dans chaque trame du signal de commande (SIG) ; et une bascule d'état pris par défaut (124), produisant une valeur d'état pris par défaut, cette bascule d'état pris par défaut réagissant à une seconde impulsion présélectionnée de la série d'impulsions de façon à pouvoir être mise à jour à chaque trame du signal de commande (SIG) ; et en ce que les seconds moyens sélecteurs (120) comprennent des moyens logiques qui font en sorte que l'état présélectionné soit l'état défini par une trame précédente du signal de commande, ou l'état pris par défaut, selon la valeur de conservation du dernier état.

15. Circuit selon la revendication 14, caractérisé en ce que les moyens de codage (125) comprennent un codeur d'état qui code les signaux d'état en une configuration binaire formant le signal de diagnostic, et les premiers moyens sélecteurs comprennent des moyens (127) qui mémorisent le signal de diagnostic à chaque trame, et un sélecteur de données (129) qui émet la configuration binaire en une série de bits, vers l'unité de commande du fonctionnement (90), à chaque trame.

16. Circuit selon la revendication 15, caractérisé en ce que la section de transmission et de commande (111) comprend un filtre de données (119) qui réagit aux deux premières impulsions de chaque trame en ne provoquant la mise à jour du signal d'ordre (CONDUCTEUR/BLOQUE) que lorsque les deux premières impulsions sont reçues de façon

redondante, et en faisant en sorte que le signal d'ordre conserve une valeur provenant d'une trame précédente lorsque les deux premières impulsions ne sont pas reçues de façon redondante.

17. Circuit selon la revendication 16, caractérisé en ce que la section de transmission et de commande (111) comprend en outre des moyens de temporisation (117) qui réagissent à chaque impulsion d'une trame en générant un signal d'horloge correspondant (CLK) et qui réagissent audit intervalle de temps en générant une impulsion de synchronisation (SYNC) chaque fois que cet intervalle de temps atteint la première durée présélectionnée, et une impulsion de perte de communication ($\overline{LOS}$) chaque fois que cet intervalle de temps atteint la seconde durée présélectionnée, l'impulsion d'horloge (CLK) constituant le signal d'horloge appliqué à la bascule de conservation du dernier état (123) et à la bascule d'état pris par défaut (124), l'impulsion de synchronisation (SYNC) étant utilisée pour synchroniser le fonctionnement de l'unité de transmission et de commande (111) sur chaque trame, et l'impulsion de perte de communication ($\overline{LOS}$) étant utilisée pour déclencher la sélection de l'état présélectionné.

18. Circuit selon la revendication 17, caractérisé en ce que les moyens de commande de sortie comprennent un transistor à grille isolée (141, 161, 175, 176).

19. Circuit selon la revendication 18, caractérisé en ce que le transistor à grille isolée (141, 161, 175, 176) est du type comportant une section de courant principale (142) destinée à acheminer une partie principale du courant acheminé par les moyens de commande de sortie, et une section de simulation (143) destinée à acheminer une fraction de ce courant.

20. Circuit selon la revendication 19, caractérisé en ce que la section de transmission et de commande (111) comprend un compteur d'impulsions (121) qui compte

les impulsions d'horloge (CLK), ce compteur d'impulsions (121) produisant une valeur de sortie (S0, S1) sous l'effet de laquelle le filtre de données (119) réagit uniquement aux deux premières impulsions d'une trame, la bascule de conservation du dernier état (123) réagit uniquement à la troisième impulsion d'une trame, et la bascule d'état pris par défaut (124) réagit uniquement à la quatrième impulsion d'une trame.

21. Circuit selon la revendication 20, caractérisé en ce que les moyens de détection comprennent une paire de résistances (145, 148 ; 168, 167), et l'une de ces résistances (145 ; 168) est branchée de façon à détecter le courant qui traverse la section de simulation du transistor à grille isolée (141, 161) en produisant ainsi l'un des signaux d'état, tandis que l'autre résistance (148 ; 167) est branchée de façon à détecter une tension de la charge, ce qui produit un autre des signaux d'état.

22. Circuit selon la revendication 21, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un ensemble de moyens de commande de sortie (141, 161, 175, 176) et un ensemble correspondant de sections de transmission et de commande (111), et en ce que l'unité de commande du fonctionnement (90) génère un ensemble de signaux de commande (SIG), de façon qu'il y ait un signal de commande pour chaque section de transmission et de commande (111).

23. Procédé utilisable dans le système d'entrée/sorite (E/S) d'un automate programmable, pour l'échange d'information de commande et de diagnostic entre un élément de commande (90) du système d'E/S et un élément commandé (81-88) de ce système, qui comprend un dispositif de commande de sortie (141, 161, 175, 176) qui est activé et désactivé conformément à l'information de commande, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations suivantes :

(a) on génère dans l'élément de commande (90) un train d'impulsions (SIG) formant des trames d'impulsions séquen-

tielles, chacune de ces trames comprenant une série d'impulsions suivie par un intervalle de temps d'absence d'impulsion, pendant lequel aucune impulsion n'apparaît, la série d'impulsions étant représentative d'une information de commande binaire à émettre vers l'élément commandé (81-88) ; (b) on émet ce train d'impulsions (SIG) vers l'élément commandé (81-88), dans lequel chaque impulsion de chaque trame déclenche l'entrée de l'information binaire dans un circuit de mémorisation définissant un état commandé pour l'élément commandé, et chaque intervalle de temps d'absence d'impulsion déclenche un signal de synchronisation (SYNC) indiquant la fin de chaque trame et initialisant l'élément commandé ; (c) on génère dans l'élément commandé (81-88) un signal de diagnostic à plusieurs bits représentatif de paramètres de fonctionnement liés à l'élément commandé (81-88) ; et (d) on émet le signal de diagnostic à plusieurs bits vers l'élément de commande (90) simultanément à l'émission de chaque trame du train d'impulsions (SIG).

24. Procédé selon la revendication 23, caractérisé en ce qu'on met à jour le signal de diagnostic à plusieurs bits à chaque trame du train d'impulsions (SIG).

25. Procédé selon la revendication 24, caractérisé en ce que les deux premières impulsions, au moins, de chaque trame sont modulées en largeur de façon redondante par l'information binaire, pour activer ou désactiver le dispositif de commande (141, 161, 175, 176) à chaque trame, et ce dispositif de commande est maintenu dans un état activé ou désactivé qui résulte d'une trame précédente lorsque l'élément commandé (81-88) ne reçoit pas les deux premières impulsions de façon redondante.

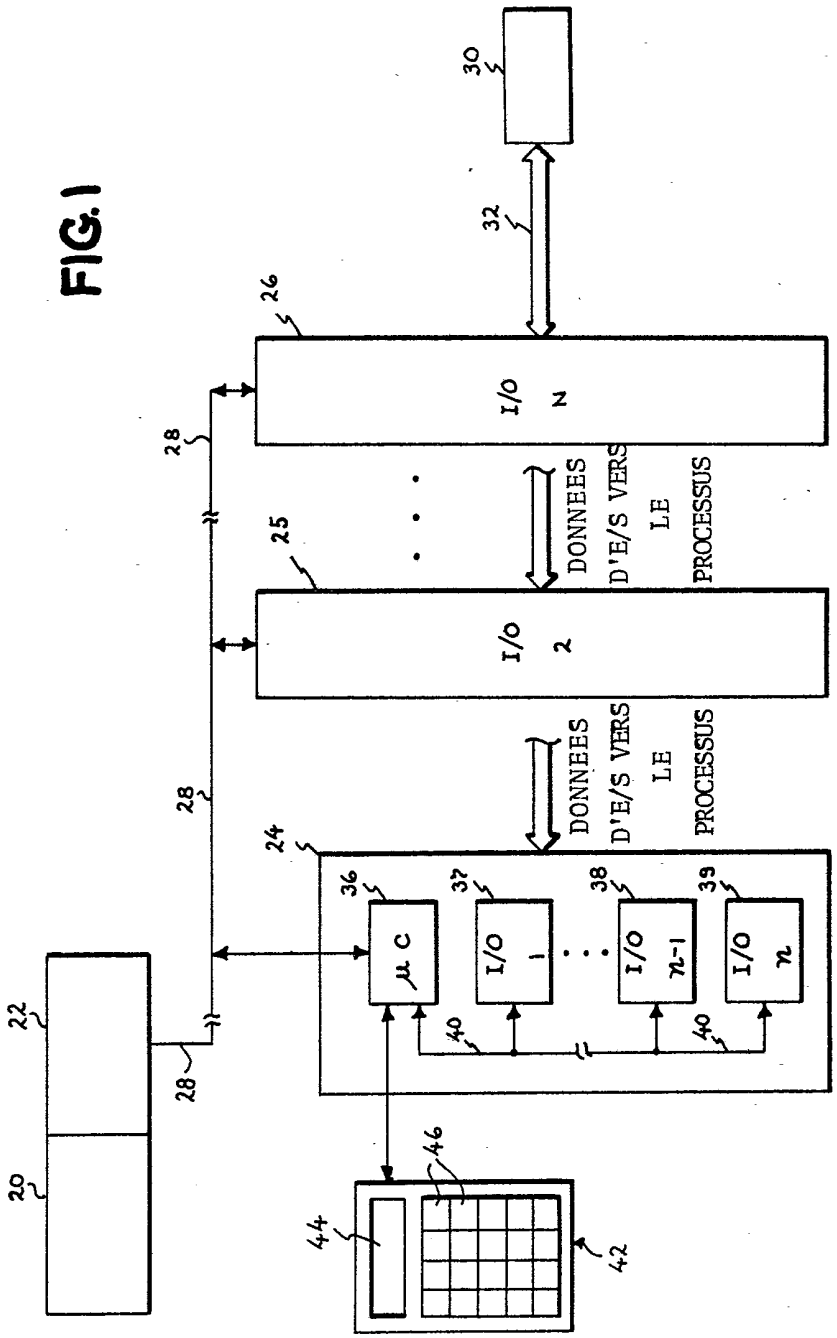
26. Procédé selon la revendication 25, caractérisé en ce qu'un prolongement de l'intervalle de temps d'absence d'impulsion au-delà d'une durée présélectionnée fait prendre au dispositif de commande (141, 161, 175,

176) un état activé ou désactivé qui a été présélectionné.

27. Procédé selon la revendication 26, caractérisé en ce qu'une première impulsion présélectionnée de chaque trame est prévue pour mettre à jour une valeur de conservation du dernier état dans une bascule de conservation du dernier état (123), et une seconde impulsion présélectionnée de chaque trame est prévue pour mettre à jour une valeur d'état pris par défaut dans une bascule d'état pris par défaut (124), grâce à quoi l'état activé ou désactivé présélectionné du dispositif de commande (141, 161, 175, 176) est l'état de ce dispositif qui résulte d'une trame précédente ou l'état pris par défaut, selon la valeur de conservation du dernier état.

28. Procédé selon la revendication 27, caractérisé en ce que le signal de diagnostic à plusieurs bits est émis bit par bit en correspondance avec la série d'impulsions, à chaque trame.

FIG. 1


30
32
26
I/O N
28
25
I/O 2
DONNEES D'E/S VERS LE PROCESSUS
DONNEES D'E/S VERS LE PROCESSUS
24
36
μ C
37
I/O 1
38
I/O n-1
39
I/O n
40
40
28
28
22
20
44
46
42

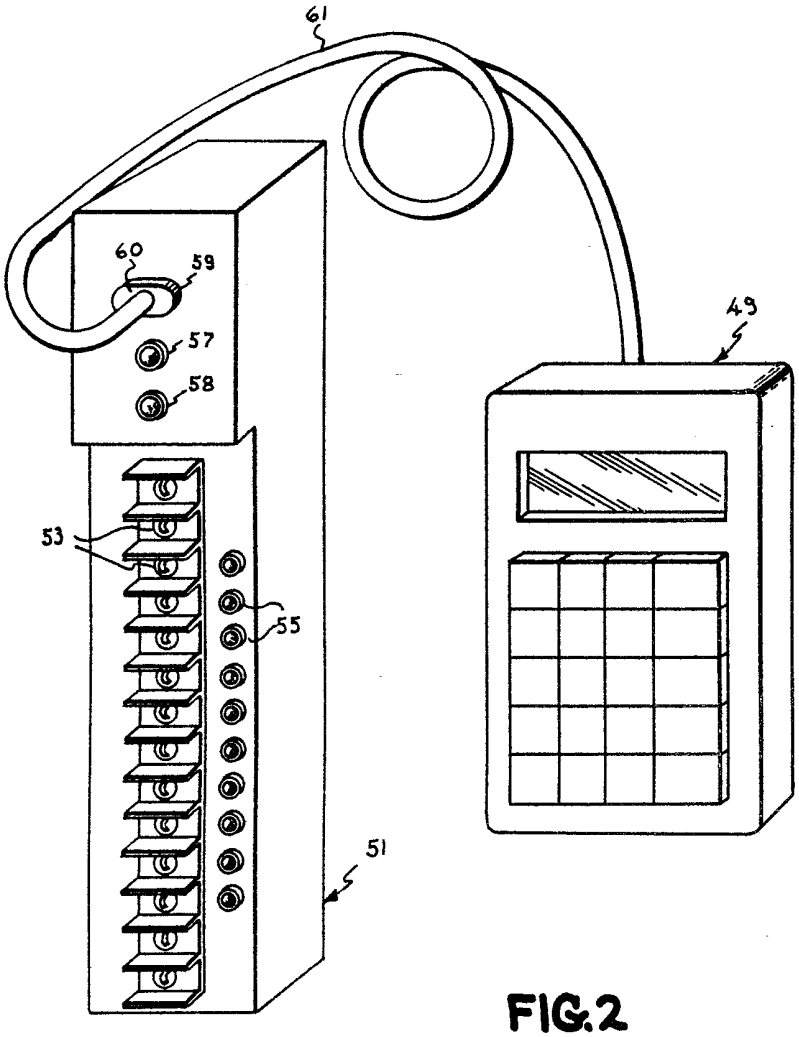
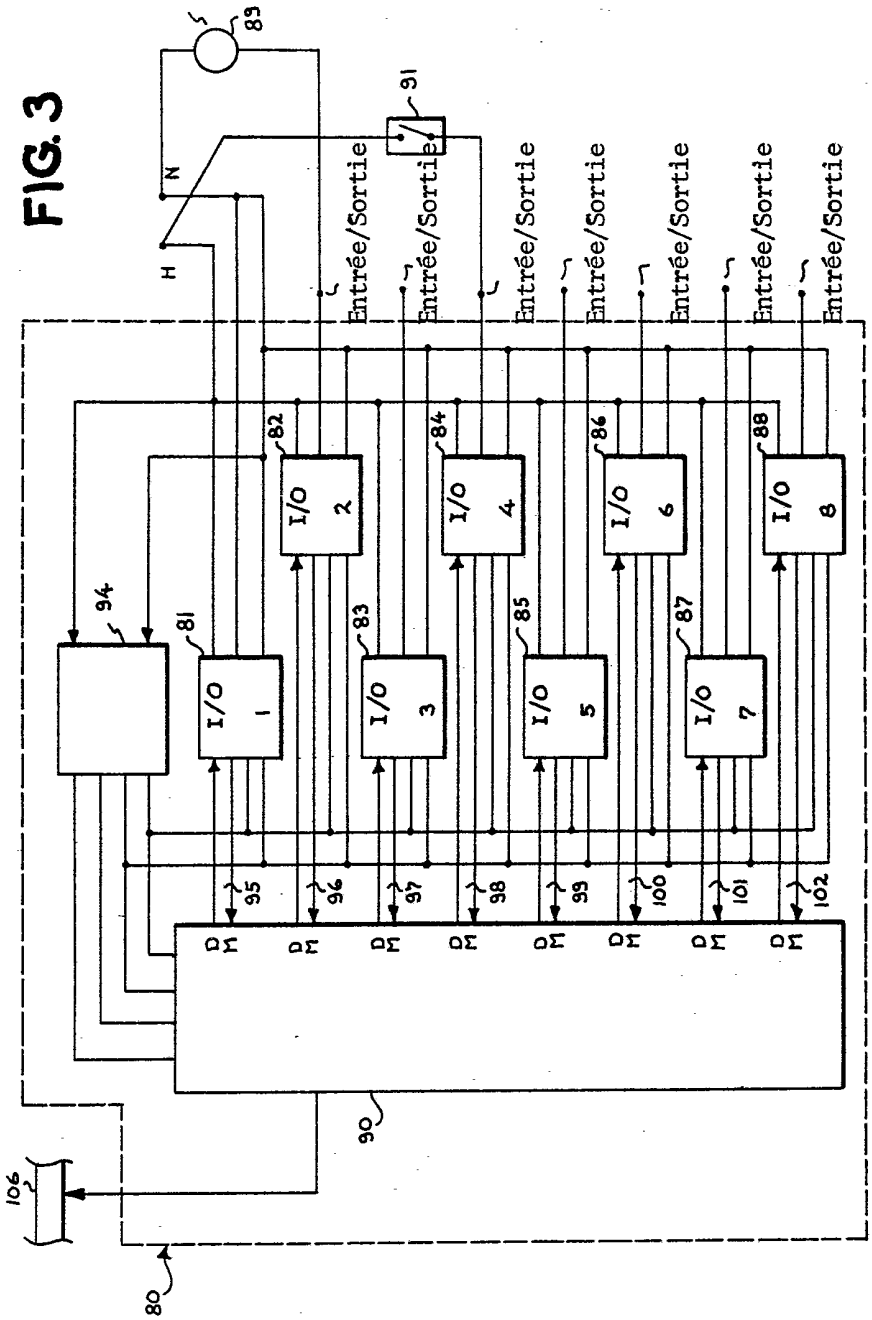


FIG.2

FIG. 3


83
91
N
H
Entrée/Sortie
Entrée/Sortie
Entrée/Sortie
Entrée/Sortie
Entrée/Sortie
Entrée/Sortie
Entrée/Sortie
Entrée/Sortie
82
84
86
88
I/O 2
I/O 4
I/O 6
I/O 8
94
81
83
85
87
I/O 1
I/O 3
I/O 5
I/O 7
95
96
97
98
99
100
101
102
DM
DM
DM
DM
DM
DM
DM
DM
90
106
80

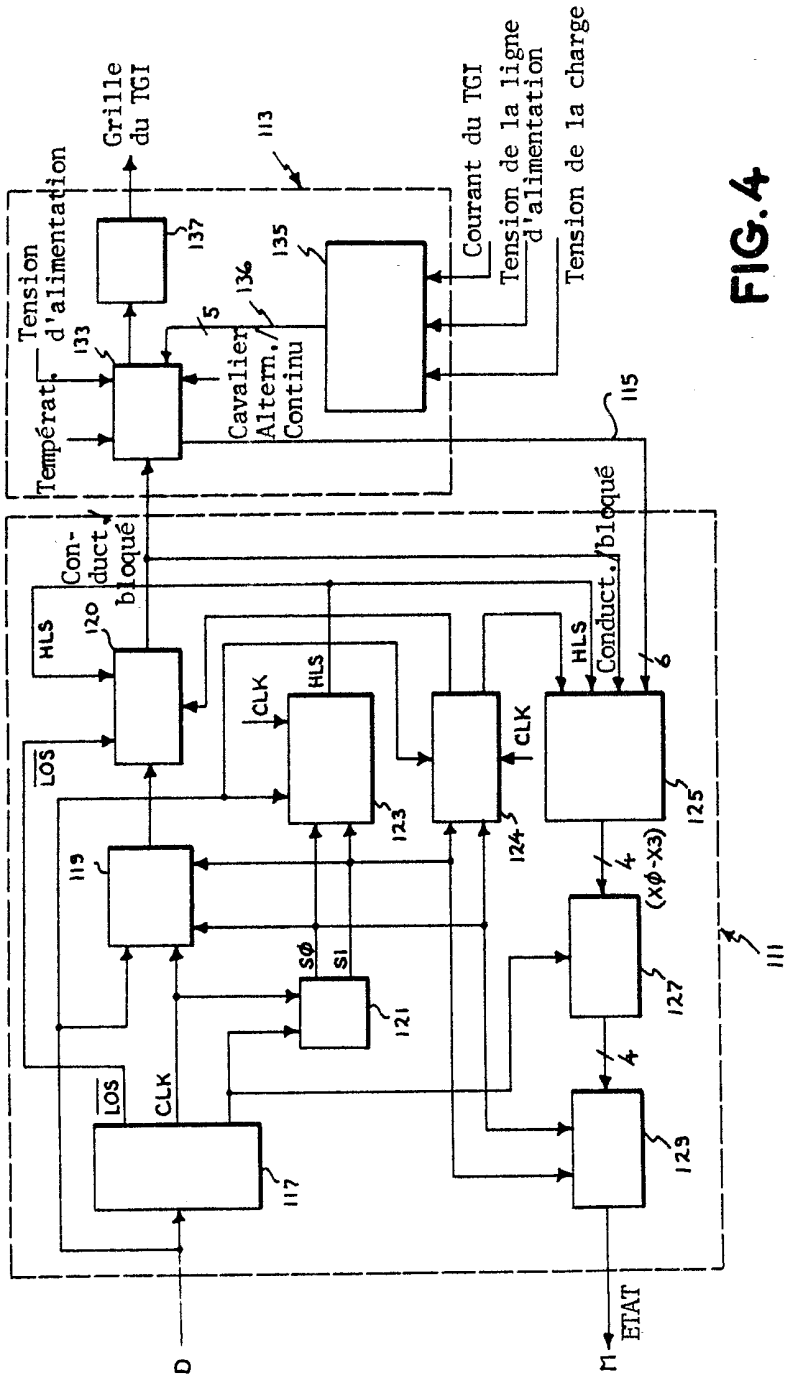

Grille du TGI
Tension d'alimentation
Température
Cavalier Altern. Continu
Courant du TGI
Tension de la ligne d'alimentation
Tension de la charge
Con-duct. bloqué
HLS
LOS
CLK
SØ
S1
(XØ-X3)
D
ETAT
113
115
117
119
120
121
123
124
125
127
129
133
135
136
137
111

FIG. 4

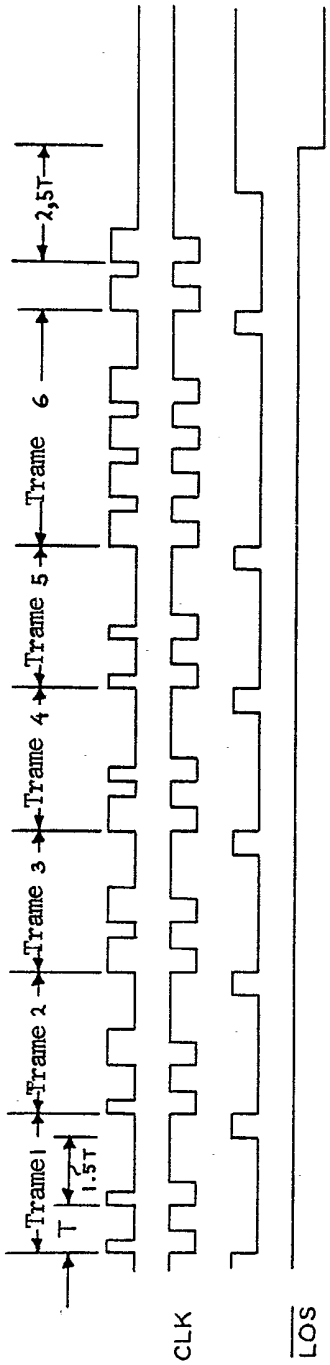

Trame1
Trame 2
Trame 3
Trame 4
Trame 5
Trame 6
T
1.5T
2,5T
CLK
LOS

FIG.5

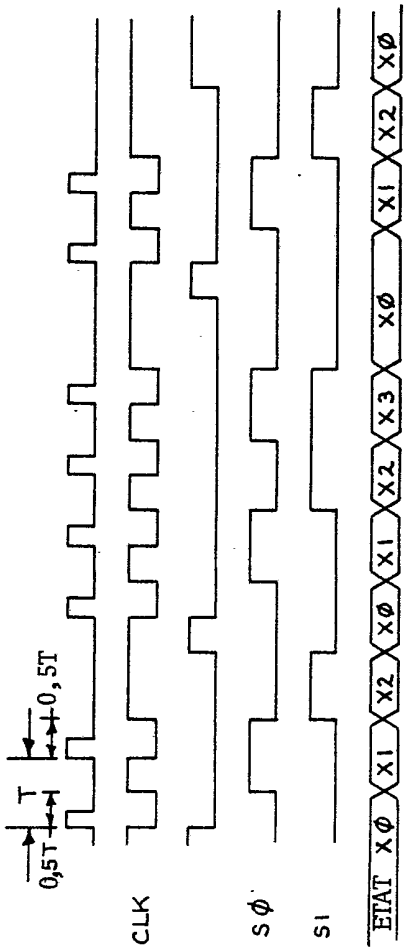

0,5T
T
0,5T
CLK
SØ
SI
EIAT
XØ
X1
X2
XØ
X1
X2
X3
XØ
X1
X2
XØ

FIG.6

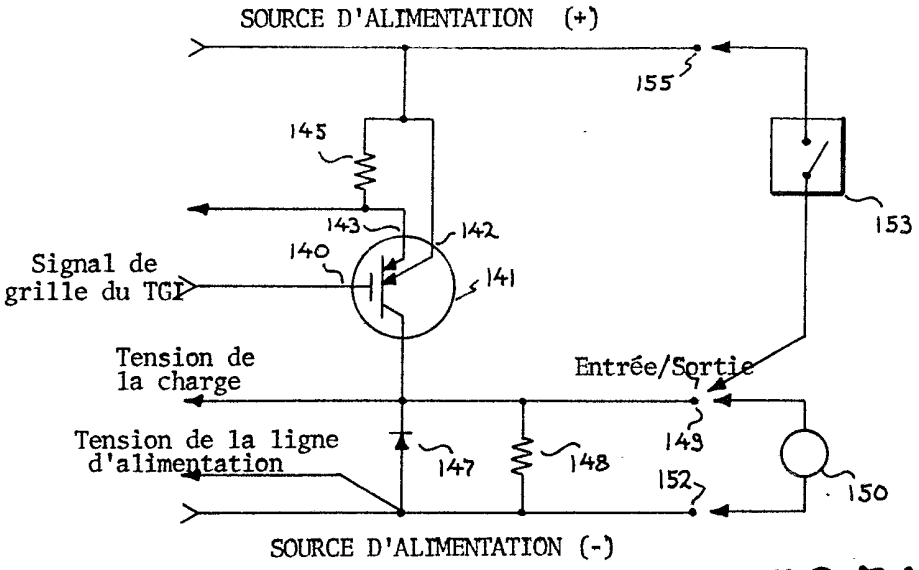

SOURCE D'ALIMENTATION (+)
155
145
153
143
142
140
141
Signal de grille du TGI
Tension de la charge
Entrée/Sortie
149
Tension de la ligne d'alimentation
147
148
152
150
SOURCE D'ALIMENTATION (-)

FIG.7A

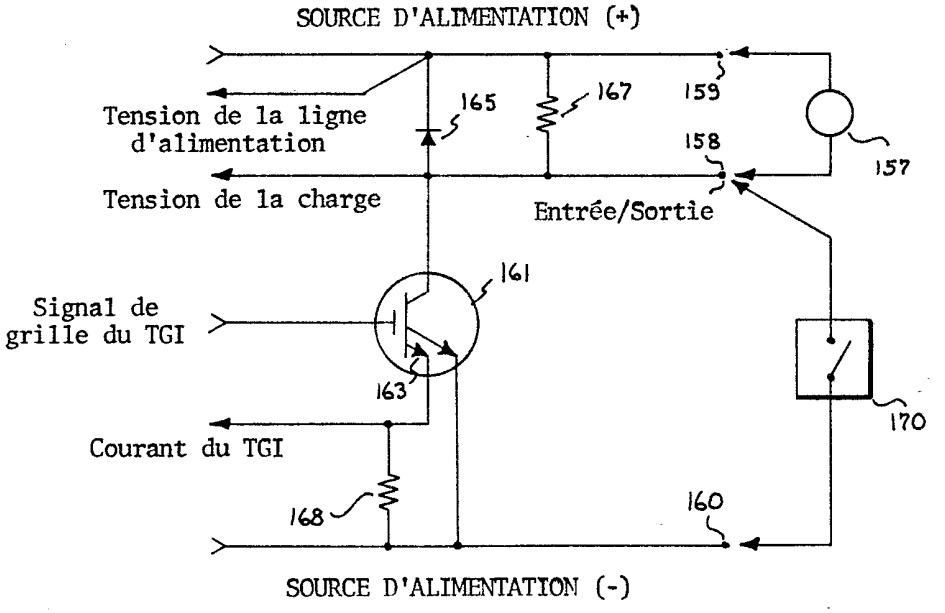

SOURCE D'ALIMENTATION (+)
Tension de la ligne d'alimentation
165
167
159
158
157
Tension de la charge
Entrée/Sortie
161
Signal de grille du TGI
163
170
Courant du TGI
168
160
SOURCE D'ALIMENTATION (-)

FIG.7B

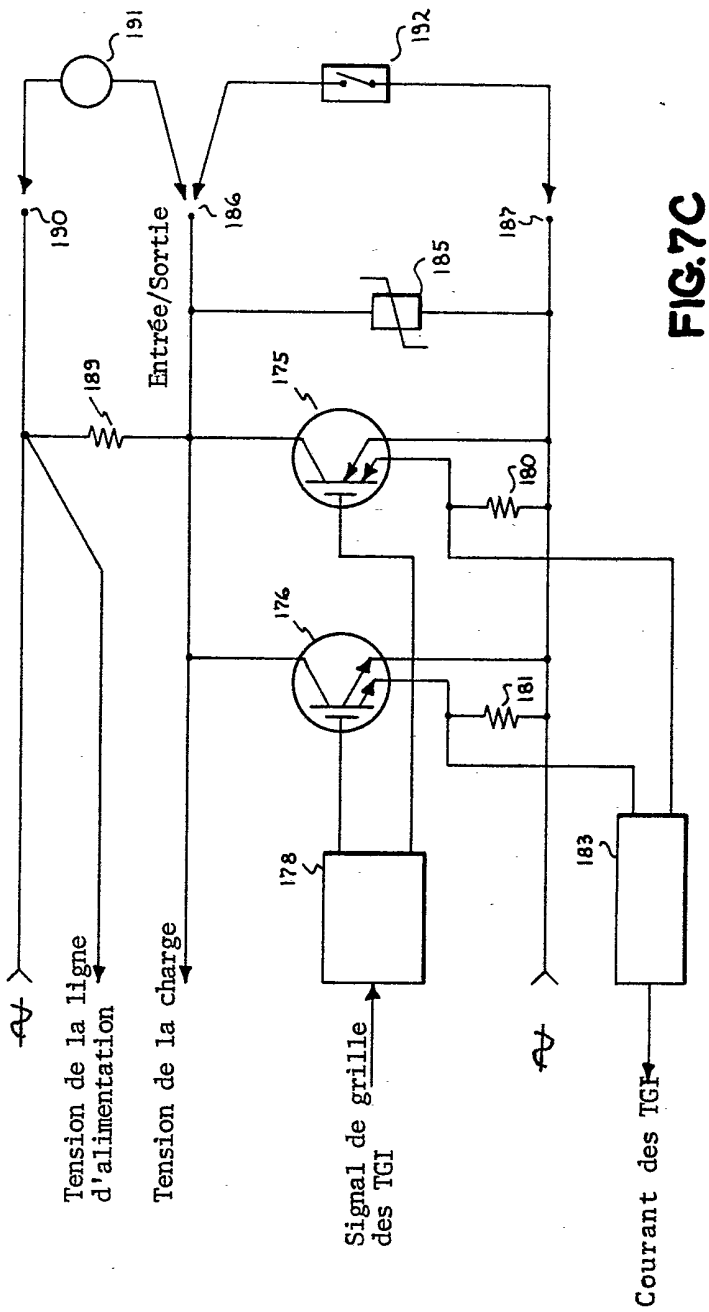

191
192
190
186
187
Entrée/Sortie
185
189
175
180
176
181
178
183
Tension de la ligne d'alimentation
Tension de la charge
Signal de grille des TGI
Courant des TGI

FIG.7C

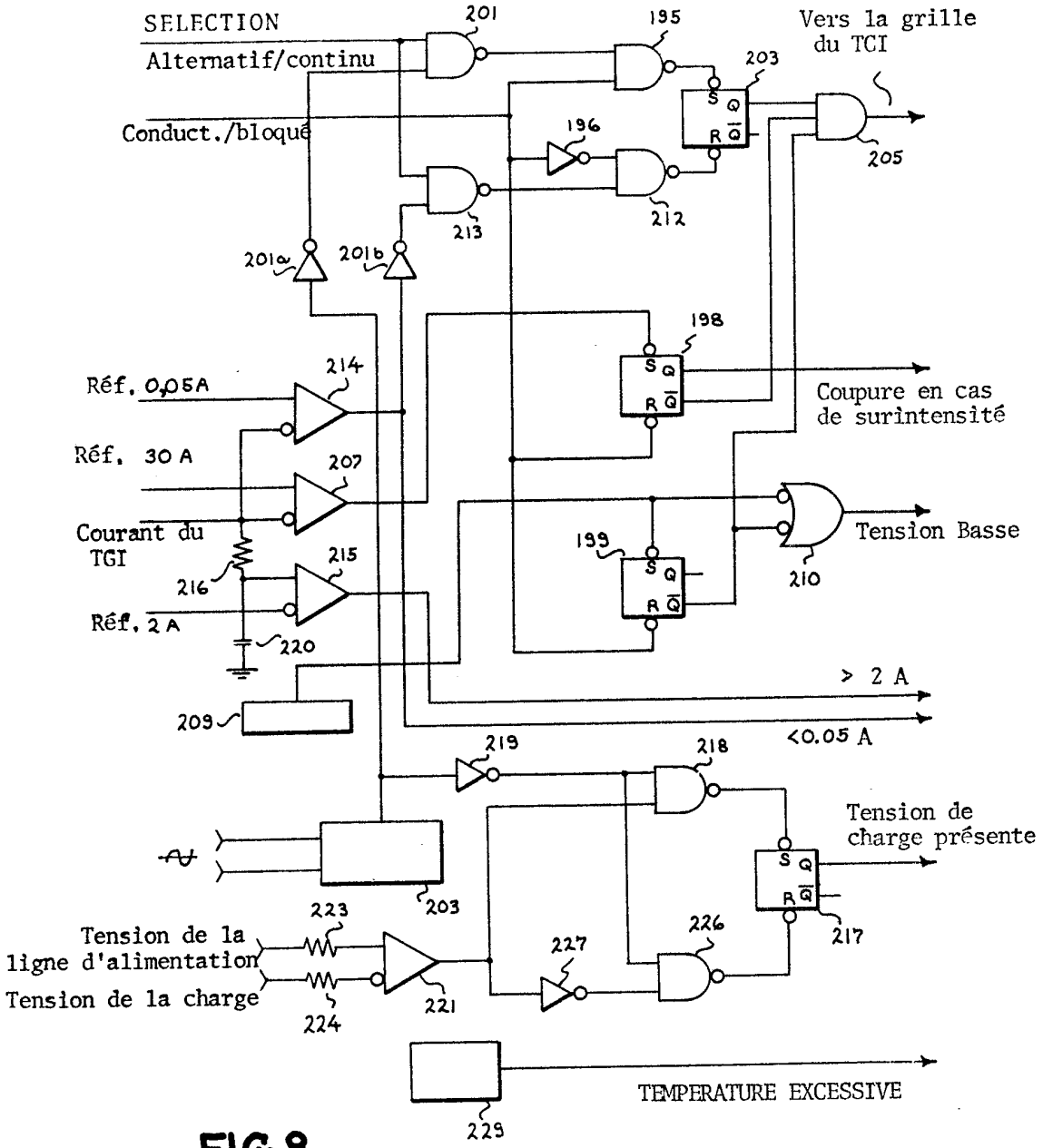

SELECTION
Alternatif/continu
Conduct./bloqué
Vers la grille du TCI
Réf. 0,05A
Réf. 30 A
Courant du TGI
Réf. 2 A
Coupure en cas de surintensité
Tension Basse
> 2 A
<0.05 A
Tension de charge présente
Tension de la ligne d'alimentation
Tension de la charge
TEMPERATURE EXCESSIVE
201
195
203
196
205
213
212
201a
201b
198
214
207
199
210
216
215
220
209
219
218
217
223
224
221
227
226
229

FIG.8

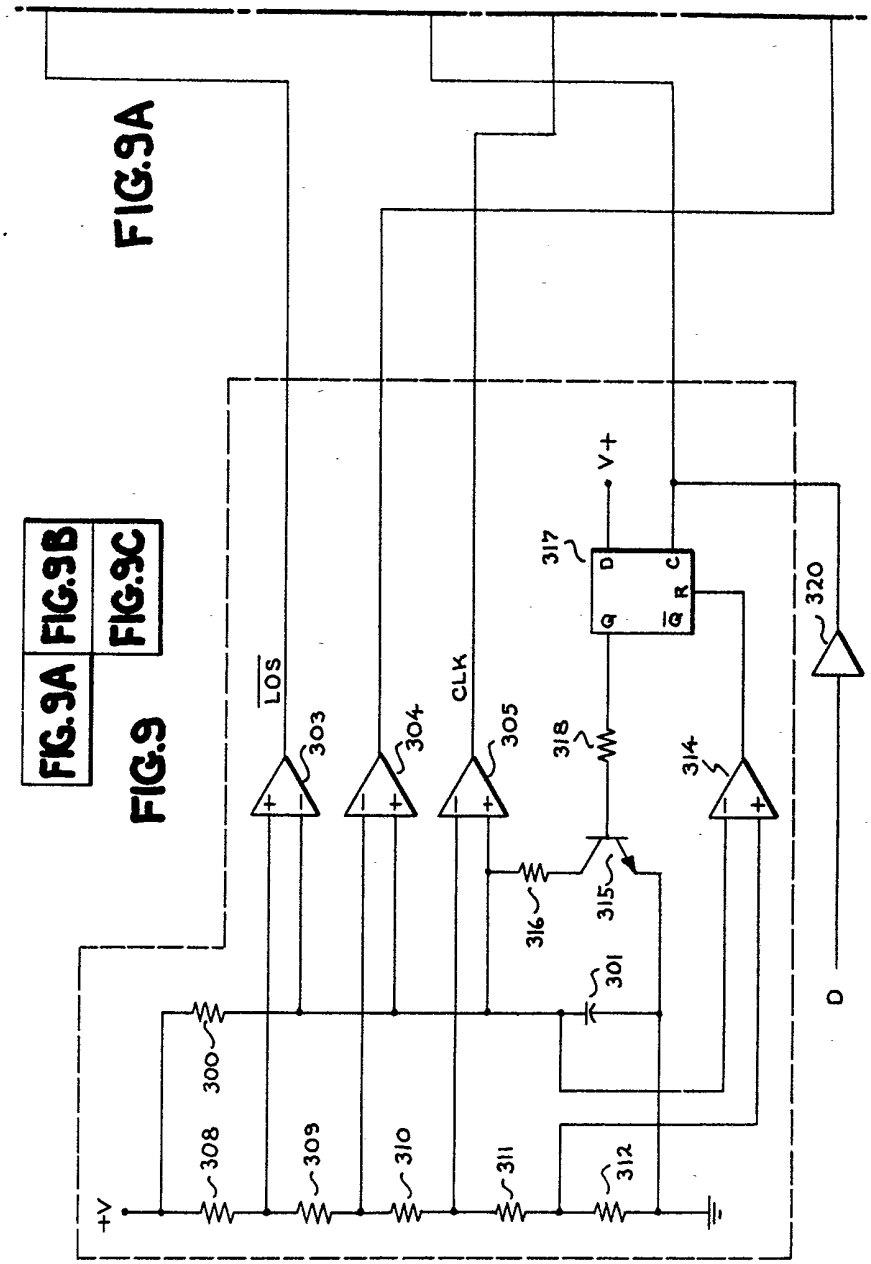


FIG.9A
FIG.9B
FIG.9C
FIG.9
LOS
CLK
V+
+V
D
300
301
303
304
305
308
309
310
311
312
314
315
316
317
318
320

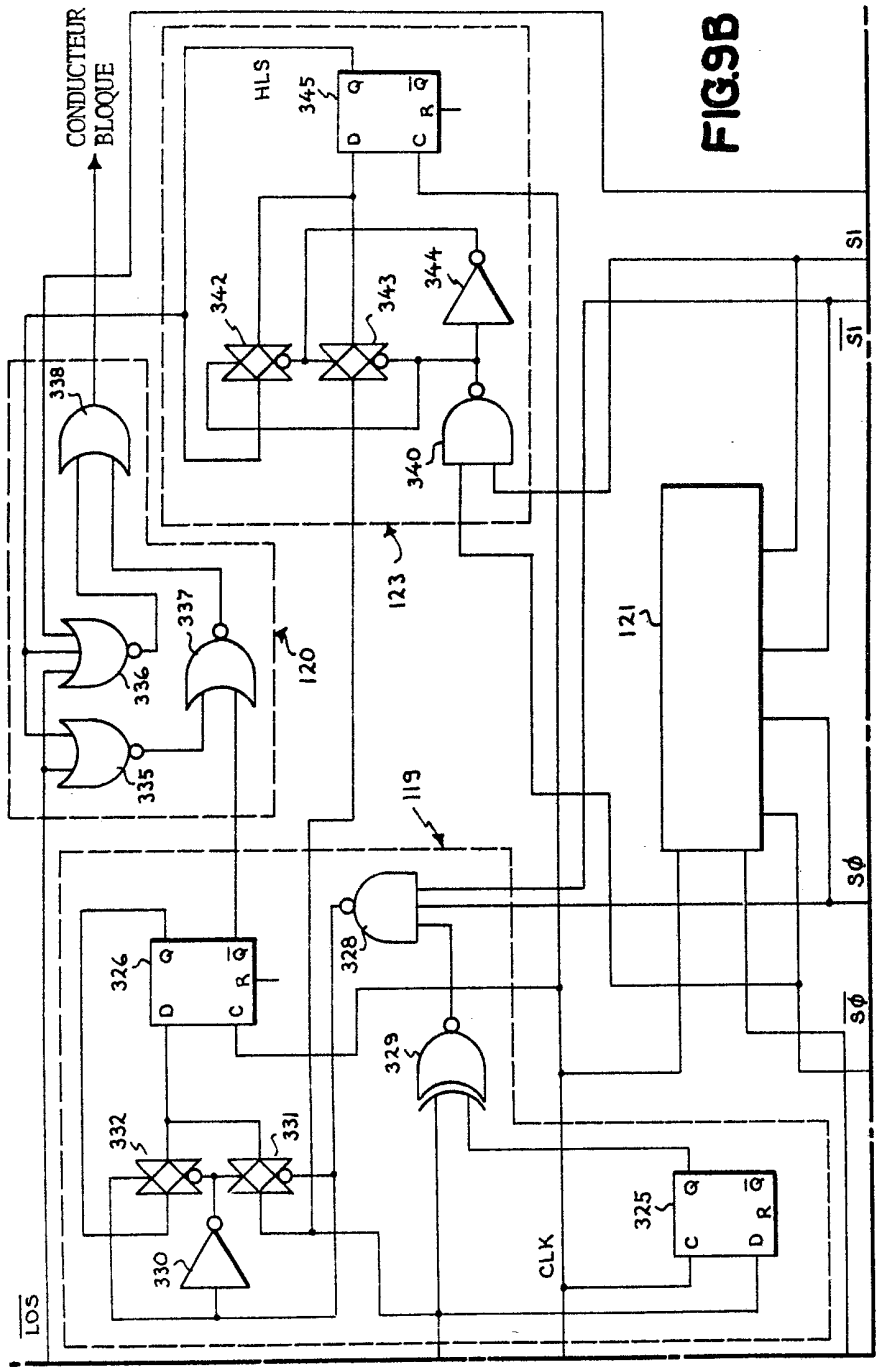

CONDUCTEUR BLOQUE
HLS
345
342
343
344
338
340
123
337
336
120
335
121
119
326
328
329
332
331
330
325
CLK
LOS
S1
$\overline{S1}$
SΦ
$\overline{SΦ}$

FIG.9B

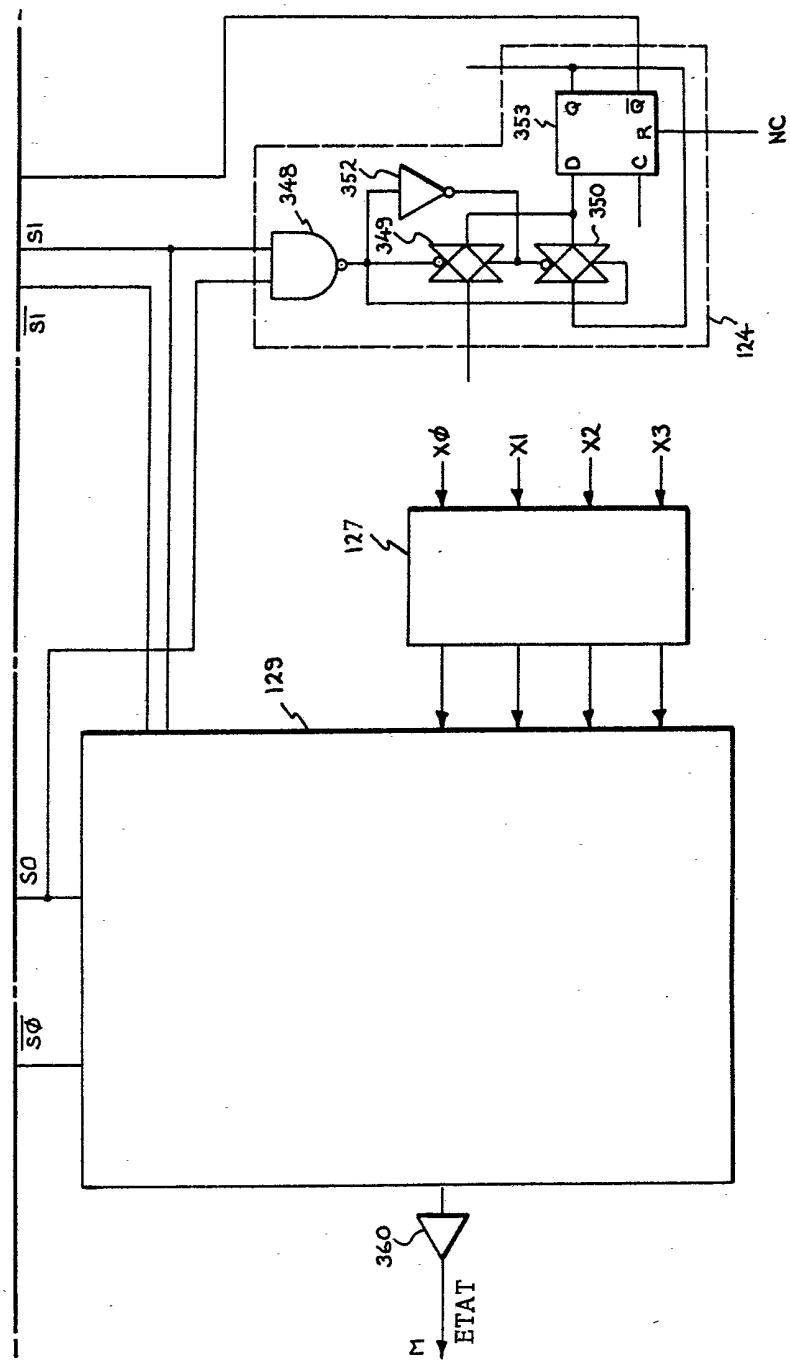

S1
$\overline{S1}$
348
352
349
350
353
Q
$\overline{Q}$
D
C
R
NC
124
X0
X1
X2
X3
127
129
S0
$\overline{S0}$
360
M
ETAT

FIG.9C

CODAGE DES DONNEES

Conduct Bloqué	> 2 A	< 0,05A	Tempér. excess.	Tension de charge près.	Coupure en cas de surintensité	Tension Basse	HLS	DEF	XØ	X1	X2	X3
X	X	X	X	X	X	1	X	X	Ø	Ø	Ø	Ø
X	X	X	X	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø
X	X	X	X	Ø	Ø	Ø	Ø	1	Ø	1	Ø	1
X	X	X	X	Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø	1	1	Ø
X	X	X	X	Ø	Ø	Ø	1	1	Ø	1	1	1
1	X	X	X	Ø	1	Ø	X	X	Ø	Ø	Ø	1
1	Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø	Ø	Ø	1	1	Ø	Ø
1	Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø	Ø	1	1	1	Ø	1
1	Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø	1	Ø	1	1	1	Ø
1	Ø	Ø	Ø	1	Ø	Ø	1	1	1	1	1	1
1	X	X	1	1	Ø	Ø	X	X	1	Ø	1	1
1	X	1	Ø	1	Ø	Ø	X	X	1	Ø	Ø	Ø
1	1	X	Ø	1	Ø	Ø	X	X	1	Ø	Ø	1
1	X	X	X	1	1	Ø	X	X	1	Ø	Ø	1
Ø	X	X	X	1	X	Ø	X	X	1	Ø	1	Ø

FIG.10