

Réalisez votre ordinateur individuel

III LA CARTE CPU 09

étude du microprocesseur MC 6809

APRES avoir réalisé, le mois dernier, le boîtier, le fond de panier et l'alimentation, nous sommes prêts à passer aux choses sérieuses aujourd'hui avec la carte CPU 09 qui, comme nous allons le voir, constitue le cœur du système puisqu'elle est à elle seule un micro-ordinateur complet avec de la RAM, de la ROM et des interfaces d'entrées/sorties multiples dont certaines ont des fonctions bien définies et d'autres sont à la disposition de l'utilisateur.

Avant de parler de cette carte, nous allons vous présenter un synoptique complet de notre ordinateur individuel car cela nous a déjà été demandé très souvent par courrier ; par ailleurs, nous allons indiquer, pour chaque carte, le prix de revient très approximatif puisque c'est aussi un souhait fréquemment exprimé. Précisons toutefois que cette indication n'est que très grossière puisque, selon les points de vente, l'on trouve des variations dans des rapports allant jusqu'à 5 sur le prix d'un même composant ; si vous voulez minimiser le prix de revient de votre système il vous faudra donc ouvrir l'œil et consulter de nombreux revendeurs. A ce propos, l'auteur souhaite ouvrir une parenthèse au sujet du « différend » entre lecteurs parisiens et provinciaux ; il est évident que les lecteurs parisiens sont favorisés pour la recherche des composants puisque, avec quelques tickets de métro, ils peuvent entrer en rapport avec une foule de fournisseurs. En Province, c'est un peu plus pénible et il faut faire beaucoup de correspondance pour, parfois, de maigres résultats, la réduction du prix de revient du système est à ce prix ! Par contre, n'écrivez pas à l'auteur pour lui dire qu'il ne pense pas aux lecteurs de Province ; celui-ci habite en effet une petite ville du Sud-Est et est donc très bien placé pour constater toutes les difficultés d'approvisionnement. Pour remédier au moins en partie à celles-ci, nous avons fait approvisionner par la société FACIM qui réalise les circuits imprimés du système tous les composants sortant de l'ordinaire (microprocesseur, circuits d'interface, circuits TTL SPECIAUX, composants particuliers tels que quartz, etc.). L'idéal serait, comme on nous l'a écrit, une société qui stockerait tout, depuis les vis jusqu'aux unités de disques souples ; soyons réalistes, c'est totalement impossible, ne serait-ce qu'en raison de l'étalement dans le temps de vos prises de décision de réaliser ou non ce système.

Synoptique général

Notre ordinateur faisant appel à un bus de fond de panier, normalisé qui plus est, il n'est aucunement figé et peut supporter toutes les extensions que vous pourrez imaginer. Nous avons cependant prévu de décrire un certain nombre de cartes de base permettant d'arriver à une structure très puissante.

La figure 1 présente ce synoptique que nous allons commenter. Hormis l'alimentation et le bus déjà décrits, la première carte du système est la carte CPU 09 qui, comme vous le constatez, supporte toutes les entrées sorties indispensables de celui-ci puisque l'on peut y raccorder :

- un terminal qui sera l'organe de dialogue avec l'ordinateur ;
- un magnétophone à cassettes qui sera la mémoire de masse pour ceux d'entre vous qui ne souhaiteront pas s'équiper en disques souples ;
- une imprimante.

Avec cette unique carte, vous pourrez donc commencer à travailler en langage machine et vous initier ainsi au 6809 afin de bien posséder votre système. Il est évident que le développement de programmes dans de telles conditions ne sera pas

facile en raison de la petite taille de la RAM disponible, mais il était difficile de faire plus sans nuire par la suite à la logique de construction de l'ensemble.

Le prix de revient de cette carte se situe entre 500 et 700 F environ. Nous décrivons ensuite une carte mémoire de grande capacité que vous pourrez équiper à votre guise. Pour réduire le prix de revient, la consommation et l'encombrement, nous avons fait appel à de la RAM dynamique ultra moderne. Le schéma adopté, entièrement conçu par l'auteur, ne présente aucun point délicat, n'utilise aucun composant LSI d'approvisionnement difficile, et le fonctionnement est assuré dès la dernière soudure effectuée (ce qui n'avait malheureusement pas toujours été le cas dans notre précédent système). Cette carte supporte quatre blocs de 64 K-mots de 8 bits soit 256 K-octets ! L'équipement minimum étant constitué par un bloc de 64 K-mots (ce qui représente tout l'espace adressable du 6809). Dès que cela sera réalisé, vous pourrez, même si vous n'avez pas de disques souples, travailler avec un éditeur de texte très puissant, un macro-assembleur et un interpréteur BASIC étendu. Le prix de revient de cette carte équipée de 64 K-mots se

REALISATION

situé entre 800 et 1 000 F à l'heure où nous écrivons ces lignes ; mais, comme le prix des mémoires utilisées est en chute libre, il est probable qu'il sera possible de faire nettement moins cher.

Viendra ensuite une carte

interface pour disques souples ou durs qui pourra recevoir de une à trois unités de disques souples 5 ou 8 pouces, simple ou double face, simple ou double densité, simple ou double densité de pistes et, si cela ne vous

suffit pas, sachez que vous pourrez même connecter sur celle-ci une unité de disque dur type Winchester (le seul problème à ce propos n'étant pas technique puisque nous avons prévu ce qu'il fallait, mais financier...). Cette carte

reviendra entre 600 et 900 F, somme à laquelle il faudra malheureusement ajouter le prix des lecteurs de disques que vous aurez choisis. A ce propos, si un fournisseur veut nous aider, l'auteur est prêt à recevoir toute proposition concrète et sérieuse.

Nous étudierons ensuite une carte pouvant supporter de la RAM, de la ROM et de la REPRM, voire même peut-être de l'EAPROM puisque le principe et les types de ces mémoires commencent à se normaliser, et nous passerons ensuite à un ensemble de visualisation graphique total en couleur ; mais nous reparlerons ultérieurement de ces cartes plus en détail.

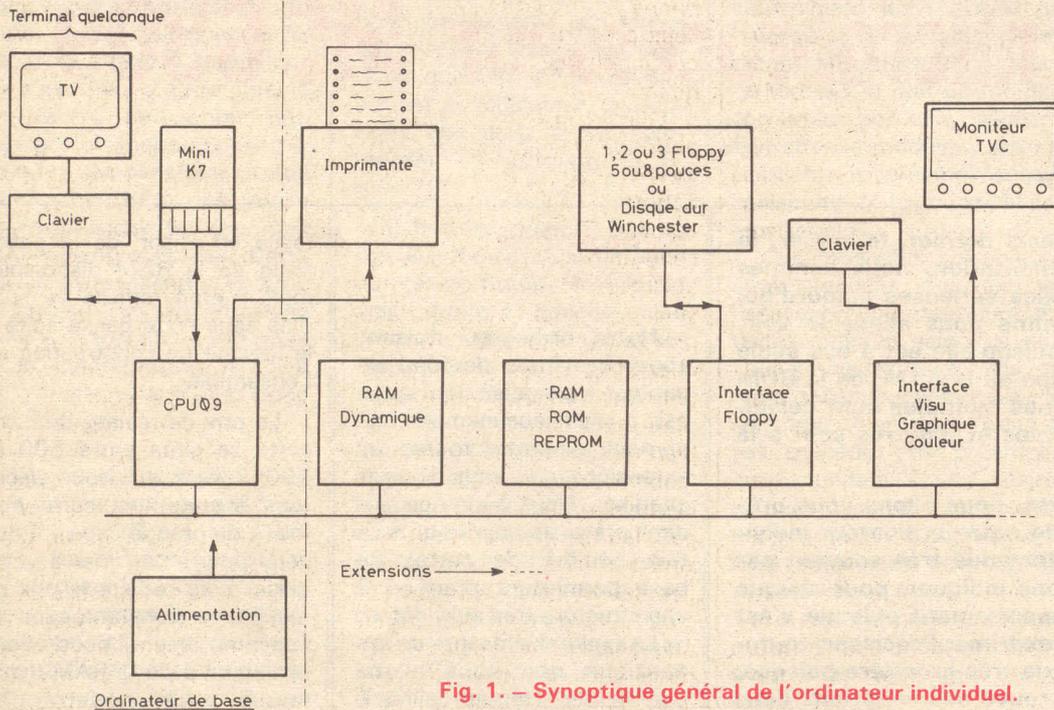


Fig. 1. — Synoptique général de l'ordinateur individuel.

La carte CPU 09

Malgré le nombre important de fonctions qu'est capable d'accomplir cette carte, son schéma n'en est pas très complexe pour qui connaît un peu les circuits de la famille 6800 (ce qui sera votre cas sous peu !). La figure 2 présente son synoptique détaillé.

Un bus interne à la carte permet une liaison facile entre les divers circuits qui la composent. Nous avons, bien sûr, l'unité centrale qui est le microprocesseur 6809, une mémoire RAM de 1 K-mots de 8 bits, une mémoire PROM de 4 K-mots de 8 bits, un triple timer programmable, un circuit d'interface série asynchrone et un circuit d'interface parallèle. Par ailleurs, une logique de gestion de bus et un ensemble d'amplificateurs trois états permettent de relier ce bus interne au bus de fond de panier lorsque l'adressage auquel il est fait appel l'indique.

La RAM est une mémoire utilisée en partie par le moniteur du système pour y loger ses variables de travail et est, pour la partie restante, à la

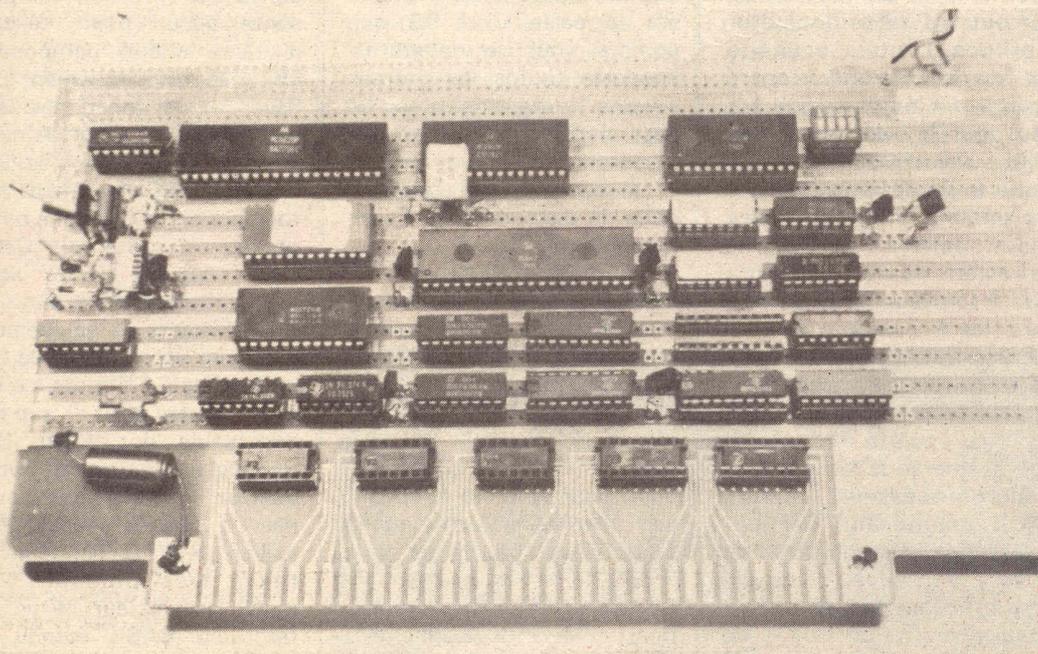


Photo 1. — Gros plan sur la version expérimentale de la carte CPU 09.

disposition de l'utilisateur. La répartition de ces parties et leur rôle seront vus lors de la description du moniteur.

La PROM contient le moniteur du système gérant tous les échanges avec les périphériques et supportant toutes les commandes de base de notre ordinateur. La taille importante de celui-ci (4 K) et la puissance du 6809 laissent augurer un moniteur performant, ce que vous pourrez constater lors de sa description.

Le circuit d'interface série asynchrone permet de connecter à la carte un terminal quelconque (télétype ASR 33 de récupération, notre terminal vidéo décrit en décembre 1981 ou tout autre) disposant d'une interface normalisée RS 232. La vitesse de transmission de cette liaison est entièrement programmable par logiciel au moyen d'une commande du moniteur ; il n'y a pas de strap à déplacer ou de commutateur à tourner !

Le timer programmable est triple ; une de ses sections est utilisée pour générer l'horloge de transmission de la liaison série évoquée ci-avant ; les deux autres sections sont à la disposition de l'utilisateur. L'une d'entre elles est préconnectée pour pouvoir faire, grâce au moniteur, de l'exécution de programmes en pas à pas, même si le programme est en mémoire morte, ce qui est très utile en phase de mise au point.

Le circuit d'interface parallèle joue de multiples rôles grâce à ses vingt lignes d'entrées sorties programmables indépendamment les unes des autres. Une partie de ce circuit est utilisée pour réaliser l'interface avec le magnétophone à cassettes. Une autre partie sert d'interface avec une imprimante quelconque disposant d'une sortie (normalisée) type Centronics. Deux autres lignes du

circuit reçoivent des mini-interrupteurs qui vous permettent d'indiquer au moniteur la configuration de votre système ; celui-ci se configure à son tour conformément aux données ainsi fournies. Enfin, les lignes restantes sont à la disposition de l'utilisateur.

Quelques circuits logiques, non représentés sur le synoptique, permettent des fonctions externes de DMA (accès direct mémoire) ou de rafraîchissement de RAM dynamique, permettant ainsi aux réalisateurs de l'ancien mini-ordinateur d'utiliser leur carte 48 K sans difficulté.

Cette présentation étant faite, et au risque de faire crier les « maniaques » du fer à souder, nous devons, avant de passer à la réalisation pratique, décrire en détail le 6809 puisque ses signaux constituent le bus du système et que, de toute façon, si une telle description n'était pas faite, il vous serait impossible d'utiliser la carte CPU 09. Par contre, pour faciliter votre travail, nous allons vous indiquer la no-

menclature complète des composants afin que vous puissiez commencer leur approvisionnement dès aujourd'hui.

Les composants

Le tableau de la figure 3 donne la liste complète de ceux-ci ; liste que nous allons commenter pour éviter toute question.

Les circuits TTL seront, de préférence, choisis dans la série LS (Low power Schottky) qui est à l'heure actuelle au même prix que la série normale. Les circuits de la famille 6800 peuvent provenir de chez Motorola (le préfixe est alors MC) ou de chez Efcis (le préfixe est alors EF) ; les modèles en boîtier plastique conviennent très bien et sont moins chers que leurs homologues en boîtier céramique. Ne vous laissez pas leurrer par les « soi-disant » meilleures performances des boîtiers céramiques ; c'est un argument stupide et malhonnête, la seule différence entre les deux versions

se situant au niveau de la température de fonctionnement et de l'étanchéité du boîtier. Sachez aussi que les circuits de la famille 6800 existent en trois versions de vitesse selon que l'horloge travaille à 1 MHz, 1,5 MHz ou 2 MHz ; les références sont codées de la façon suivante : MC 68XX pour la version 1 MHz, MC 68AXX pour la version 1,5 MHz et MC 68BXX pour la version 2 MHz. Pour notre ordinateur, la version 1 MHz suffit. Au niveau de la 2732 ou 2532, il existe deux types de brochages selon le fabricant de la mémoire. Notre carte peut accommoder les deux types, donc vous n'avez pas de crainte à avoir, les seules choses à vérifier sont :

- que votre revendeur s'engage à reprendre la mémoire si celle-ci s'avère non totalement programmable (en principe cela ne pose aucun problème) ;
- que le temps d'accès de la mémoire n'est pas supérieur à 450 ns. Cette donnée est généralement codée derrière

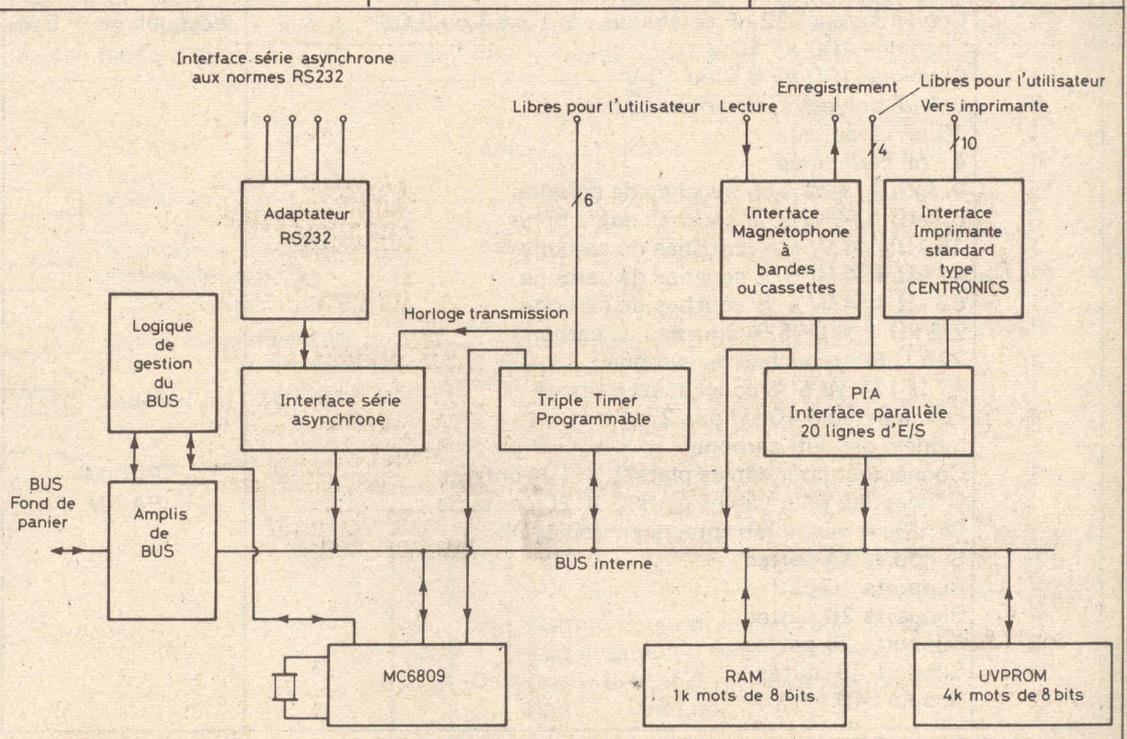


Fig. 2. - Synoptique détaillé de la carte CPU 09.

REALISATION

la référence de la mémoire sous la forme (par exemple) - 35 pour 350 ns. En cas de doute, demandez à votre revendeur.

Pour les composants passifs :

- les résistances sont des modèles 1/4 W ;

- les condensateurs de découplage de 22 nF doivent

avoir les pattes au pas de 2,54 mm ou de 5,08 mm ;

- les supports ne sont pas obligatoires si vous savez tenir un fer à souder et si vous êtes sûr de la qualité de vos composants ; par contre ils sont conseillés pour les circuits exposés au monde extérieur (amplis de bus et amplis de sortie des circuits

d'interface). Comme l'on peut utiliser ici des supports quelconques puisque le circuit imprimé est à trous métallisés, nous vous conseillons d'acquérir des supports de qualité ordinaire et d'en équiper tous les circuits intégrés.

Le moniteur qui doit être placé dans la mémoire PROM

le sera par l'auteur selon une procédure indiquée en temps utile.

Le MC 6809

Ce microprocesseur est le dernier venu sur le marché des microprocesseurs 8 bits et est donc le plus puissant de ceux-ci ; d'autant plus que son architecture interne est, comme nous allons le voir, sur 16 bits. Sa mise en œuvre est très simple au niveau électronique puisque, et c'est un principe chez Motorola, les bus d'adresses et de données ne sont pas multiplexés.

Si l'on veut en faire une présentation générale, il faut dire que ce microprocesseur est réalisé en technologie HMOS et qu'il offre les caractéristiques principales suivantes :

- Alimentation sous une tension unique de 5 V.

- Entrées/sorties compatibles TTL.

- Signaux de bus identiques à ceux de toute la famille 6800 permettant l'emploi de tous les périphériques existant dans celle-ci.

- Oscillateur d'horloge intégré.

- Signaux de gestion de bus autorisant le DMA ou le fonctionnement en multi-microprocesseurs.

- Possibilité de travailler avec des mémoires lentes.

- Trois sources d'interruptions externes matérielles ; une non masquable, une masquable normale et une masquable rapide.

- Instruction de synchronisation avec un événement externe.

- 10 modes d'adressages extrêmement puissants.

- 59 mnémoniques d'instructions qui, compte tenu de leurs possibilités, équivalent à 1 464 instructions différentes.

- Opérations arithmétiques et logiques sur 16 bits.

Quantité	Références	Remarque
1	MC 6809 ou EF 6809	
1	MC 6850 ou EF 6850	
1	MC 6820, MC 6821, EF 6820, EF 6821	
1	MC 6840, EF 6840	
1	MK 4118-4	
1	MCM 2532, TMS 2532, I 2532...	MOSTEK 2532
2	8T97, SN 74367	
1	SN 74LS640	
3	SN 74LS541	
1	SN 74LS00	
1	SN 74MLS2	
1	SN 74LS74	
1	MC 1488	
1	MC 1489	
1	MC 14584	
1	HM 7611 pré-programmé, référence CPU094	FACIM
1	HM 7611 pré-programmé, référence CPU09B	FACIM
1	Quartz 4 MHz	
1	BC107, BC 108, BC 109, etc.	
1	1N 914, 1N 4148, 1N 4448	
12	Condensateurs 22 nF céramiques pas 2,54 ou 5,08	découplage + 5 V
1	Chimique 100 μ F 10 V	
1	Chimique 100 μ F 6 V ou 10 V	
3	0,1 μ F polyester, mylar ou équivalent	
1	10 nF céramique	
1	47 pF céramique	
15	4,7 k Ω 1/4 W 5 % couches de carbone	
3	6,8 k Ω 1/4 W 5 % couches de carbone	
1	15 k Ω 1/4 W 5 % couches de carbone	
1	47 k Ω 1/4 W 5 % couches de carbone	
1	68 k Ω 1/4 W 5 % couches de carbone	
1	2,2 k Ω 1/4 W 5 % couches de carbone	
1	220 Ω 5 % couches de carbone	
1	47 Ω 1/4 W 5 % couches de carbone	
1	Pos. ajustable 10 k Ω pas 2,54 mm modèle debout, carbone	
1	Connecteur pour câbles plats 2 x 10 contacts	FACIM
1	Connecteur pour câbles plats 2 x 20 contacts	FACIM
1	Bloc de 4 mini-interrupteurs en boîtier DIL	
6	Supports 14 pattes	
4	Supports 16 pattes	
4	Supports 20 pattes	
3	Supports 24 pattes	
1	Support 28 pattes	
2	Support 40 pattes	

Fig. 3. - Nomenclature des composants de la carte CPU 09.

- Multiplication 8 bits par 8 bits en une seule instruction.
- Langage source assurant une compatibilité ascendante avec le 6800.

Ceux d'entre vous qui sont déjà familiarisés avec les microprocesseurs apprécieront ; les autres vont apprécier grâce aux explications qui vont suivre.

Dans tout microprocesseur, deux parties distinctes, bien qu'étroitement liées, sont à considérer : la partie matérielle (le Hard pour les initiés) et le logiciel (le Soft). Nous allons voir que ces deux parties sont imbriquées et nous allons commencer par le « soft » en vous présentant figure 4 le modèle du programmeur, c'est-à-dire le jeu de registres que vous voyez et avec lequel vous pouvez travailler lorsque vous programmez en 6809.

Nous avons plusieurs registres de 16 bits décomposés comme suit :

- Deux index X et Y utilisés principalement pour l'adressage indexé ; cependant, plusieurs opérations arithmétiques et logiques sont possibles sur ceux-ci et entre

les index et les accumulateurs.

- Deux pointeurs de pile U et S. Nous allons revenir plus avant dans cet article sur le rôle d'un pointeur de pile, vous comprendrez mieux alors le rôle de ceux-ci. Le pointeur U est le pointeur de pile utilisateur (User stack) et le pointeur S est le pointeur de pile système ou superviseur (System stack). Ces pointeurs peuvent, de plus, être utilisés comme registres d'index au même titre que X et Y.

- Un accumulateur 16 bits D formé par la concaténation (la mise bout à bout si vous préférez) des deux accumulateurs de 8 bits A et B. Il est ainsi possible de travailler sur 8 bits dans A et dans B indépendamment l'un de l'autre et de travailler ensuite sur 16 bits dans D, le passage d'un mode à l'autre étant immédiat et pouvant avoir lieu à n'importe quel moment.

Viennent ensuite deux registres 8 bits aux rôles un peu particuliers :

- Le DP ou DPR qui est le registre de page directe (Direct Page Register) utilisé pour le mode d'adressage di-

rect que nous étudierons ci-après.

- Le CCR ou CC qui est le registre d'état ou de codes conditions (Condition Code Register) et dont chaque bit a une signification particulière quant à l'état du processeur et au résultat de l'opération qui vient d'être réalisée.

Enfin, pour compléter le tout, et bien qu'on ne l'utilise pas en tant que registre, nous trouvons bien sûr le compteur ordinal ou PC (Program Counter) qui pointe sur l'instruction à effectuer ; ce registre est sur 16 bits puisque la capacité d'adressage du 6809 est de 64 K-octets et fait donc appel à 16 lignes d'adresses.

Nous allons revenir un peu sur les bits du CCR pour en définir le rôle. Le bit C est le bit de retenue (de l'anglais Carry) ; il passe à 1 lorsque l'opération qui vient d'être réalisée génère une retenue.

Le bit V est le bit de dépassement (de l'anglais overflow) ; il passe à 1 lorsque l'opération qui vient d'avoir lieu génère un dépassement de capacité si l'on considère les conventions de représentation des nombres binaires

en complément à deux avec signe.

Le bit Z est le bit de zéro (de l'anglais Zero, vous vous en seriez douté !), il passe à 1 lorsque le résultat de l'opération effectuée est nul.

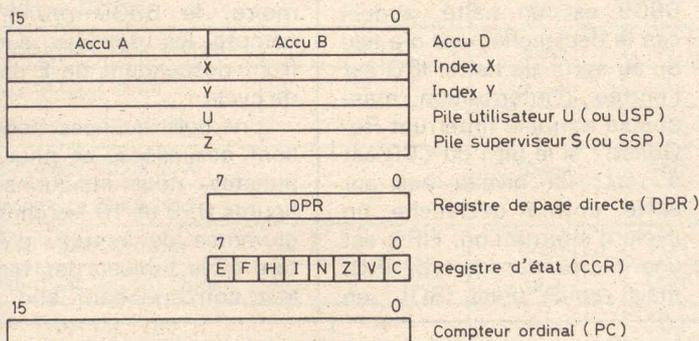
Le bit N est le bit d'indication de valeur négative (de l'anglais Negative), il contient la valeur du bit de poids fort du résultat de l'opération qui vient d'être effectuée, c'est-à-dire qu'en binaire signé il indique le signe de ce résultat.

Le bit I est le masque de l'interruption IRQ (Interrupt mask) ; lorsqu'il est à 1, les interruptions arrivant sur la ligne IRQ sont ignorées.

Le bit H est le bit de demi-retenu (Half carry) ; il passe à un s'il y a retenue lors d'opérations en BCD sur quatre bits.

Le bit F est le masque de l'interruption rapide FIRQ (Fast interrupt mask) ; lorsqu'il est à 1, les interruptions arrivant sur la ligne FIRQ sont ignorées.

Le bit E enfin est l'indicateur de ce qui a été sauvegardé sur la pile ; en effet, lorsqu'il y a une interruption, un certain nombre de don-



- C = Carry ou Retenue
- V = Overflow ou Dépassement
- Z = Zéro
- N = Négative
- I = Masque d'interruption IRQ
- H = Half carry ou demie retenue
- F = Masque d'interruption FIRQ
- E = Entière state ou état entier

Fig. 4. - Le « modèle du programmeur » du 6809.

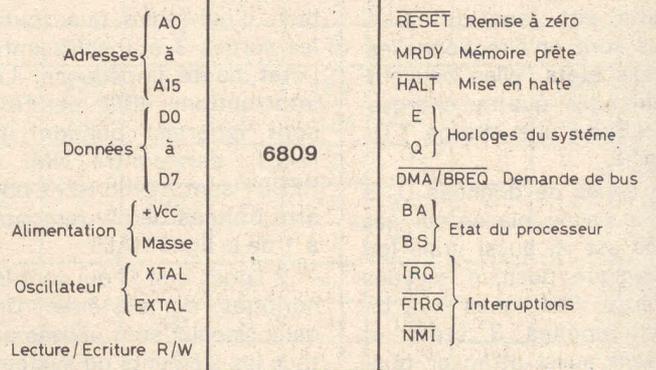


Fig. 5. - Présentation des signaux issus du 6809.

BA	BS	Etat du 6809
0	0	Normal, programme en cours d'exécution
0	1	Acquittement d'interruption ou de RESET
1	0	Acquittement de synchronisation
1	1	Halte ou libération du BUS

Fig. 6. - Signification de BA et BS.

nées sont stockées sur la pile, ce nombre étant différent si l'on a affaire à une interruption normale ou à une interruption rapide ; si ce bit est à 1, cela signifie que tout le contexte a été sauvegardé sur la pile. Nous verrons, lors de la description du jeu d'instructions, le rôle de certains de ces bits de façon plus précise.

Les signaux du 6809

Ainsi que nous l'avons dit, le 6809 est simple d'emploi en raison de ses bus non multiplexés ; par ailleurs, nous allons vous montrer que la connaissance de quelques informations élémentaires suffit à vous permettre de comprendre et de vérifier le fonctionnement de vos cartes.

La figure 5 présente une vue globale de signaux du bus 6809 classés par catégorie. Nous y remarquons :

- 16 lignes d'adresses appelées A_0 à A_{15} ; l'adresse présente sur ces lignes est vraie. Par ailleurs, l'adresse présente sur A_0 à A_{15} est soit valide soit égale à FFF lorsqu'elle est invalide. Ces lignes sont unidirectionnelles et trois états, elles peuvent commander quatre charges TTL LS ou une charge TTL normale.

- 8 lignes de données D_0 à D_7 ; la valeur placée sur ces lignes est ici aussi vraie (ou en logique positive si vous préférez). Ces lignes sont bidirectionnelles 3 états et peuvent aussi attaquer quatre charges TTL LS ou une charge TTL normale.

- 2 lignes d'alimentation : la masse nommée V_{ss} et le + 5 V nommé V_{cc} ou V_{dd} . Cette alimentation doit être égale à + 5 V + ou - 5 %.

- 2 lignes XTAL et EXTAL servant à connecter un quartz de fréquence égale à quatre fois la fréquence de fonction-

nement du micro. Il faudra donc un quartz 4 MHz pour un 6809 (horloge à 1 MHz) et un quartz 8 MHz pour un 68B09 (horloge à 2 MHz). Bien que devant répondre à des critères bien définis dans la fiche technique du 6809, le quartz peut être quasiment quelconque, l'oscillateur étant très tolérant.

- 1 ligne R/W ou lecture-écriture qui indique si le 6809 lit (R/W à 1) ou écrit (R/W à 0) dans la mémoire ou les circuits périphériques. Cette ligne a aussi la faculté de pouvoir passer dans le troisième état.

- 1 ligne RESET ou remise à zéro. Un niveau bas appliqué sur cette entrée a pour effet de faire une remise à zéro du 6809 et fait charger le PC par le contenu de la mémoire se trouvant en FFFE et FFFF.

- 1 ligne MRDY ou mémoire prête (Memory Ready) qui permet de ralentir les accès mémoire du 6809 pour les mémoires lentes. Cette ligne est active au niveau bas.

- Une ligne HALT qui permet de mettre le 6809 en halte. Le fait de passer cette ligne à l'état bas laisse terminer l'instruction en cours, puis le 6809 s'arrête et libère son bus, c'est-à-dire que toutes les sorties 3 états passent à l'état haute impédance. Les interruptions IRQ et FIRQ sont ignorées pendant un HALT, par contre NMI et RESET sont mémorisées pour être traitées dès la remontée à 1 de la ligne HALT.

- 2 lignes E et Q qui sont les horloges du système. Ces deux signaux sont utilisés par tous les éléments du système pour pouvoir échanger des données avec le 6809 car ce sont eux qui rythment tous ces échanges. Ils sont à une fréquence égale au quart de la fréquence du quartz et sont en quadrature l'un par rapport à l'autre. Ces lignes ne sont pas 3 états et ne sont pas affectées par l'état du processeur ; par contre,

l'état haut de E peut être prolongé par le signal MRDY comme nous le verrons.

- 1 ligne DMA/BREQ qui permet de demander au 6809 de libérer son bus pour un autre processeur ou pour faire du DMA (accès direct mémoire). Lorsque cette ligne passe au niveau bas, le 6809 termine le cycle en cours puis indique au moyen de BA et BS la libération de son bus. Les lignes 3 états sont alors dans ce cas en haute impédance. Cet état ne peut se prolonger au-delà de 15 cycles d'horloges. Passé ce délai, le 6809 reprend le contrôle du bus pour des besoins de rafraîchissement interne ; il est alors à même de libérer à nouveau son bus pour 15 cycles si le signal DMA/BREQ est toujours présent.

- 2 lignes BA et BS qui permettent de savoir dans quel état se trouve le processeur. Le tableau de la figure 6 indique la signification de BA et BS.

- 3 lignes d'interruptions NMI, IRQ et FIRQ. NMI est l'entrée d'interruption non masquable (Non Maskable Interrupt), un front descendant sur cette entrée déclenche un cycle d'interruption sauf si le 6809 est en halte, auquel cas le déclenchement n'a lieu qu'au sortir de la halte. IRQ est l'entrée d'interruption masquable normale (Interrupt Request) ; si le bit I du CCR est à zéro, un niveau bas sur cette entrée déclenche un cycle d'interruption. FIRQ est une interruption de type IRQ, mais rapide (Fast IRQ) ; en

effet, alors que pour NMI et IRQ tous les registres du 6809 sont sauvegardés sur la pile, lors d'une FIRQ, seuls le PC et le CCR sont sauvegardés, ce qui permet une prise en compte plus rapide de l'interruption. Cette ligne fonctionne comme IRQ mais est masquée par le bit F du CCR et non par le bit I. De plus, lors d'une FIRQ, le bit E du CCR passe à zéro, indiquant une sauvegarde incomplète des registres.

Ce tour d'horizon des signaux étant fait, nous allons décrire sommairement quelques particularités essentielles à la bonne compréhension du fonctionnement du système. Tout repose sur la signification de certains points de la figure 7. Nous y voyons les deux horloges « système » E et Q en quadrature. Les seuls éléments importants à prendre en considération sont les suivants :

Les adresses sont valides (c'est-à-dire ont une signification) depuis le front montant de Q jusqu'à la fin du cycle.

Les données sortant du 6809 sont valides à partir du front montant de E jusqu'à la fin du cycle.

Lors d'une lecture en mémoire, le 6809 prend en compte les données sur le front descendant de E en fin de cycle.

Une fois que ces notions sont assimilées, et pour les puristes, nous indiquons en figures 8, 9 et 10 les chronogrammes de lecture, d'écriture et le tableau des temps leur correspondant afin que

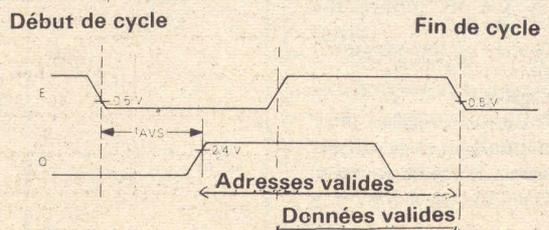


Fig. 7. — Signification de E et Q vis-à-vis de la validité des informations présentes sur le bus.

vous puissiez vérifier les assertions ci-avant.

Dès lors, le rôle d'un signal comme MRDY peut être compris très facilement. Supposons que nous ayons une mémoire trop lente pour que

ses données soient présentes lors du front descendant de E ; il suffit, comme le montre la figure 11, de faire descendre MRDY, ce qui a pour effet d'allonger l'état haut de E et donc de retarder son

front descendant, donc la prise en compte des données en provenance de la mémoire, lente.

Nous aurons l'occasion, tout au long de cette étude, de revenir sur le rôle du si-

gnal E et sur l'utilisation optimale de E et Q.

Les modes d'adressage

« L'ennui naquit un jour de

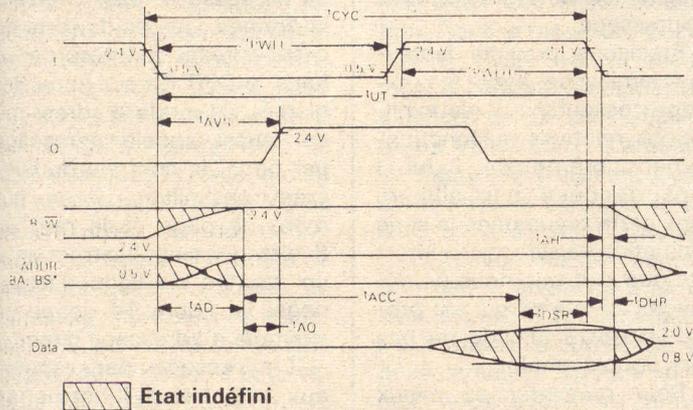


Fig. 8. — Chronogramme de lecture.

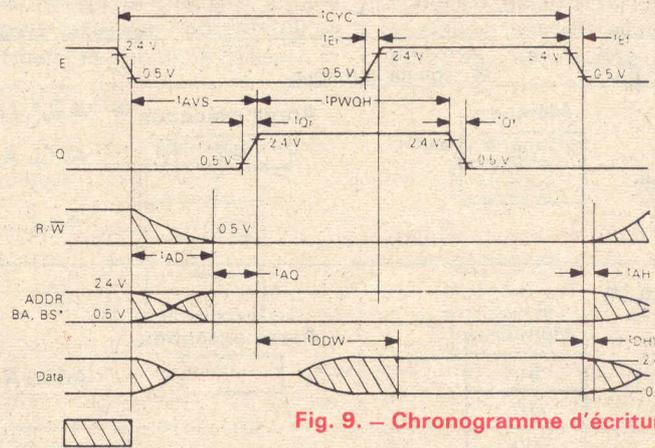


Fig. 9. — Chronogramme d'écriture.

READ/WRITE TIMING

Characteristic	Symbol	MC 6809			MC 68A09			MC68B09			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Cycle Time	t _{CYC}	1000	—	—	667	—	—	500	—	—	ns
Total Up Time	t _{UT}	975	—	—	640	—	—	480	—	—	ns
Peripheral Read Access Time t _{UT} - t _{AD} - t _{DSR} = t _{ACC}	t _{ACC}	695	—	—	440	—	—	320	—	—	ns
Data Setup Time (Read)	t _{DSR}	80	—	—	60	—	—	40	—	—	ns
Input Data Hold Time	t _{DHR}	10	—	—	10	—	—	40	—	—	ns
Output Data Hold Time	t _{DHW}	30	—	—	30	—	—	30	—	—	ns
Address Hold Time (Address R/W)	t _{AH}	20	—	—	20	—	—	20	—	—	ns
Address Delay	t _{AD}	—	—	200	—	—	140	—	—	110	ns
Data Delay Time (Write)	t _{DDW}	—	—	225	—	—	180	—	—	145	ns
E _{low} to Q _{high} Time	t _{AVS}	—	—	250	—	—	165	—	—	125	ns
Address Valid to Q _{high}	t _{AQ}	50	—	—	25	—	—	15	—	—	ns
Processor Clock Low	t _{PWEH}	450	—	—	295	—	—	210	—	—	ns
Processor Clock High	t _{PWEL}	450	—	—	280	—	—	220	—	—	ns
MRDY Set Up Time	t _{PCSM}	125	—	—	125	—	—	125	—	—	ns
Interrupts Set Up Time	t _{PCS}	200	—	—	140	—	—	110	—	—	ns
HALT Set Up Time	t _{PCSH}	200	—	—	140	—	—	110	—	—	ns
RESET Set Up Time	t _{PCSR}	200	—	—	140	—	—	110	—	—	ns
DMA/BREQ Set Up Time	t _{PCSD}	125	—	—	125	—	—	125	—	—	ns
Crystal Osc Start Time	t _{RC}	100	—	—	100	—	—	100	—	—	ms
E Rise and Fall Time	t _{Er} , t _{Ef}	5	—	25	5	—	25	5	—	20	ns
Processor Control Rise/Fall	t _{PCr} , t _{PCf}	—	—	100	—	—	100	—	—	100	ns
Q Rise and Fall Time	t _{Qr} , t _{Qf}	5	—	25	5	—	25	5	—	20	ns
Q Clock High	t _{PWOH}	450	—	—	280	—	—	220	—	—	ns

Figure 10. — Valeurs numériques des temps indiqués en figures 8 et 9.

REALISATION

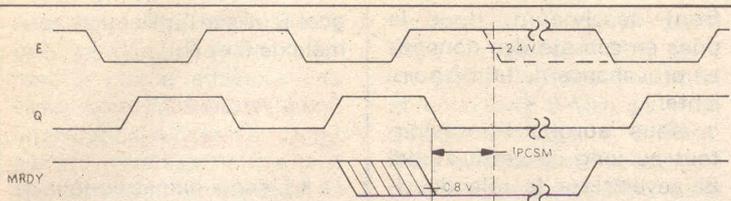


Fig. 11. — Effet du signal MRDY sur E et Q (voir texte).

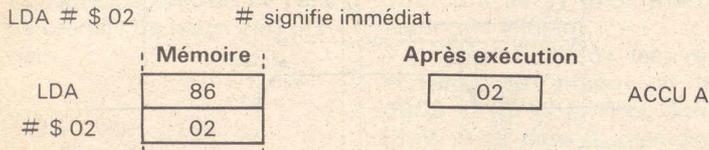


Fig. 12. — Adressage immédiat.

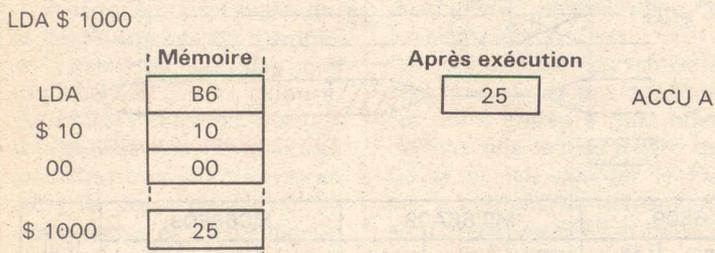


Fig. 13. — Adressage étendu.

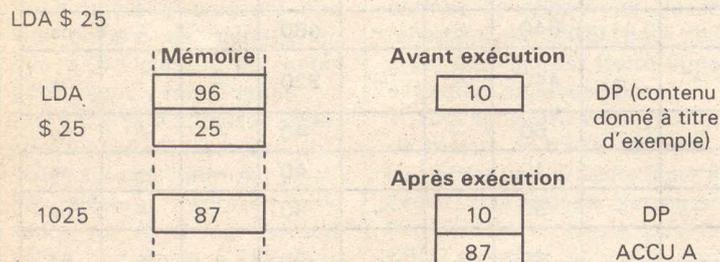


Fig. 14. — Adressage direct.

TFR	X, Y	transfère X dans Y	
EXG	A, B	échange A et B	
PSHS	A, B, X, Y	pousse sur la pile S	A, B, X et Y
PULU	X, Y, D	recupère sur la pile U	X, Y et D

Fig. 15. — Adressage par rapport aux registres.

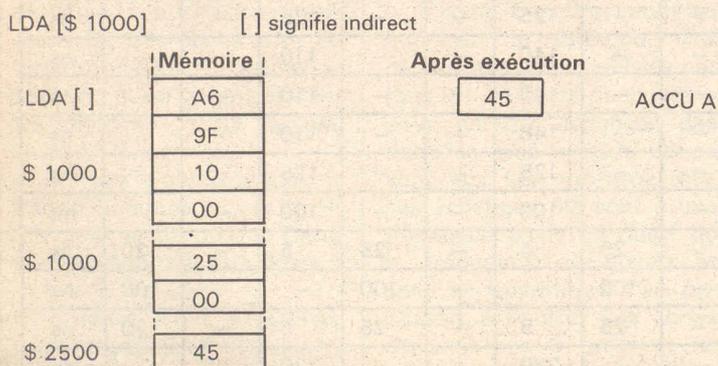


Fig. 16. — Adressage indirect étendu.

l'uniformité», aussi allons-nous parler un peu logiciel pour compléter cette présentation du 6809. Nous allons étudier en premier le plus difficile (si l'on peut dire !) en passant en revue de façon imagée les différents modes d'adressage.

Précisons pour le lecteur peu familiarisé avec les microprocesseurs que les explications relatives au fonctionnement même de celui-ci sont données par ailleurs dans cette revue dans la série « initiation à la micro-informatique » et que nous ne décrivons ici que ce qui est propre au 6809 afin de ne pas faire double emploi.

Pour présenter au mieux les différents modes d'adressage, nous allons utiliser à chaque fois la même instruction consistant à charger l'accumulateur A par le contenu spécifié par le mode d'adressage utilisé, cela nous permettra de présenter l'évolution des cases mémoire concernées ainsi que l'accumulateur A.

Le 6809 dispose donc de 10 modes d'adressage dont certains sont extrêmement performants. On distingue :

— L'adressage inhérent ou implicite qui n'est pas à proprement parler un mode d'adressage puisque les instructions concernées comportent en elles-mêmes l'adresse à utiliser (généralement un registre).

— L'adressage immédiat : la donnée se trouve directement derrière l'instruction concernée comme le montre l'exemple de la figure 12.

— L'adressage étendu : l'instruction est suivie par un mot de 16 bits représentant l'adresse où aller chercher la donnée comme indiqué figure 13. Ce mode d'adressage peut atteindre toute l'étendue mémoire du 6809 mais présente l'inconvénient de ne pas permettre la réalisation de programmes translatables (c'est-à-dire indépen-

dants de leur position en mémoire) puisque l'adresse ainsi spécifiée l'est en valeur absolue.

— L'adressage direct : le mot de 8 bits qui suit l'instruction représente les poids faibles de l'adresse où aller chercher la donnée ; les poids forts de cette adresse étant contenus dans le DPR (Direct Page Register). Ce mode d'adressage est aussi appelé adressage par page, le contenu du DPR étant assimilable à un numéro de page et le mot de 8 bits qui suit l'instruction à un numéro de ligne dans la page. La figure 14 donne un exemple d'adressage direct.

— L'adressage par rapport aux registres : l'instruction est suivie par un ou plusieurs noms de registres (voire par une liste de registres) concernés par celle-ci. La figure 15 donne quelques exemples avec leurs significations.

— L'adressage indirect étendu : nous abordons ici un mode d'adressage que l'on rencontre habituellement sur les grosses machines. L'instruction est suivie par un mot de 16 bits qui est l'adresse de la mémoire dans laquelle se trouve l'adresse de la donnée à utiliser. La figure 16 montre un exemple d'utilisation de ce mode d'adressage.

— L'adressage indexé : c'est avec ce mode d'adressage que le 6809 donne vraiment une démonstration de toute sa puissance comme vous allez le constater. Il existe en effet quatre modes principaux d'adressage indexé, mais, avant de les décrire, rappelons que tous les registres X, Y, U et S peuvent servir d'index sans aucune exception.

Rappelons également le principe général de tout adressage indexé : l'instruction est suivie par une valeur appelée déplacement ou Offset en Anglais, valeur qui est ajoutée au contenu du registre d'index pour trouver l'adresse définitive. En 6809, on distingue en premier lieu

le mode d'adressage indexé avec déplacement nul ; auquel cas, l'instruction n'est suivie par aucune valeur et l'adresse de la donnée n'est autre que le contenu du registre utilisé comme index. Vient ensuite l'adressage indexé avec déplacement constant codé sur 5, 8 ou 16 bits. Dans ces cas, l'instruction est suivie par un mot de 5, 8 ou 16 bits représentant le déplacement qui est ajouté au contenu de l'index utilisé pour trouver l'adresse définitive. La figure 17 présente dans sa première partie un adressage indexé avec déplacement sur 8 bits. Remarquons qu'à partir d'une valeur d'index donnée, le déplacement sur 5 bits permet d'explorer la mémoire depuis « contenu de l'index » - 16 jusqu'à « contenu de l'index » + 15 ; un déplacement sur 8 bits, de « contenu de l'index » - 256 jusqu'à « contenu de l'index » + 255 ; un déplacement sur 16 bits de « contenu de l'index » - 65536 jusqu'à « contenu de l'index » + 65535. Il est donc possible d'explorer toute l'étendue mémoire adressable par le 6809 avec ce dernier mode.

Nous avons ensuite le mode d'adressage utilisant un accumulateur comme déplacement ; l'accum A, l'accum B mais aussi l'accum 16 bits D pouvant être employés. Dans ce cas, le contenu de l'accumulateur concerné est ajouté au contenu de l'index spécifié pour donner l'adresse définitive. La figure 17 dans sa deuxième partie présente un tel exemple. Enfin existent encore deux modes d'adressage indexé, l'adressage indexé post-incrémenté et l'adressage indexé pré-décémenté, ces deux modes se divisant encore en deux catégories selon que l'incrémenté ou la décrémentation est de 1 ou 2. Dans un tel mode, le déplacement est nul, mais, dans le cas du post

incrémenté, l'adresse est bien le contenu de l'index, mais, en plus, celui-ci est automatiquement augmenté de 1 ou 2 unités après exécution de l'instruction. Cela permet d'explorer un tableau de valeur avec une seule instruction. Dans le mode pré-décémenté, l'idée est la même mais le contenu de l'index est diminué de 1 ou 2 avant d'être utilisé comme adresse. La figure 17 troisième partie montre un tel exemple, la valeur 1 ou 2 étant spécifiée lors de l'écriture de l'instruction par la présence d'un ou deux signes + après celle-ci.

— Le mode d'adressage indexé indirect : comme si ce que nous avons vu n'était pas suffisant, tous les modes d'adressage précédents, à l'exception des modes auto-incrémentés et auto-décémentés permettent un niveau d'indirection, c'est-à-dire que, le déplacement est encore ajouté à l'index, mais le résultat ainsi obtenu ne pointe pas sur la donnée mais sur l'adresse où aller chercher la donnée. La figure 18 donne un exemple de ce mode d'adressage particulièrement puissant.

— L'adressage relatif : ce mode d'adressage n'est utilisé que lors des instructions de branchement ; l'instruction est suivie par un mot de 8 bits ou de 16 bits qui, ajouté au contenu du PC, donne l'adresse où a lieu le branchement. Il faut donc remarquer que, d'une part, cela permet de réaliser ainsi des programmes translatables puisque n'apparaît plus aucune adresse absolue, mais également que, et c'est nouveau par rapport au 6800, le déplacement pouvant être codé sur 16 bits, ce mode d'adressage peut être utilisé pour atteindre n'importe quel point de la mémoire.

— Le mode d'adressage relatif par rapport au PC : c'est un des modes d'adressage les plus sophistiqués du

6809 puisqu'il permet d'écrire des programmes entièrement translatables sans aucune référence à une adresse absolue. L'instruction est suivie par un mot de 8 ou 16 bits représentant le déplacement à ajouter au PC pour atteindre l'adresse où se trouve la donnée à utiliser ; la

valeur de ce déplacement étant automatiquement calculée lors de la phase d'assemblage du programme. La figure 19 illustre un tel mode d'adressage.

Nous avons, avec ces quelques explications et ces quelques figures, fait un tour d'horizon rapide des modes

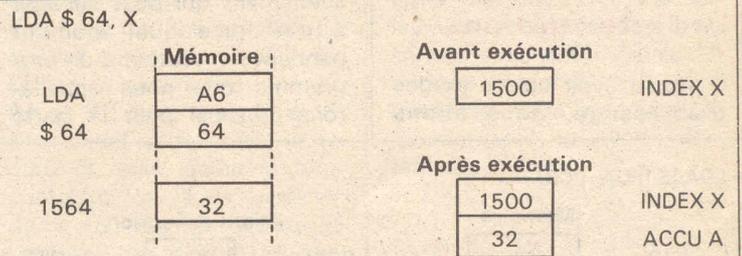


Fig. 17 (première partie). — Adressage indexé avec déplacement constant (codé sur 8 bits dans ce cas).

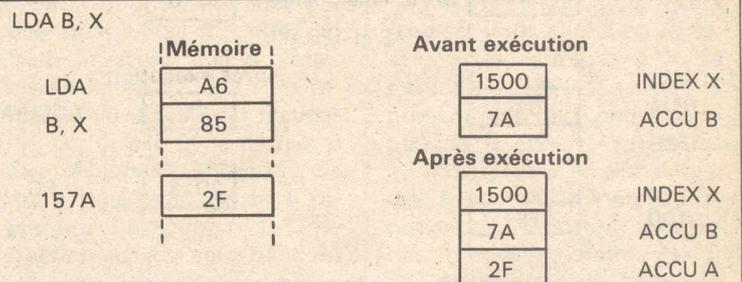


Fig. 17 (deuxième partie). — Adressage indexé utilisant un accumulateur comme déplacement.

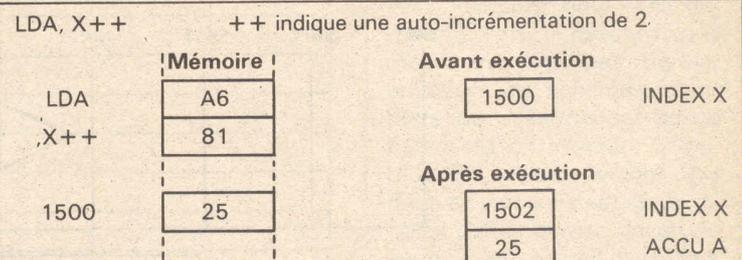


Fig. 17 (dernière partie). — Quelques exemples des modes d'adressage indexés (adressage indexé auto-incrémenté).

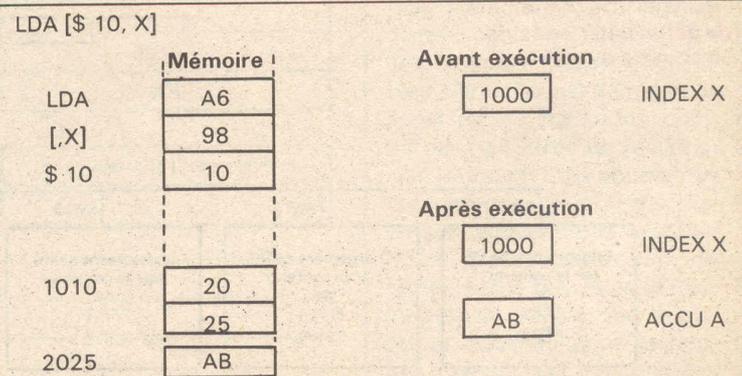


Fig. 18. — Exemple d'adressage indexé indirect.

REALISATION

d'adressage du 6809 ; il va sans dire que, pour les exploiter pleinement, il faut une bonne pratique du 6809. Nous vous montrerons cependant sur quelques programmes standards simples comme ils peuvent faciliter le travail et raccourcir la longueur des programmes.

Les interruptions

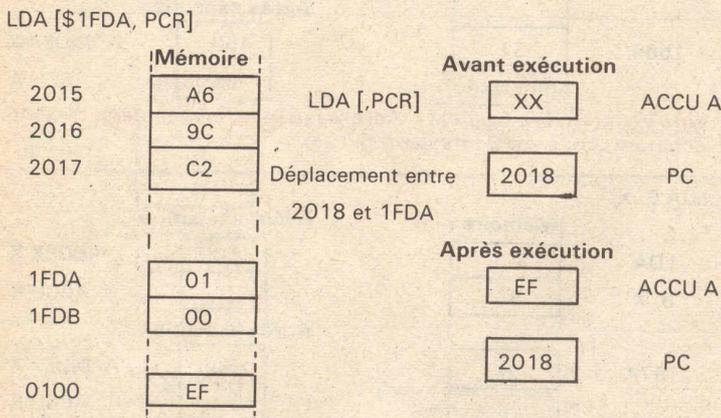
Après avoir vu les modes d'adressage, nous allons

nous intéresser aux interruptions car c'est là un sujet d'importance et qui est assez mal compris par nombre de personnes, même habituées aux microprocesseurs ; pourtant, comme vous allez pouvoir le constater, c'est très simple.

Une interruption est un événement qui peut survenir à n'importe quel moment pendant l'exécution d'un programme que nous appellerons principal pour la clarté

de l'exposé ; événement qui doit être pris en compte immédiatement. On peut imaginer par exemple un système à microprocesseur qui pilote un sous-ensemble automatisé dans une raffinerie, une cause d'interruption pouvant être une élévation anormale de température.

Que se passe-t-il lors d'une interruption ? Le microprocesseur termine l'instruction en cours puis, selon le type d'interruption, va exécuter un programme adapté à celle-ci. Cependant, lorsque le programme d'interruption sera fini, si l'on veut que le programme principal puisse reprendre son déroulement normal, il faut bien que le microprocesseur puisse revenir où il en était resté, et avec le contenu des registres tel qu'il était à ce moment-là, pour que l'exécution ne soit pas perturbée. En conséquence, lors de toute interruption, il y a sauvegarde du contexte,

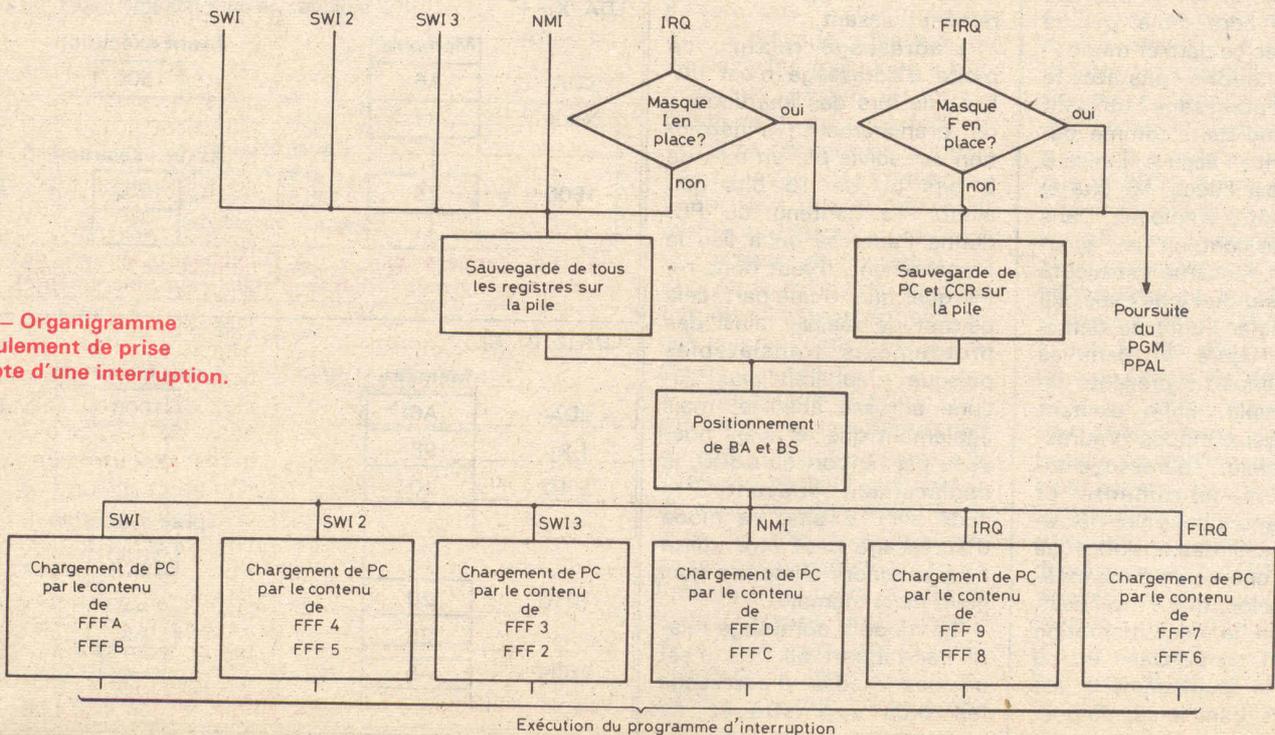


ADRESSES	VECTEUR
FFFF	RESET poids faibles
FFFE	RESET poids forts
FFFD	NMI poids faibles
FFFC	NMI poids forts
FFFB	SWI poids faibles
FFFA	SWI poids forts
FFF9	IRQ poids faibles
FFF8	IRQ poids forts
FFF7	FIRQ poids faibles
FFF6	FIRQ poids forts
FFF5	SWI2 poids faibles
FFF4	SWI2 poids forts
FFF3	SWI1 poids faibles
FFF2	SWI1 poids forts
FFF1	} Réservé
FFF0	

Fig. 19. - Exemple d'adressage relatif par rapport au PC.

Fig. 20. - Emplacements et rôles des vecteurs d'interruptions.

Fig. 21. - Organigramme de déroulement de prise en compte d'une interruption.



courrier. En conséquence, ne vous inquiétez pas, un délai d'un mois est normal, d'autant plus que bien souvent, surtout pour les premiers articles, la réponse à vos questions se trouve dans le ou les numéros suivants.

Pour ce qui est des programmes qui seront disponibles sur cet ordinateur individuel, nous allons, comme pour l'ancien système, éditer un document descriptif aussi complet que possible. Nous vous informerons par la revue de sa date de disponibilité et il est inutile de nous écrire à ce sujet dès maintenant. Tout ce que nous pouvons vous dire est que les logiciels sui-

vants seront disponibles dans un premier temps :

— Editeur de texte très performant, sur cassette ou disquette.

— Macro-assembleur sur cassette ou disquette.

— Interpréteur BASIC étendu sur cassette ou disquette.

— Compilateur PASCAL sur disquette uniquement.

— Jeux et utilitaires divers sur PROM, cassette et disquette.

Tous les détails à leur sujet vous seront donnés ultérieurement lorsque nous aurons avancé un peu plus cette réalisation.

Pour toutes les demandes de renseignements relatives

au boîtier de l'ordinateur, au transformateur d'alimentation ou aux circuits imprimés et composants, nous vous prions de vous adresser directement aux sociétés concernées qui ont édité à cet effet des documents d'information. Les adresses de celles-ci sont rappelées ci-après en fin d'article.

Conclusion

Nous souhaitons que cette présentation du 6809 ait été accessible à la majorité d'entre vous. Il ne faut cependant pas vous alarmer si certains détails ont pu vous échapp-

per ; rien ne vaut la pratique pour assimiler l'utilisation d'un microprocesseur, pratique que vous allez bientôt pouvoir expérimenter.

C. TAVERNIER
(A suivre.)

Nota :

Boîtier du système : INCODEC, 7, chemin de Laprat, 26000 Valence.

Circuits imprimés et composants « spéciaux » : FACIM, 19, rue de Hegenheim, 68300 Saint-Louis.

Transformateur d'alimentation : ECA Electronique, 22, quai Thannaron, 26500 Bourg-les-Valence.

Bloc-notes

Nouveautés Pioneer au « Festival du Son et Image Vidéo »

Comme chaque année il faut s'attendre à quelques nouveautés intéressantes sur le stand Pioneer au Festival du Son et de l'Image Vidéo...

Soulevons un coin du voile avec une nouvelle génération d'appareils, les K-Ceivers.

Comme leur nom l'indique, ces nouveaux objets sonores regroupent en une même unité un ampli, un tuner et un magnétophone à cassettes. Outre l'originalité de la combinaison il faut noter l'inédit de la présentation. L'ensemble occupe, en effet, le volume d'un magnétophone à cassettes frontal classique. Les

K-Ceivers Pioneer en ont en fait l'aspect avec quelques commandes supplémentaires et bien sûr le cadran du tuner.

La gamme se compose de 3 modèles, R-7, R-3, R-1, dont les puissances respectives sont 25 W pour les deux premiers et 12 W pour le troisième.

Le R-7 est équipé d'un tuner à synthétiseur digital alors que sur R-3 seul l'affichage de la fréquence est numérique.

Des enceintes deux voies complètent ces K-Ceivers Pioneer qui présentent de multiples raffinements qu'il serait trop long de détailler.

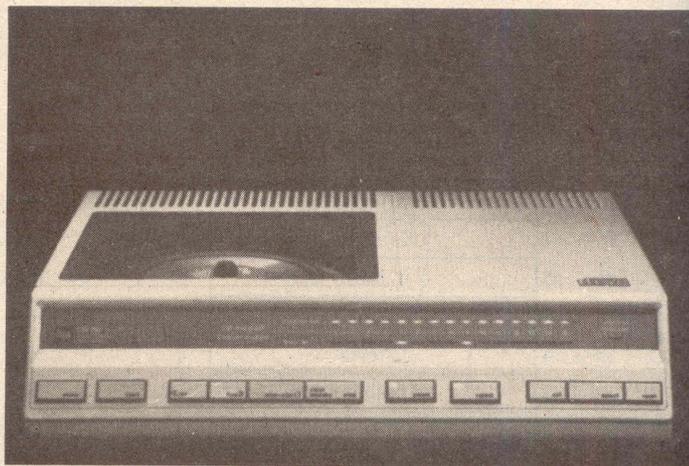
Avec cette série d'appareils, Pioneer étoffe sa gamme « New Audio » dont la philosophie est, rappelons-le, de proposer aux

amateurs des ensembles haute-fidélité très compacts dotés de bonnes performances.

Après les mini-chaînes et les portables cassettes stéréo, les K-

Ceivers Pioneer apportent une nouvelle solution à tous ceux qui ne veulent pas renoncer à la haute-fidélité par manque de place...

Le Compact disque Dual



L'Audiodisque qui doit présenter Dual au prochain Festival du Son est aux normes Philips/Sony actuellement adoptées par la majorité des constructeurs de matériel HiFi. Cet appareil à lecture laser utilise un disque dont les caractéristiques sont les suivantes :

Le disque CD a un diamètre de 12 cm correspondant à peu près à celui des 45 tours. Par contre, une durée d'audition deux fois plus grande que celle des 33

tours. La platine CD à balayage numérique fonctionne selon le principe de la technique PCM (modulation par impulsions codées), sans pointe, donc sans contact, par faisceau laser.

Le disque tourne à une vitesse de 200 à 500 tours/minute en fonction du rayon de balayage. Les bourdonnements, les ronronnements, le pleurage et le scintillement, et la réaction acoustique entre les enceintes et la platine sont éliminés.

