

RÉALISER UN MICRO-ORDINATEUR "HAUT DE GAMME" C'EST TRÈS SIMPLE : AUJOURD'HUI, LA TECHNOLOGIE LE PERMET

Vegas 6809

V. LES CIRCUITS DE VISUALISATION

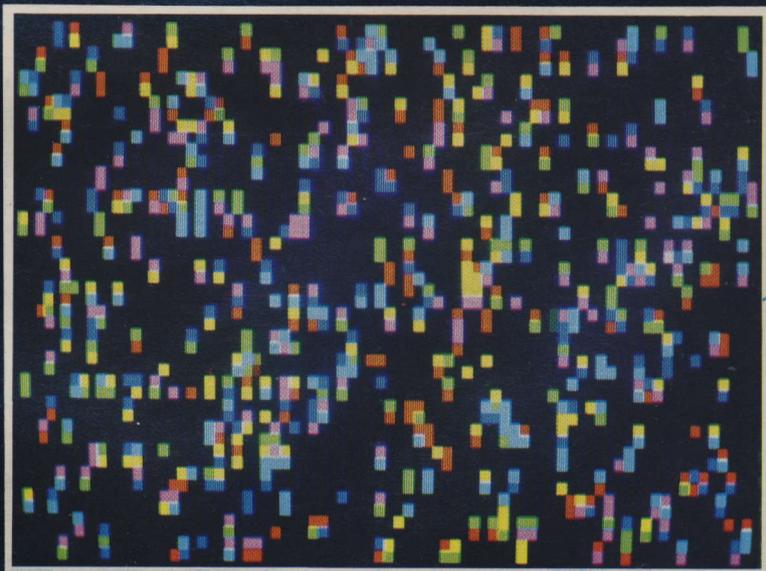
L'étude détaillée de la carte « mère » de Vegas nous a permis, au cours de nos trois précédents numéros, d'aborder les parties essentielles au fonctionnement d'un micro-ordinateur : l'unité centrale, la mémoire vive et les entrées/sorties.

Toutefois, et bien que la « vidéo » fasse partie des entrées/sorties, nous avons préféré traiter celle-ci séparément et en détail. En effet, la connexion d'un micro-ordinateur à un dispositif de visualisation doté d'un tube cathodique est, malgré l'apparition de circuits intégrés spécialisés comme les contrôleurs d'écran ou les générateurs de caractères, une opération relativement complexe qu'il convient de bien analyser.

D'ailleurs, nous développons largement, en encadré, le contrôleur d'écran SY 6545.

Ainsi, c'est avec cette partie que nous allons conclure la présentation « matérielle » de l'unité centrale de Vegas. En outre, comme nous vous l'avions annoncé dans notre précédent numéro, vous trouverez quelques indications concernant le fonctionnement des circuits d'interfaçage PIA et ACIA.

Photos Patrick Bourdet



Une image réalisée en « moyenne résolution » sur l'écran de Vegas.

UNE ETUDE ASSISTEE PAR MICRO-SYSTEMES

La mémoire d'écran autonome offre l'avantage de ne pas encombrer la mémoire centrale.

Réalisation

Les périphériques comme le clavier ou l'écran sont des éléments indispensables pour permettre un dialogue aisé entre l'utilisateur et la machine. Même si l'écran à cristaux liquides de grandes dimensions commence à apparaître sur le marché, les moniteurs vidéo à tube cathodique ont encore de beaux jours devant eux... Aussi, est-ce cette solution que nous avons choisie. Elle conditionne l'architecture de la partie « Vidéo »...

Synchro ligne/ synchro trame

Afin de bien saisir la « logique » de cette architecture, peut-être n'est-il pas inutile de rappeler les principes de base qui régissent le fonctionnement d'un tube cathodique.

Une image est générée sur l'écran grâce à deux phénomènes bien distincts qui se complètent.

Le premier concerne la propriété physique des luminophores constituant la couche interne de l'écran : ils émettent une lumière visible lorsqu'ils sont excités par un flux d'électrons. Par conséquent, pour allumer ou éteindre un point sur l'écran, le circuit vidéo devra nécessairement contrôler ce faisceau d'électrons. Ce contrôle a lieu généralement à l'aide d'un signal dit « vidéo » véhiculant l'information de luminosité de chaque point.

Le deuxième phénomène n'appartient pas à la physique mais plutôt à la physiologie de l'œil. En effet, si l'on se contentait d'afficher successivement des points à l'écran, sans répétition, les points aperçus seraient plus que fugitifs. Ainsi, grâce à la persistance rétinienne, il est possible de transformer en sensation visuelle continue les excitations renouvelées périodiquement et induites de manière séquentielle par le faisceau d'électrons. Autrement dit, il est indispensable de balayer constamment l'écran (de gauche à droite puis de haut

en bas, par exemple) pour obtenir une image.

Il conviendra donc, là encore, de disposer dans notre circuit vidéo, d'un système destiné à générer ce balayage à deux dimensions.

Habituellement, l'ordre de début de ligne est baptisé « **synchro ligne** » et celui destiné à repositionner le faisceau en haut à gauche de l'écran est appelé « **synchro trame** ».

Le circuit vidéo de Vegas permet de générer 80 caractères sur 24 lignes (en noir et blanc) et des symboles graphiques « basse résolution » de 80 colonnes par 48 lignes selon 8 couleurs, ou 8 niveaux de gris. Ces deux modes peuvent être utilisés simultanément.

Deux autres particularités distinguent la partie vidéo de Vegas : l'utilisation du contrôleur d'écran graphique 6545, et une mémoire d'écran indépendante, offrant ainsi l'avantage de ne pas encombrer la mémoire centrale qui reste disponible aux programmes « utilisateur ».

Générer des caractères

Le schéma électrique de la partie vidéo est représenté **figure 1**. Son schéma synoptique est donné dans l'**encadré 1**, consacré plus particulièrement aux principes de la visualisation et au circuit central de cette partie : le contrôleur d'écran.

Les signaux provenant des bus d'adresses, de contrôle et de données pénètrent dans la zone vidéo par le registre tampon M12 (74 LS 374) et le contrôleur d'écran M 202 (SY 6545).

A partir du registre M 212, les données sont stockées dans la mémoire RAM (M 208) sur ordre du contrôleur d'écran. Cette mémoire, de type statique, d'une capacité de 2 K × 8 bits, présente un temps d'accès de l'ordre de 250 ns. Afin de conserver à l'écran une image stable, ces données sont relues

50 fois par seconde. Elles sont ensuite transmises soit à un générateur de caractères alphanumériques, soit à un générateur de caractères semi-graphiques. Le choix est effectué par un test qui, en fonction du caractère émis, l'oriente sur l'un ou l'autre des générateurs.

Si le code ASCII du caractère est égal ou supérieur à 192, le motif généré est semi-graphique, sinon, il est alphanumérique. Dans ce dernier cas, les données en parallèle sont converties dans un format série et dirigées vers la sortie vidéo.

Les caractères ainsi générés s'inscrivent à l'écran dans une matrice de 10 × 8 points. Un autre générateur de caractères est disponible sur Vegas. Celui-ci est conseillé afin d'obtenir des caractères bien lisibles sur un écran de télévision. Cette version n'affiche plus à l'écran que 40 caractères par ligne (au lieu de 80), mais la matrice offre alors une définition de 10 points sur 16, permettant de représenter des symboles plus grands.

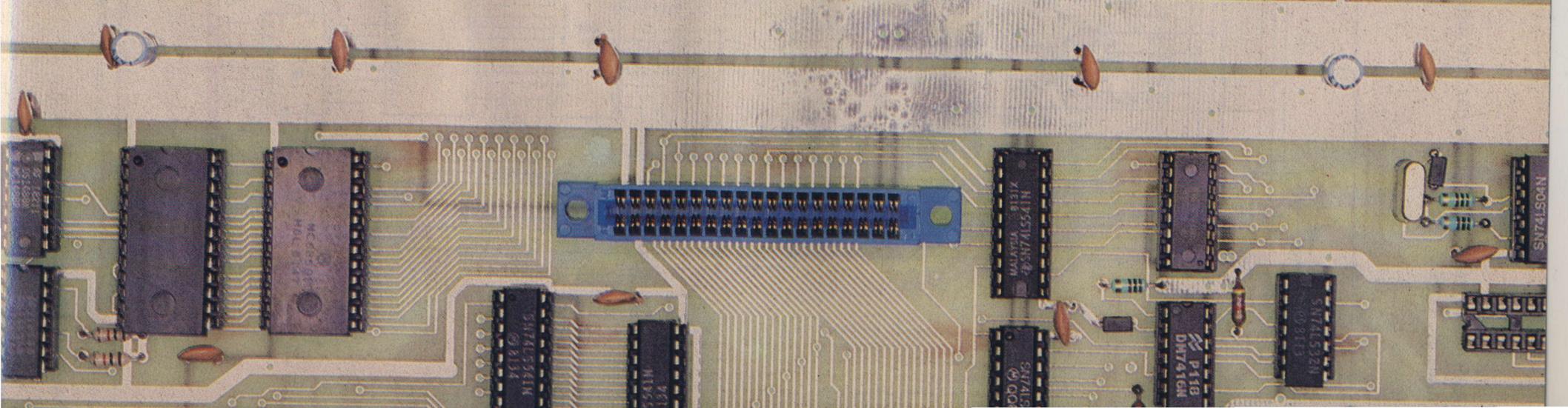
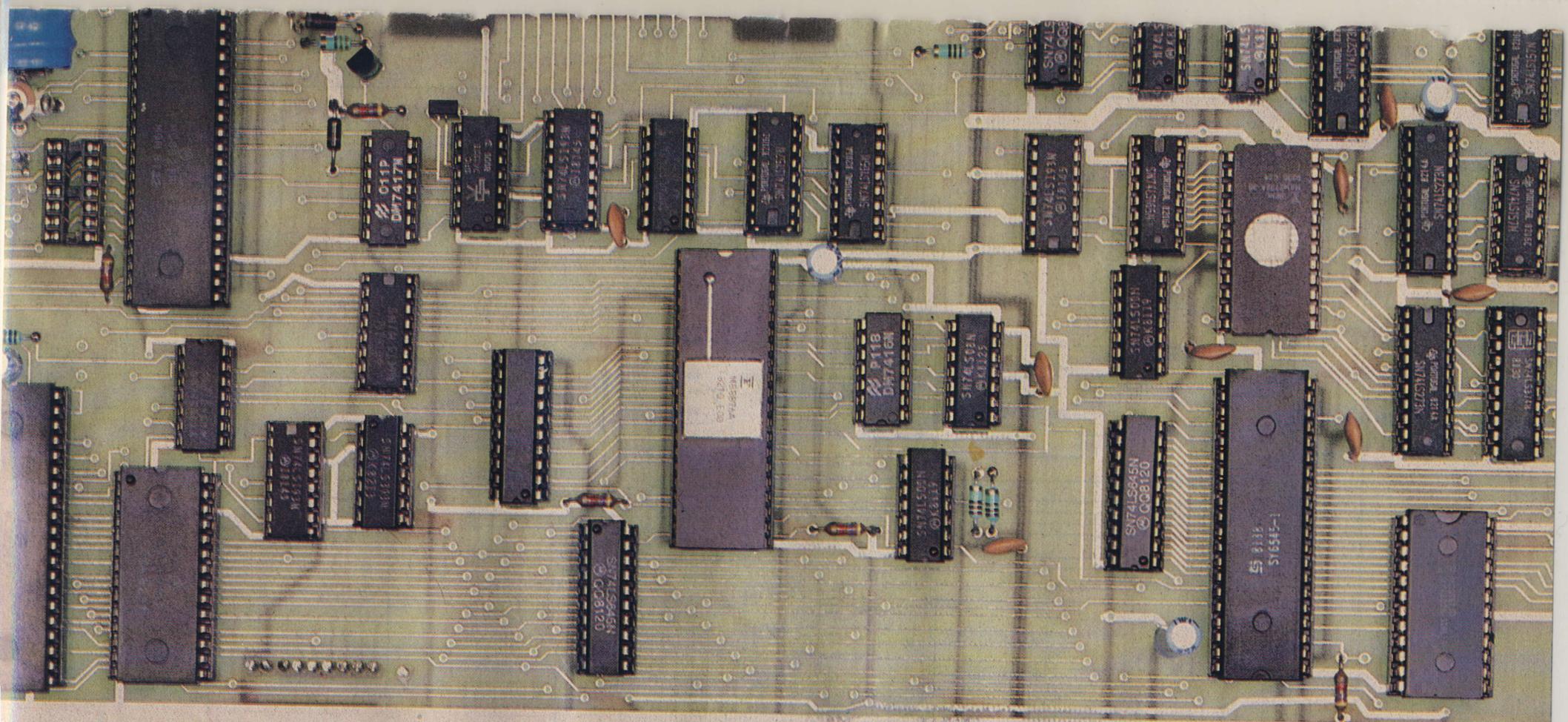
Le parcours des données

Examinons maintenant un peu plus en détail le schéma électrique de la **figure 1**.

Les données sont transmises à la zone vidéo de la carte par l'intermédiaire d'un amplificateur bidirectionnel M201 (74 LS 645 ou 74 LS 245) d'une part, et du registre M212 d'autre part. Ce registre est réalisé à partir d'une bascule de type 74 LS 374.

Un registre « 8 bits » (M213 - 74 LS 273) est utilisé comme amplificateur tampon (« buffer ») pour transmettre les données aux deux générateurs de caractères. Le générateur de caractères alphanumériques (M214 - constitué par une EPROM 2732) reçoit les 8 bits C₀ à C₇ correspondant aux ca-

La zone « vidéo » occupe une bande étroite le long de l'unité centrale. ▶



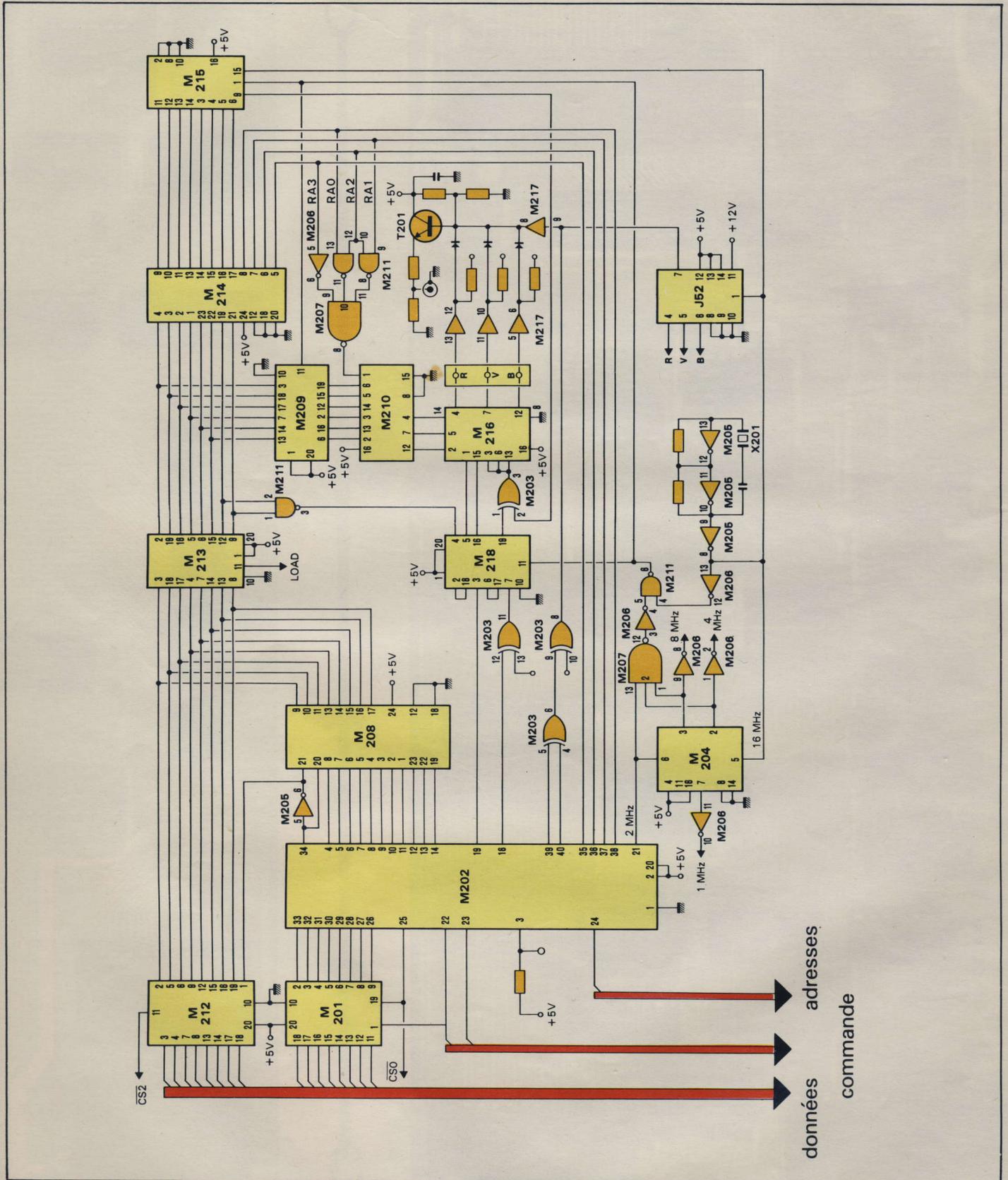


Fig. 1. - Schéma électrique complet des circuits de visualisation.

ractères codés ASCII. Ceux-ci sont détaillés **tableau 1**.

A ce générateur parviennent aussi les 4 bits de lecture RA₀ à RA₃ issus du contrôleur d'écran SY 6545 (M202). Les fonctions multiples réalisées par ce dernier circuit sont décrites dans l'**encadré 1**.

Les données issues du générateur de caractères subissent une transformation parallèle/série grâce au registre à décalage M215 (74 LS 165), avant d'être transmises au sélecteur M216 (74 LS 157), destiné à générer les trois composantes R, V, B, (Rouge, Vert, Bleu) du signal vidéo.

Pour la génération des caractères semi-graphiques, les deux bits de poids fort de l'octet ASCII sont testés afin de déterminer si la valeur du caractère transmis est égale ou supérieure à 192. Le test est réalisé par la porte logique « ET-NON » M211.

Le circuit M209 (74 LS 273) crée une mémorisation afin d'assurer la synchronisation des signaux issus des deux générateurs de caractères. Le circuit M211 (74 LS 00) permet de sélectionner la ligne à lire de la matrice des caractères en mode semi-graphique (ligne RA₀, RA₁, RA₂ ou RA₃).

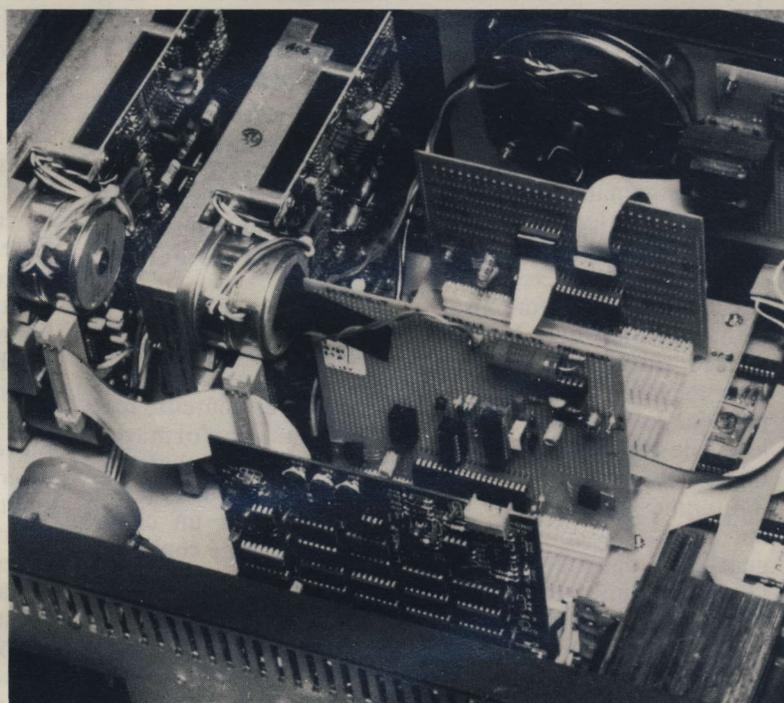
La vidéo composite est réalisée par une sommation des signaux R, V, B. Trois portes à « collecteur ouvert » (M217 - 7417), associées à trois résistances et trois diodes, assurent l'interface avec le transistor de sommation (T201).

Il est à remarquer que l'on peut brancher à la fois un moniteur couleur sur le connecteur J52 et un moniteur noir et blanc sur la prise J51.

La synchronisation (SY) des signaux vidéo est engendrée par le contrôleur d'écran (M202 - SY 6545) et deux portes logiques M203 (74 LS 586).

	hexa.- déc.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
		décimal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
20	32	␣	!	”	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/	
30	48	Ø	l	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
40	64	à	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
50	80	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[]			-
60	96		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
70	112	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	é	ù	è	ê	@

Tableau 1. - Contenu du générateur de caractères avec leur code ASCII en hexadécimal et en décimal.



Vegas est muni d'un « fond de panier » au format du bus SS 30 sur lequel sont montées trois cartes d'extension.

Fréquences

D'une manière générale, les fréquences nécessaires au fonctionnement des différents circuits de la machine sont délivrées (sauf pour l'horloge temps réel) à partir d'un quartz (X201) cadencé à 16 MHz. Cette fréquence de résonance est obtenue à l'aide du condensateur C101, des résistances R202,

R203, et des portes logiques du circuit M205 (74 LS 04), utilisées comme amplificateur. Le compteur binaire M204 (74 LS 193) réalise la fonction de diviseur de fréquence. Ainsi, à partir de 16 MHz, il est possible de disposer des fréquences suivantes : 8 MHz, 4 MHz, 2 MHz et 1 MHz.

Les portes logiques du circuit

LE CONTROLEUR D'ECRAN SY

L'écran vidéo est un outil de dialogue « homme-machine » que l'on retrouve sur la quasi-totalité des équipements informatiques actuels.

Qu'il s'agisse d'un simple écran monochrome (éventuellement un téléviseur ordinaire), ou d'un moniteur « haute résolution » couleur de haut de gamme, l'utilisateur apprécie la souplesse d'exploitation et la rapidité de réaction de ce périphérique entièrement électronique.

Souvenons-nous de ces systèmes, aujourd'hui désuets, qui ne disposaient que d'un simple téléimprimeur pour tout moyen d'expression !

La création de signaux vidéo par un système informatique n'est, en revanche, pas une mince affaire...

Considérons une image de 625 lignes, devant classiquement être renouvelée vingt-cinq fois par seconde, même si son contenu n'a pas varié entre-temps. 15 625 lignes doivent être « balayées » chaque seconde par le spot lumineux.

Si maintenant nous estimons à 256 le nombre de points composant une ligne, ce qui n'a rien d'exceptionnel, nous pouvons fort aisément calculer que la fréquence du signal vidéo à élaborer atteint 4 MHz, soit plus que la fréquence d'horloge elle-même de bien des microprocesseurs !

Comme par ailleurs les opérations à accomplir exigent pour chaque point de l'image l'équivalent de plusieurs cycles d'horloge, il est tout à fait évident que jamais l'unité centrale d'une machine ne pourra prendre en charge en totalité la gestion de l'écran.

Les solutions utilisables se distinguent par le degré d'autonomie accordée au système vidéo par rapport au processeur principal.

Une approche très particulière a été suivie par Sinclair, lors de l'étude du fameux ZX 81, essentiellement pour des raisons de coût de production : le microprocesseur accomplit, à

l'extrême limite de ses possibilités, une partie des tâches d'affichage, et se décharge des opérations trop rapides pour lui, sur un circuit en logique câblée.

Malgré cette aide appréciable, le microprocesseur passe encore 75 % du temps à s'occuper de l'écran TV, ce qui en dit long sur la charge de travail que cela représente !

Une approche plus saine, presque universellement retenue dans la conception des systèmes plus coûteux, mais aussi plus performants, consiste à confier toutes les opérations ayant trait à l'affichage vidéo à un circuit spécialisé nommé **contrôleur d'écran**.

L'unité centrale se contente alors d'adresser de très brefs messages à ce périphérique performant, qui entreprend l'exécution de ces ordres alors que le microprocesseur vaque à d'autres occupations.

A la limite, une image immuable ne nécessiterait d'intervention du processeur central que lors de son premier affichage, tout le « rafraîchissement » pouvant être pris en charge par le contrôleur. En cas de modification, l'unité centrale transmettra les contrordres

voulus au contrôleur, qui les exécutera en leur temps.

Compte tenu de la fréquence d'affichage des images sur l'écran (25 par seconde ou 50 demi-images par seconde, selon les règles habituelles de l'entrelacement), il est nécessaire qu'une réplique fidèle de l'écran soit disponible en permanence en mémoire.

L'importance de la zone de mémoire vive réservée à cette « mémoire d'écran » (ou fichier d'affichage) dépend grandement du degré de sophistication des images produites.

Prenons l'exemple d'un écran dont la définition est de 176 lignes de 256 points. En mode alphanumérique ou semi-graphique, l'écran peut accepter 22 lignes de 32 caractères, soit 704 symboles définis au moyen d'une grille de 8 cases sur 8.

Si on prend le parti de limiter à 256 le nombre de symboles du « jeu de caractères », chaque position de l'écran pourra être codée sur un octet, et la mémoire d'écran n'occupera que 704 octets (ou un peu plus si l'on ajoute, par exemple, des codes de fin de ligne).

La mise en œuvre d'un véritable mode « haute résolution graphique » consomme beaucoup plus d'espace mémoire, puisqu'il faut réserver au moins un bit par point adressable, voire davantage si la couleur est permise. 5 632 octets (704 × 8) peuvent alors être considérés comme le minimum vital...

En plus des codes correspondant à chaque caractère devant être affiché, la mémoire d'écran contient également certains codes « réservés » connus sous le nom d'**attributs**. Ces codes défini-

nissent certaines caractéristiques annexes de caractères ou groupes de caractères : couleur, clignotement, soulignement, inversion vidéo, double taille, etc.

L'unité centrale intervient directement dans la mémoire d'écran, en fonction de l'image qu'elle a à constituer.

Le contrôleur, pour sa part, a accès à la fois à la mémoire-écran et au **générateur de caractères**, une autre zone de la mémoire du micro-ordinateur souvent constituée de ROM, mais parfois aussi de RAM lorsque la forme des caractères doit être redéfinissable par l'utilisateur de la machine.

En effet, le générateur de caractères n'est autre que le « trace-lettres » de l'ordinateur.

Cette zone mémoire abrite une liste d'octets dont chaque bit représente un point de chacun des caractères dont dispose la machine.

Ces octets sont en général rangés de façon à ce qu'un calcul simple (donc rapide) permette de trouver l'octet de tête d'un caractère à partir de son code (ASCII ou autre).

Le principal travail du contrôleur d'écran revient donc à lire une ligne de la mémoire-écran, puis à extraire du générateur de caractères les octets correspondant à la ligne voulue de chaque caractère, pour reconstituer le message série qui, complété par les inévitables tops de synchronisation, ne sera ni plus ni moins que le signal vidéo.

Bien sûr, en cas d'affichage couleur, ce processus est à répéter trois fois, pour le rouge, le vert, et le bleu, couleurs primaires à partir

6545 ET SA MISE EN ŒUVRE

desquelles un moniteur peut synthétiser n'importe quelle nuance.

On notera que les contrôleurs d'écran couleur délivrent trois signaux séparés RVB, plus la synchro. Les querelles de clocher PAL-SECAM-NTSC sont résolues soit par des circuits couleurs appropriés, soit par une attaque directe des amplificateurs de chrominance du moniteur, à travers une prise « Péritélévision ».

En pratique, donc, il existe un registre vidéo (ou trois registres RVB) dans lequel le contrôleur empile les uns à la suite des autres les octets qu'il prélève dans le générateur de caractères, en accord avec le contenu de la mémoire-écran.

Lorsque le registre est plein, une ligne de l'image vidéo est prête. Elle peut être dirigée sur le moniteur, par simple décalage de tout le registre à la fréquence imposée par les normes télévisuelles, et le nombre de points dans la ligne. Il ne reste plus, alors, qu'à émettre un top de synchronisation et à recommencer pour la ligne suivante, après incrémentation d'un compteur indiquant au contrôleur qu'il lui faut désormais lire la ligne suivante des profils stockés dans le générateur de caractères.

La **figure A** résume le détail de ces opérations de transfert d'octets entre la mémoire-écran, le générateur de caractères, et les registres de sortie, sous le contrôle du... contrôleur, dont l'implantation au sein du système apparaît à la **figure B**.

A l'examen de ces diagrammes et à la lumière des

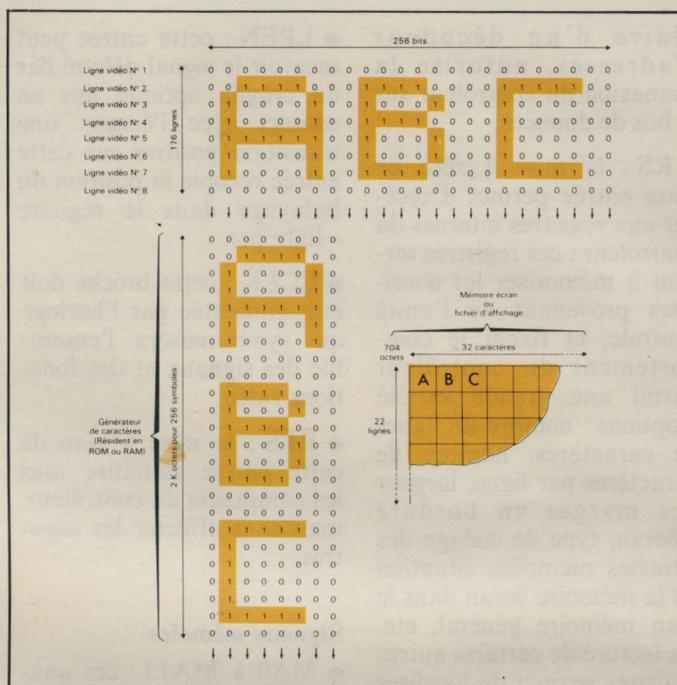


Fig. A. - Résumé des opérations de transfert d'octets entre la mémoire écran, le générateur de caractères et les registres de sortie.

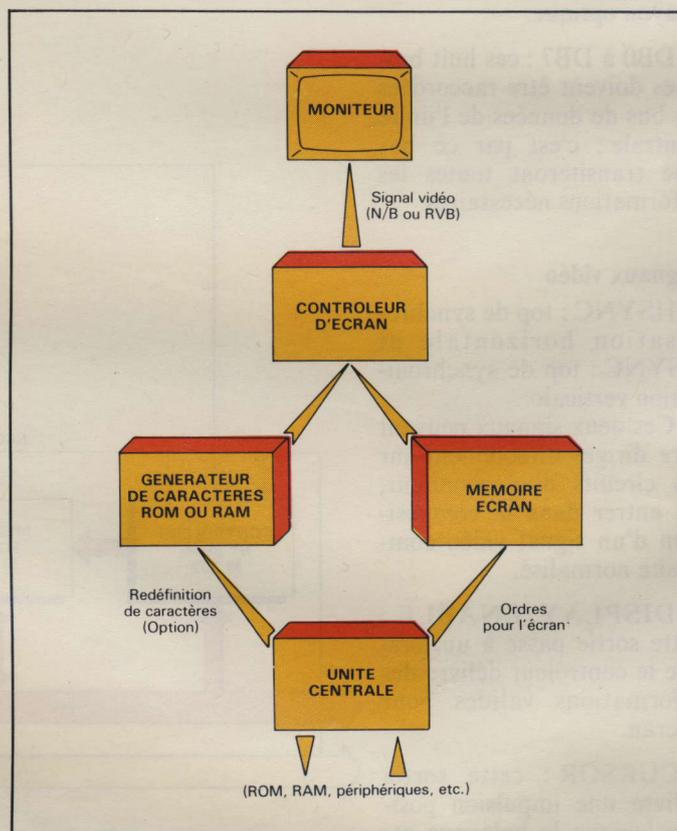


Fig. B. - Implantation de la vidéo au sein du système.

explications précédentes, on conçoit qu'un contrôleur d'écran soit un bloc fonctionnel complexe, autant sinon plus que l'unité centrale elle-même !

Dans les premiers microordinateurs, il fallait plusieurs dizaines de boîtiers à intégration moyenne pour réaliser un contrôleur noir et blanc.

Fort heureusement, il existe maintenant d'excellents contrôleurs couleur présentés dans un seul boîtier à haute échelle d'intégration.

On notera d'ailleurs que les registres vidéo ne sont pas inclus dans le contrôleur utilisé pour Vegas (le SY 6545) ce qui laisse à l'utilisateur une complète liberté à ce niveau, tant en noir et blanc qu'en couleur.

Retenons essentiellement que le contrôleur d'écran joue surtout un rôle de « chef d'orchestre » dirigeant harmonieusement les circuits très divers que sont la mémoire d'écran, le générateur de caractères, et les registres vidéo, mais dans le strict respect des ordres du « compositeur » que reste finalement l'unité centrale !

Les signaux du contrôleur d'écran SY 6545 de Synertek

Le SY 6545 de Synertek (compatible broche à broche avec le MC 6845 de Motorola) appartient à cette famille de produits.

Spécialement conçu pour fonctionner avec les microprocesseurs de la série 6500/6800, ce circuit complexe est présenté dans un

Le contrôleur d'écran SY 6545 et sa mise en œuvre (suite)

boîtier à 40 broches, dont la **figure C** fournit le brochage.

Toutes ces broches peuvent être classées en trois groupes, selon leur utilité :

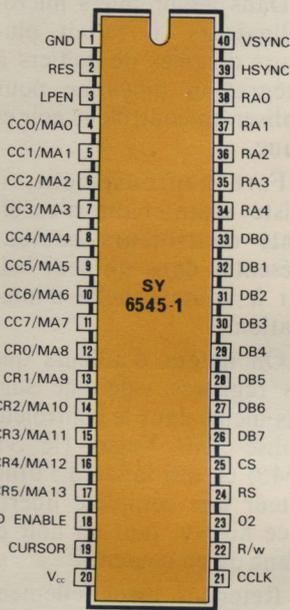


Fig. C. - Brochage du contrôleur d'écran SY 6545.

Raccordement à l'unité centrale

Les échanges d'informations entre le contrôleur et l'unité centrale font appel aux broches suivantes :

- $\Phi 2$: cette entrée doit recevoir le signal d'horloge $\Phi 2$ du système, afin de synchroniser l'ensemble des transferts d'information entre le contrôleur et le microprocesseur.

- R/ \bar{W} : ce signal permet au microprocesseur d'indiquer au contrôleur le sens des transferts qu'il va entreprendre (écriture ou lecture).

- \bar{CS} : la mise à zéro de cette entrée de sélection, directement par le microprocesseur ou par l'intermé-

diaire d'un décodeur d'adresses, autorise la connexion du contrôleur sur le bus de données.

- RS : la mise à zéro de cette entrée permet d'accéder aux registres internes du contrôleur : ces registres servent à mémoriser les consignes provenant de l'unité centrale, et fixent le comportement du contrôleur parmi une grande variété d'options : nombre de lignes de caractères, nombre de caractères par ligne, largeur des marges en bordure d'écran, type de codage des adresses mémoire, situation de la mémoire écran dans le plan mémoire général, etc. La lecture de certains autres registres permet de localiser sur l'écran la position du curseur ou d'un éventuel crayon optique.

- DB0 à DB7 : ces huit broches doivent être raccordées au bus de données de l'unité centrale ; c'est par ce bus que transiteront toutes les informations nécessaires.

Signaux vidéo

- HSYNC : top de synchronisation horizontale et VSYNC : top de synchronisation verticale.

Ces deux signaux peuvent être dirigés directement sur les circuits d'un moniteur, ou entrer dans la composition d'un signal vidéo composite normalisé.

- DISPLAY ENABLE : cette sortie passe à un lorsque le contrôleur délivre des informations valides pour l'écran.

- CURSOR : cette sortie délivre une impulsion positive lorsque le balayage atteint la position du curseur.

- LPEN : cette entrée peut recevoir le signal délivré par un crayon optique mis en contact avec l'écran : une transition positive sur cette entrée recopie la position du balayage dans le registre « light pen ».

- CCLK : cette broche doit être alimentée par l'horloge qui synchronisera l'ensemble des signaux et des fonctions vidéo.

- \bar{RES} : la mise à zéro de cette entrée initialise tous les compteurs du contrôleur, mais sans affecter les registres.

Signaux mémoire

- MA0 à MA13 : ces quatorze lignes constituent le

bus d'adresse de la mémoire écran. Le comportement de ce bus peut être choisi parmi plusieurs variantes, selon les indications chargées dans les registres internes.

- RAO à RA4 : ces cinq signaux servent à sélectionner une ligne à l'intérieur d'une rangée de caractères. Le choix du nombre de lignes par rangée fixe la hauteur des caractères affichés.

Le schéma synoptique de la **figure D** donne une idée plus précise du rôle de toutes ces broches. Il ne s'agit bien sûr que d'un schéma très général en raison de la grande souplesse d'utilisation du contrôleur, obtenue par programmation de ses principales fonctions.

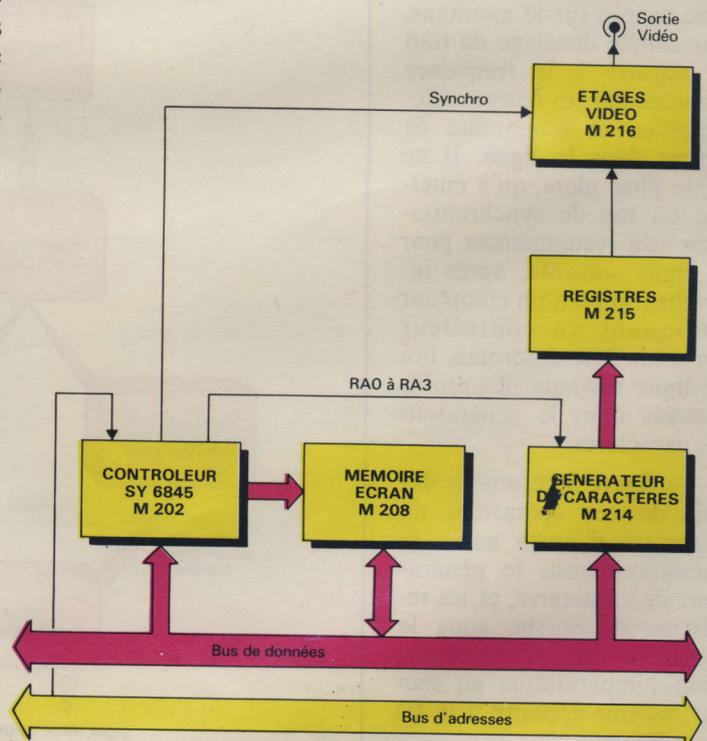


Fig. D. - Schéma synoptique de la partie vidéo.

Nature du composant	Référence constructeur	Référence Micro-Systèmes	Qté
Circuits intégrés			
Contrôleur d'écran	SY6545	M202	1
Mémoire 2 K × 8 statique	HM6116, MM4802	M208	1
EPROM, générateur de caractères	2732	M214	1
Quadruple « ET-NON »	74 LS 00	M211	1
Sextuple inverseur	74 LS 04	M205, M206	2
Quadruple porte « ET-NON » à 3 entrées	74 LS 10	M207	1
Sextuple porte de puissance, collecteur ouvert	7417	M217	1
Quadruple « OU » exclusif à 2 entrées	74 LS 86	M203	1
Quadruple démultiplexeur 2 → 1	74 LS 157	M210, M216	2
Registre à décollage 8 bits, entrées parallèles	74 LS 165	M215	1
Compteur-décompteur 4 bits synchrone	74 LS 193	M204	1
Octuple bascule (« latch ») 3 états	74 LS 273	M209, M213, M218	3
Octuple bascule D sortie 3 états, 8 bits	74 LS 374	M212	1
8 amplis, 3 états, bidirectionnels, inverseurs	74LS645, 74LS245	M201	1
Autres composants			
Transistor	2N2222	T201	1
Diode	1N4148	D201, D202, D203	3
Quartz	16 MHz	X201	1
Condensateur	10 pF	C201	1
Condensateur	0,1 µF	C203	1
Résistances			
	56 Ω	R209	1
	330 Ω	R208	1
	470 Ω	R205	1
	1 kΩ	R202, R203, R206, R207	4
	4,7 kΩ	R201	1
	220 kΩ	R204, R210	2

Tableau 2. - Nomenclature du matériel utilisé pour la zone « vidéo ».

Comment réaliser Vegas 6809 ?

L'ensemble des éléments nécessaires à la construction de Vegas :

- kit de base (carte « mère » avec ses composants, lecteur de disquette, clavier Qwerty, système d'exploitation Flex et XBasic) ;
- le circuit imprimé ;
- les composants ;
- le (ou les) lecteur(s) de disquettes ;
- le clavier...

est disponible par correspondance chez :

- **Microkit**, B.P. 46, 91302 Massy Cedex. Tél.

service technique : (6) 013.39.21.

Vous pouvez également voir Vegas chez :

- **SOS Computer**, 78, rue de Dunkerque, 75009 Paris. Tél. : (1) 281.03.73.
- **Vismo**, 68, rue Albert, 75013 Paris. Tél. : (1) 586.60.10.
- **Lens Buro**, 73, boulevard Basly, 42300 Lens. Tél. : (21) 28.39.43.

Vegas est une marque déposée 3D International, 2, rue de l'Armée-Patton, 91640 Briis-sur-Forge. Tél. : (1) 594.61.36.

M 206 (74 LS 04) assurent l'interface du compteur (M204) avec le reste de la carte. La fréquence de 2 MHz, par exemple, est indispensable pour le contrôleur d'écran SY 6545.

La nomenclature du matériel utilisé pour cette partie vidéo est donnée **tableau 2**.

Si l'étude de la zone vidéo trouve ici sa conclusion, l'étude matérielle de Vegas n'est pas pour autant terminée. Deux encadrés, rappelons-le, n'avaient pu s'insérer dans notre précédent numéro. C'est pourquoi, vous trouverez dans les pages suivantes les **encadrés 2 et 3** qui traitent du fonctionnement du PIA et de l'ACIA, circuits essentiels pour gérer les entrées/sorties. ■

N. HUTIN
D. HABERT