

50376  
1979  
225

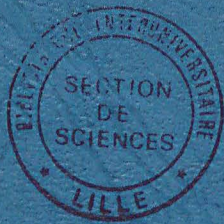
d'ordre 227

THESE DE DOCTEUR INGENIEUR

Stéphane GAMET

Soutenue le 14 Mai 1979

A l'Université des Sciences de LILLE



SCD LILLE 1



D 030 305794 0



50376  
1979  
225

NO d'ordre 227

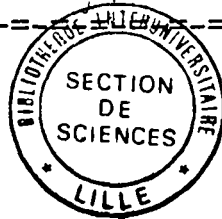
Vidal. 50376  
Cany. 1979  
225  
Bouhot.  
Cerdouin

Stéphane GAMET

---

ETUDE D'UNE  
~~CONFIGURATION~~ D'UN SYSTEME  
INFORMATIQUE ~~AYANT POUR OBJET LA~~ POUR LE TRAITEMENT  
ET LA RECONNAISSANCE ~~AUTOMATIQUE~~ DE FORMES  
ELEMENTAIRES PLANES

---



M<sup>r</sup> Bouhot.  
9 Rue Georges SOREL  
92 100 BOULOGNE 9/ SEINE

29388

## TABLES DES MATIERES

PRELIMINAIRE

PREMIERE PARTIE

### CHAPITRE I : INTRODUCTION - ETUDE DES PHENOMENES LUMINEUX

I - A Elément de radiométrie  
I - A - 1 Flux énergétique  
I - A - 2 Intensité d'une source  
I - A - 3 Radiance énergétique d'une source  
I - A - 4 Eclairement d'un récepteur

I - B Elément de photométrie  
I - B - 1 Flux lumineux  
I - B - 2 Intensité lumineuse  
I - B - 3 Radiance  
I - B - 4 Eclairement

### CHAPITRE II : ETUDE DE CAPTEURS ET ANALYSE DE RESEAUX

II - A Perception visuelle  
II - A - 1 Sensibilité au contrastes  
II - A - 2 Contraste simultané  
II - A - 3 Band de Mack  
II - B Capteurs  
II - B - 1 Disque de Nipkov  
II - B - 2 Flying spot  
II - B - 3 Micro densitométrie  
II - B - 4 Photodiodes

I - C Influence du capteur. Analyse de différents réseaux

- II - C - 1 Maille hexagonale
- II - C - 2 Maille carrée
- II - C - 3 Maille rectangulaire

## CHAPITRE III

- III - A Traitement en vue d'une amélioration des tableau enregistrés
- III - A - 1 Etude du contraste
  - III - A - 1 - a traitement global
  - III - A - 1 - b traitements locaux
- III - A - 2 Modification par la luminance
  - III - A - 2 - a Recadrage de la dynamique
  - III - A - 2 - b Modification du contraste
  - III - A - 2 - c Méthode des bits de poids forts
  - III - A - 2 - d Méthode des histogrammes
  - III - A - 2 - e Correction pour l'oeil
- III - B Analyse d'image
  - III - B - 1 Décomposition en région
    - III - B - 1 - a Définition
    - III - B - 1 - b Choix d'un seuil
    - III - B - 1 - c Analyse des histogrammes pour la détermination du seuil
    - III - B - 1 - d Fusion de régions
  - III - B - 2 Propriétés caractéristiques d'une zone
    - III - B - 2 - a Propriétés métriques et topologiques
    - III - B - 2 - b Détection des lignes
    - III - B - 2 - c - 1 Méthode de squelettisation
    - III - B - 2 - d Contours
- III - C Etude de la texture
  - III - C - 1 Méthodes matricielles
    - III - C - 1 - a Transformée de Fourier
    - III - C - 1 - b Transformée de Walsh Hadamar
  - III - C - 2 Opérateur liant une propriété locale d'une image et sa représentation discrète
    - III - C - 2 - a Introduction
    - III - C - 2 - b Opérateur gradient

- III - C - 2 - c Opérateur niveau de gris moyens
- III - C - 2 - d Opérateur texture
- III - C - 2 - e Opérateur détecteur de bords contrastés
- III - C - 2 - f Opérateur détecteur de bords à niveau de gris dégradé
- III - C - 2 - g Opérateur détecteur de bords séparant des zones à répartition statistique différentes des éclaircissements
- III - C - 3 Méthodes statistiques
  - III - C - 3 - a Propriétés du 1<sup>e</sup> ordre
  - III - C - 3 - b Propriétés du 2<sup>e</sup> ordre
- III - D Description analytique de l'image
  - III - D - 1 Formalisme de description d'une grammaire
    - III - D - 1 - a Mode génératif
    - III - D - 1 - b Mode analytique
  - III - D - 2 Grammaire multidimensionnelle
    - III - D - 2 - a Les grammaires tableaux
    - III - D - 2 - b Les grammaires tête queue
  - III - D - 3 Grammaire linéaire
    - III - D - 3 - a Grammaire stochastique
    - III - D - 3 - b Grammaire de graphes
    - III - D - 3 - c Grammaire d'arbres

## DEUXIEME PARTIE

### GENERALITE

#### CHAPITRE IV : PROCESSEUR DE BALAYAGE

- IV - A Exemple de balayages
  - IV - A - 1 - a Réalisation de programmes de balayage
    - IV - A - 1 - a Balayage spiral
    - IV - A - 1 - b Balayage ordinaire ligne par ligne
  - IV - A - 2 Etude et définition du balayage
- IV - B Neuf cas de balayage
  - IV - B - 1 Mode simple
    - IV - B - 1 - a Balayage ordinaire
    - IV - B - 1 - b Mode pas à pas
    - IV - B - 1 - c Lecture d'une table

- IV - B - 1 - d Rayonnement polaire
- IV - B - 1 - e Survit de contours
- IV - B - 1 - f Balayage spirale
- IV - B - 1 - g Décomposition en tranches
- IV - B - 1 - h Décomposition en secteur
- IV - B - 2 Balayage composé
- IV - B - 2 - a Courbe maîtresse à pas constants
- IV - B - 2 - b Courbe maîtresse à pas variable
- IV - C Structure et schéma d'un balayage

## CHAPITRE V : MODES DE TRAITEMENT DE TABLEAUX

- V - A Les opérations locales
  - V - A - 1 Les opérations Monadiques
    - V - A - 1 - a Transformation linéaire
    - V - A - 1 - b Filtrage
  - V - A - 2 Opération diadique
    - V - A - 2 - a Même balayage
    - V - A - 2 - b Balayages différents
- V - B Opérations semis locales ou globales
  - V - B - 1 Niveau de gris
  - V - B - 2 Texture
  - V - B - 3 Recherche de domaines singuliers
    - V - B - 3 - a Extraction de niveau de gris
    - V - B - 3 - b Recherche d'un contour
    - V - B - 3 - c Reconnaissance de la fermeture d'un contour
    - V - B - 3 - d Recherche d'un puits ou d'un sommet de densité
    - V - B - 3 - e Correction suivant une courbe de gradient donné
  - V - B - 4 Recherche de paramètre significatif portant sur des figures géométriques
    - V - B - 4 - a Maxima - minima
    - V - B - 4 - b Calcul de longueur
    - V - B - 4 - c Calcul de surface
    - V - B - 4 - d Calcul de moments d'inertie
    - V - B - 4 - e Squelette
    - V - B - 4 - f Centre de gravité
    - V - B - 4 - g Rayon de courbure

- V - C - 5 Ensemble d'opérations portant sur des vecteurs singuliers
- V - C Agencement des différents éléments constituant le système
  - V - C - 1 Les mémoires
    - C - C - 1 - a Les mémoires de programme
    - V - C - 1 - b Les mémoire de tableaux
    - V - C - 1 - c Les mémoire de données
  - V - C - 2 Les processeurs
    - V - C - 2 - a Les processeurs de balayage
    - V - C - 2 - b Le processeur tableau
    - V - C - 2 - c Le processeur maître
- V - D Les organes d'entrée-sortie
  - V - D - 1 La caméra
  - V - D - 2 Une visu

Conclusion

## PRELIMINAIRE

-:-:-:-:-

La reconnaissance des formes planes, fussent-elles simples, est un domaine qui se veut, de par sa nature même, étendu et complexe.

Le traitement des images, qu'elles soient d'origine optique, sonore ou même plus abstraite englobe en effet toute une série de problèmes.

- acquisition de données par l'intermédiaire d'un capteur
- restauration, restructuration (déformations, parasites)
- contraste, cadrage, zoom
- analyse et traitement
- obtention d'un vecteur résultat
- adaptation de l'acquisition au vecteur acquis (cybernétiquement)

L'objet de cette étude n'est pas de surenchérir en apportant de nouvelles théories aux différentes formes de traitement déjà existantes, mais au contraire d'en dégager une architecture permettant leurs applications dans ces cas simplifiés.

Il est bon de préciser et de montrer le vaste domaine d'application d'un tel système

### \* dépouillement de photos

- aériennes
- spatiales (ressources terrestres, télécommunication)
- de chambres à bulles

### \* domaine biomédical

- aide au diagnostics automatiques
- élaboration de cariotype
- résolution de préparation en biologie

### \* domaine industriel

- traitement de coupes métallographiques
- cristallographie
- détection de pailles



- tri automatique d'objets sur pont roulant
- conduite d'unité et d'expériences industrielles
- conduite d'appareils d'analyse
- guidage d'engins spatiaux
- surveillance automatique de processus

\* lecture automatique

Ce domaine d'application étant particulier, il devra en effet faire appel à l'analyse syntaxico-sémantique du texte à déchiffrer si nous voulons un traitement de l'écriture courante avec un minimum de contraintes. L'écriture en lettre normalisées restant de toute évidence plus facile à manier (tri postal).

\* application militaire

- couverture de l'espace aérien de basse altitude par la détection d'objets volant à quelques dizaines de mètres et échappant ainsi à la couverture radar classique.

\* résolution de tableau de données

- mathématiques
- régulation d'un noeud routier

Cette liste n'est bien sûr pas limitative et ne signifie pas nécessairement des architectures différentes

En effet, souvent l'analyse d'une forme peut se décomposer en plusieurs niveaux :

- objets élémentaires
- objets composés
- objets complexes
- sémantique

exemple : parole

- fréquence niveau d'énergie par échantillons
- phonème
- mot
- phrases

Pour l'élaboration d'une telle configuration nous établirons donc deux principaux axes pour ce présent mémoire.

En premier lieu, nous dégagons les principales approches de reconnaissance de forces d'une manière aussi exhaustives que possible afin d'établir une synthèse d'idées prévalant à la description de la configurations du système informatique lié de fait à cette étude et constituant le deuxième volet de ce mémoire.

PREMIERE PARTIE

-----

ETUDE GENERALE ET DEMARCHES  
PRESIDENT A L'ELABORATION D'UN  
PROCESSEUR ET PLUS GENERALEMENT  
D'UNE ARCHITECTURE DE TRAITEMENT  
DE TABLEAU



# CHAPITRE 1

## INTRODUCTION

### ETUDE DES PHENOMENES LUMINEUX

#### I.A. ELEMENTS DE RADIOMETRIE

##### Rappel

Les ondes électromagnétiques sont formées de la superposition de rayonnements monochromatiques caractérisés par leur longueur d'onde  $\lambda$  ou leur période  $T$ .

Nous avons la relation  $\lambda = cT$  avec  $c$  constante de vitesse lumineuse 299 793 km/s

Une partie du spectre électromagnétique est visible à l'oeil nu, elle est comprise entre 0,4 et 0,8  $\mu\text{m}$ .

Tous ces rayonnements transportent une énergie qui sera la grandeur de base dans toute étude portant sur la radiométrie et en particulier sur les phénomènes lumineux.

#### PRINCIPALES GRANDEURS RADIOMETRIQUES

##### I.A.1. FLUX ENERGETIQUE

Soit dans un milieu homogène isotrope un point  $M$  d'une source et  $dS$  un élément de surface l'entourant.

Soit dans ce même milieu un point  $M'$  de l'espace et  $dS'$  un élément de surface l'entourant tel que

$$\overrightarrow{MM'} = D$$

- cherchons la puissance rayonnée par de S au travers de de S'

$$d^2_p = L dS \cos \alpha \frac{dS' \cdot \cos \alpha'}{D^2}$$

avec  $d^2_p$  : flux énergétique

$\alpha$  et  $\alpha'$  : angles des deux droites liants d S et dS'  
de M à M' aux normales de ces éléments de surface,

L : luminance au brillance

L ne dépend que de la source et de direction MM'

$$L = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L(\lambda) d\lambda \quad (\text{pour plusieurs longueurs d'onde})$$

#### I.A.2. INTENSITE D'UNE SOURCE

$$\text{Posons } \frac{dS' \cdot \cos \alpha'}{D^2} = dr \quad (\text{angle solide})$$

$$dI = \frac{d^2_p}{dr} = L dS \cos \alpha$$

$$dI_e = L dS \cos \alpha \quad \text{w/ stéradian}$$

#### I.A.3. RADIANCE ENERGETIQUE D'UNE SOURCE

$$R_e = \frac{dp}{dS} \quad \text{w/m}^2$$

#### I.A.4. ECLAIREMENT D'UN RECEPTEUR

$$dF = \frac{d^2_p}{dS} = L \frac{dS \cdot \cos \alpha}{D^2} \quad \cos \alpha' = L d r' \cos \alpha' \quad \text{w/m}^2$$

#### I.B. ELEMENTS DE PHOTOMETRIE

Les unités se définissent de la même manière que celles utilisées en radiométrie.

#### Principales grandeurs photométriques

##### I.B.1. FLUX LUMINEUX

$$\phi = K_o \int e(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda$$

(lumen)

avec :  $p(\lambda)$  flux énergétique

$c(\lambda) : \frac{dp}{d\lambda}$  spectrale

$L_0 = 685 \text{ lumen/W}$

### I.B.2. INTENSITE LUMINEUSE

$I = \frac{d\phi}{dr}$  en lumen/Stéradian (candela)

### I.B.3. RADIANCE (excitance)

C'est le rapport du flux lumineux total à sa surface

$R_i = \frac{d\phi}{dS}$  en lumen/m<sup>2</sup>

### I.B.4. ECLAIREMENT

C'est l'éclairement d'une surface  $dS$  qui reçoit le flux  $d\phi$

$F = \frac{d\phi}{dS}$  en lumen/m<sup>2</sup> (lux)

## CHAPITRE 2

---

### ETUDE DE CAPTEURS ET ANALYSE DE RESEAUX

#### II.A.- PERCEPTION VISUELLE

précisons tout d'abord que nous n'aborderons pas, dans ce paragraphe les phénomènes de vision des couleurs.

Rappelons qu'un oeil humain (P1) est composé d'une rétine sur laquelle arrive la lumière et qui comprend deux sortes de récepteurs suivant les niveaux d'illuminations .

##### II.A.α Les cônes

Ils sont près de 65 millions concentrés sur l'axe optique. Ils servent pour la vision diurne et les hauts niveaux d'illuminations c'est la vision photopique (il en existe de trois types pour la vision des couleurs).

##### II.A.β Les bâtonnets

Ils sont près de 100 millions. Ils servent à détecter les bas niveaux d'illumination c'est la vision dite scotopique. N'étant pas concentrés sur l'axe optique une meilleure perception est obtenue en ne regardant pas selon cet axe ces récepteurs transforment la lumière en influx nerveux jusqu'au cortex visuel.

On dénombre jusqu'à 800 000 fibres pour cent millions de récepteurs ce qui montre l'extraordinaire complexité du phénomène et notre vaste ignorance.

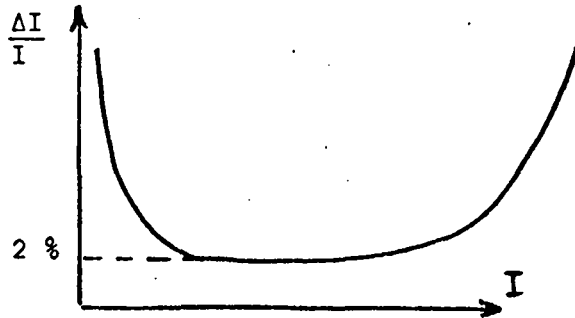
Il est néanmoins important de dégager certaines grandeurs si nous désirons obtenir une modélisation indispensable à la réalisation d'un système de traitement d'image.



### II.A.1 Sensibilité au contraste [P2]

La réponse de l'oeil à des changements d'intensité est nonlinéaire

Soit  $\frac{\Delta I}{I}$  la fraction de Weber.



On reconnaît l'aspect logarithmique des phénomènes naturels.

### II.A.2 Contraste simultané

Un gris moyen apparaîtra plus clair ou plus sombre suivant qu'il est entouré de noir ou de blanc.

Ce phénomène peut être expliqué par des interactions spatiales entre récepteurs rétiniens

### II.A.3 Bande de Mach

La figure [P2] montre les distributions en intensité de deux images test ainsi que la représentation de ce qui est réellement perçu par l'oeil. Là encore il y a interactions spatiales.

## II.B.- CAPTEURS

La résolution d'un problème de reconnaissance automatique des formes nécessite tout d'abord une représentation discrète des formes à traiter fournie à partir de paramètres physiques : c'est le rôle du capteur.

Plusieurs types de capteurs peuvent être proposés suivant la tâche à assumer.

Nous pouvons distinguer deux sortes de matériels.

Les systèmes à sources adressables.

Les systèmes à sources adressables sont des systèmes dans lesquels la source lumineuse et ponctuelle est adressée de façon séquentielle ou aléatoire (flying-spot).

Les systèmes non adressables

Ce sont des systèmes comme les caméras de télévision.

Ces appareils seront utilisés soit branchés sur une mémoire tampon (disque, bande magnétique) (off line), soit branchés directement sur le système (on line).

Toute image monochromatique peut être considérée comme une fonction continue de répartition d'éclairement sur un plan  $(ox,oy)$ . Il est alors nécessaire d'approcher cette fonction continue par des valeurs discrètes car un calculateur ne s'occupe que de nombres, et qu'un point est un niveau de gris.

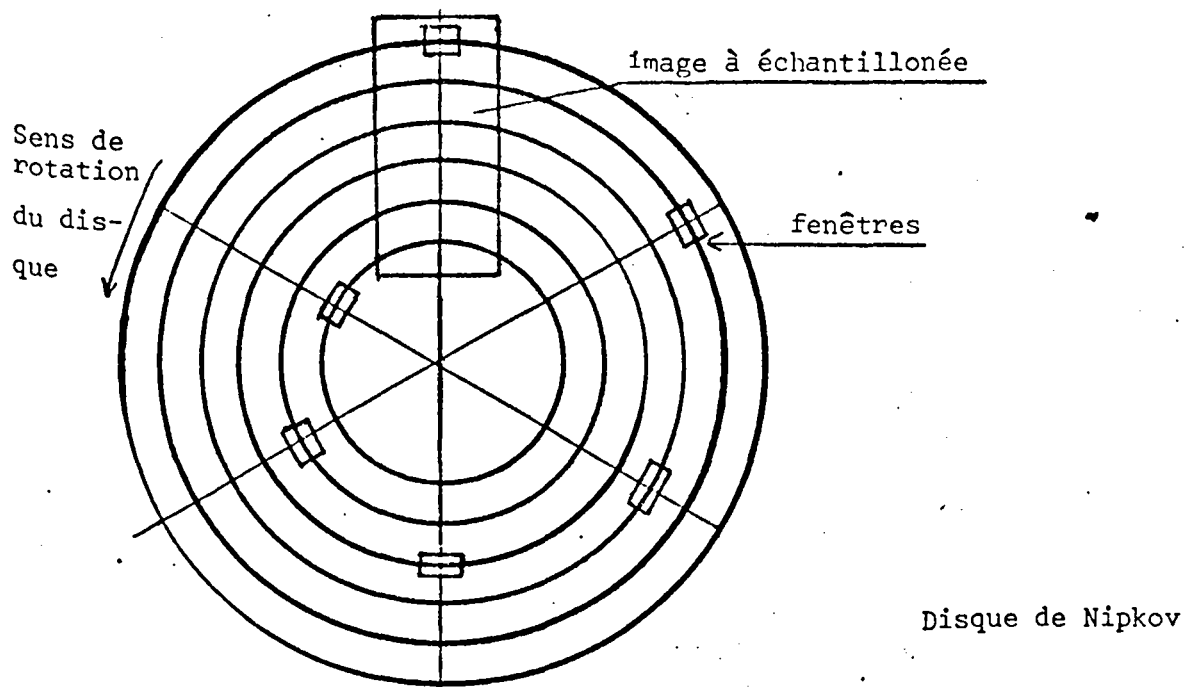
Le capteur sera donc défini par son nombre de niveau de gris et son nombre de points.

Passons en revue quelques différentes sortes de capteurs.

### II.B.1 Disque de Nipkov (1884)

C'est un procédé électromécanique de balayage d'une image au moyen d'un disque.

Chaque trou est sur un cercle. La différence entre deux rayons de deux cercles consécutifs constitue le pas de balayage.



Ce procédé a l'avantage d'être simple de conception et très peu coûteux pour les faibles définitions. Il nécessite l'emploi d'un capteur optique.

II.B.2. Flying spot

C'est un canon à électrons fournissant un faisceau. L'élément de l'image module ce faisceau qui après amplification est digitalisation fournit une valeur discrète  $A(x,y)$ . Il fonctionne en analyseur et synthétiseur.

II.B.3. Microdensitomètre

L'image est présente sous forme de dispositive et doit être en effet souple et transparente pour être enroulée sur un cylindre. Cette méthode n'offre que peu d'intérêt pour le système proposé.

II.B.4. Photodiodes

Ce sont des mosaïques à balayage intégrés. Ces matrices n'offrent pas de distances géométriques. Il en existe maintenant une gamme très complète mais coûtent encore chères et présentent de fortes dispersions.

Un des objectifs recherchés est un traitement rapide de l'information. L'introduction d'un tableau de grande dimension  $2048 \times 2048$  (format télé) sur près de 256 niveaux de gris sont à priori éliminés à cause du trop grand nombre d'informations à traiter ce qui nécessiterai un temps de traitement trop important et un matériel trop coûteux.

Nous nous cantonnerons donc à une structure plus légère pour qu'un résultat puisse être établi en temps réel (quelques secondes). Un réseau  $n \times n$  avec  $n^2$  relativement petit limite à  $n^2$  voisin de mille sera donc suffisant.

Ce réseau pourra être obtenu soit à l'aide d'un réseau de photodiodes intégrés (LSI) qui fournira une information qui sera digitalisée sur quelques bits soit par l'introduction directe manuelle ou programmée de valeurs par l'intermédiaire d'une console.

Un tel capteur pourra être asservi suivant les traits de gris de liberté plus un zoom éventuel permettant une meilleure approche de l'objet à étudier.

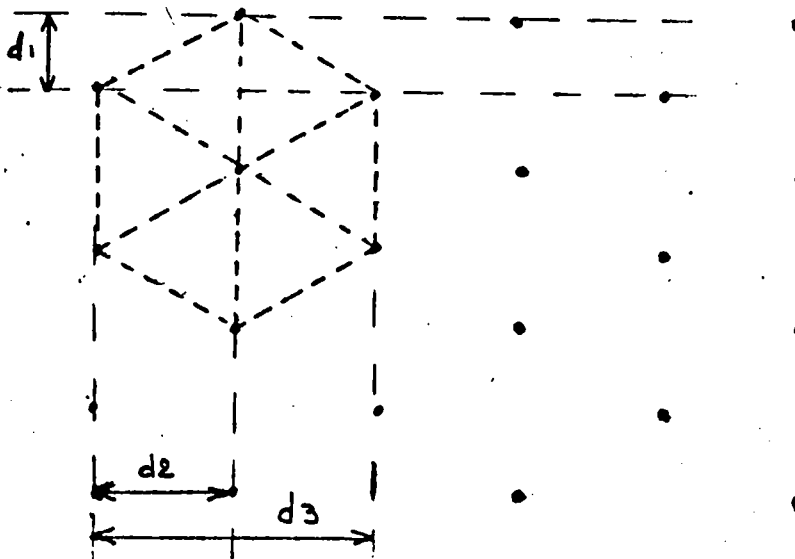
## II.C. Influence du capteur. Analyse des différents réseaux :

Le capteur, qu'il soit constitué d'un réseau matriciel de photodiodes ou par un quelconque autre procédé, définir un type de problème qu'il faudra résoudre du fait même de sa constitution.

Plusieurs cas peuvent se présenter

### II.C1. Maille hexagonale

C'est un réseau dont chaque point est au centre d'un hexagonal.





Nous pouvons constater, au passage, qu'il peut être réalisé au moyen de deux réseaux rectangulaires

de trame  $d_3$

de chaîne  $2d_1$

est translattés horizontalement l'une par rapport à l'autre de  $d_2$ .

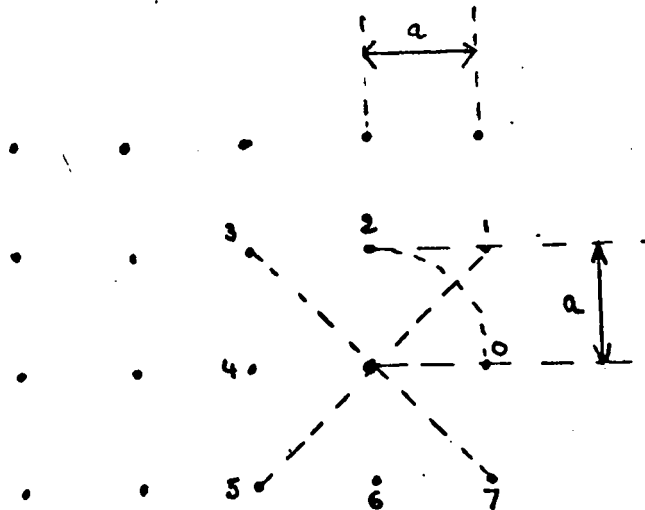
Un tel réseau à l'avantage de permettre et d'obtenir des rotations sans déformations pour des angles de  $60^\circ$ ,  $120^\circ$ ...

Nous avons donc une déformation maximale pour  $30^\circ = \frac{60^\circ}{2}$

### II.C.2. Maille carrée

C'est un réseau matricielle carré chaque point à huit voisins divisés en 2 catégories les pairs et les impairs

La trame et la chaîne du réseau ont les mêmes côtés  $a$



Ce réseau peut être obtenu grâce à 2 réseaux rectangulaires imbriqués.

Si le groupe des points pairs est à  $a$  du centre  
le groupe des points impairs est à  $a\sqrt{2}$  du centre.

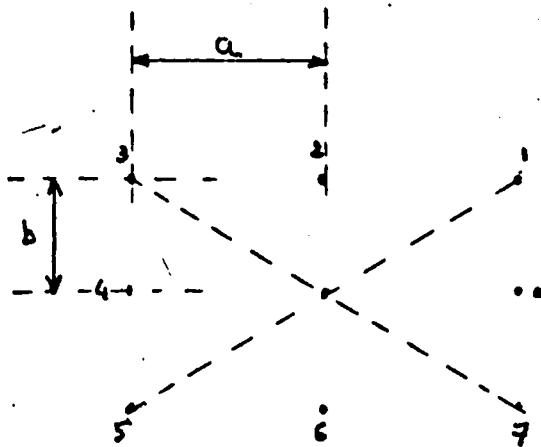
Les rotations obtenues sans déformation sont au nombre de 4 par  
tous.

$90^\circ, 180^\circ, \dots$

### II.C.3. Maille rectangulaire

C'est celle qui est le plus fréquemment rencontrée (télévision)  
chaque point est entouré de 8 voisines.

Soit  $a$  la trame  
soit  $b$  la chaîne



Nous avons trois groupes de points

ceux d'une distance  $a$  du centre  $\{0,4\}$

ceux d'une distance  $b$  du centre  $\{2,6\}$

ceux d'une distance  $\sqrt{a^2 + b^2}$  du centre  $\{1,3,5,7\}$

La relation minimum. Ses déformations est de  $180^\circ.. 360^\circ$

## CHAPITRE III

### III.A. TRAITEMENT EN VUE D'UNE AMELIORATION DU TABLEAU ENREGISTRE

#### Préambule :

L'amélioration d'un tableau a essentiellement pour but d'accentuer les éléments importants ou de les normaliser en vue d'un traitement. C'est en quelque sorte une préparation à l'analyse qui en sera faite ultérieurement.

Deux voies principales peuvent aider à une meilleure compréhension de l'image.

#### III.A.1. Etude du contraste

Souvent une image possède un mauvais contraste qui, se situant au niveau du capteur provient en général d'une réduction par une opération non linéaire de la dynamique de la luminance.

Un remède consiste à appliquer en chaque point une fraction de transfert  $H(x,u)$  dépendant de la nature du capteur utilisé.

#### III.A.2. Etude de la luminance

Dans un tableau, chaque point possède un niveau de gris donné. Le problème consiste, afin d'éclaircir les zones sombres et de mettre en relief les zones claires, à faire varier suivant un algorithme qui restera, en toute hypothèse, le choix de l'utilisateur, l'hystogramme de répartition. Le choix de cet algorithme permettra d'une part une meilleure appréciation visuelle de l'image, et d'autre part une aide supplémentaire lors de la comparaison d'images.

Il est bien entendu que ces méthodes d'améliorations n'ajoutent rien au nombre d'informations contenues dans le tableau mais constituent une sorte de normalisation de l'image à analyser.

Nous n'étudierons pas les problèmes que se posent le bruit dû aux erreurs de transmission, au gain photographique etc.... Les solutions à ces problèmes étant plus lourdes à porter : méthode de Wiener, méthode du masque, débruitant, filtrage de la médiane.

### III.A.1. Etude du contraste

Ce mode d'amélioration a pour but d'accentuer les contours des objets examinés. (ce que l'homme a tendance à effectuer par l'intermédiaire de ses yeux voir chapitre II. capteurs).

Deux sortes de traitements sont à considérer dans ce paragraphe :

- a) le traitement global des images.
- b) le traitement local des images

#### III.A.1.a. Traitement global

Soit  $g(x,y)$  le niveau de gris avant traitement au point  $(x,y)$

Soit  $\hat{g}(x,y)$  le niveau de gris après traitement au point  $(x,y)$

4 méthodes.

##### III.A.1.a.1. Traitement de Fourier

Réalisons un filtrage spatial au moyen d'une fonction de transfert  $H(\omega_x, \omega_y)$  sur la transformée de Fourier de  $G(x,y)$  soit  $G(\omega_x, \omega_y)$

Nous obtenons :

$$\hat{G}(\omega_x, \omega_y) \quad \hat{G}(\omega_x, \omega_y)$$

La transformée de Fourier est une transformée globale en ce sens qu'elle prend en considération toute l'image, si une composante de fréquence est multipliée par un certain facteur de gain cette composante est renforcée dans toute l'image.

##### III.A.1.a. 2. Décomposition en valeurs singulières

Si le même facteur gain est appliqué à une valeur propre dans le domaine de décomposition en valeur singulière, le renforcement de contraste ne se produira que là où la valeur propre est la plus concentrée.



### III.A.1.a.3. Pondération linéaire

Soit  $[G]$  la représentation matricielle d'une image  $[G]$  peut être représentée par les matrices orthonormales  $[u]$  et  $[V]$  /

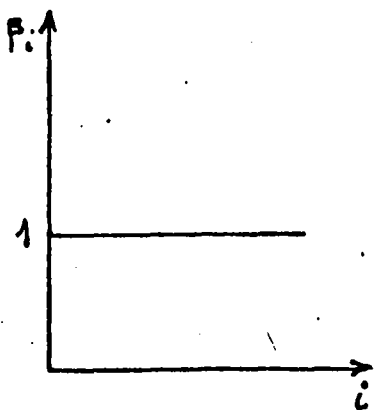
$$[G] = [u] [\Lambda]^{1/2} [V]^t$$

$[\Lambda]$  étant la matrice des valeurs propres associée à  $[G]$

$$[G] = [u, \dots, u_n] [\Lambda]^{1/2} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n^t \end{bmatrix}$$

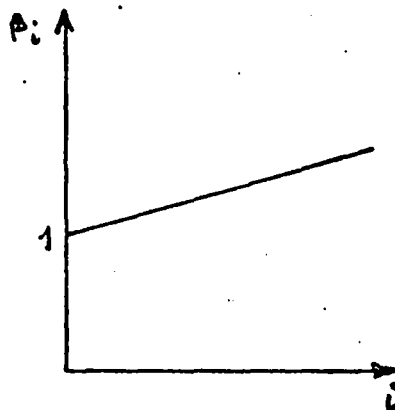
La pondération linéaire fait intervenir un coefficient  $\beta$  tel que :

$$[\hat{G}] = \sum_{i=1}^k \beta_i \lambda_i^{1/2} u_i v_i^t$$



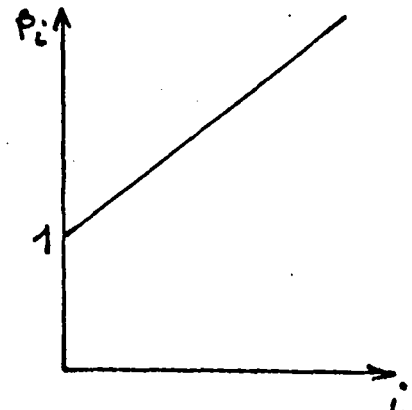
Pente = 0

aucune amélioration



Pente = 1

faible renforcement



Pente = 1 000

renfort important

### III.A.1.a.4. La pondération peut ne pas être linéaire.

$$\alpha) \quad [\hat{G}_\alpha] = \sum_{i=1}^k \lambda_i^{\alpha/2} u_i v_i^t$$

cette formule est utilisée comme filtre passe bas et passe haut.

$\alpha > 1$  images propres des valeurs propres claires dominant

$\alpha < 1$  images propres des valeurs propres sombres dominant

$\alpha = 0$  images pondérées également

$\beta)$  appliquant la pondération à la transformée de Fourier les coefficients sont amplifiés non linéairement

$$\hat{G}(\omega_x, \omega_y) = |G(\omega_x, \omega_y)|^\alpha \exp J(\omega_x, \omega_y)$$

$0 < \alpha < 2$

$\alpha = 0$  filtre passe haut.

Ces méthodes de traitement globales sont lourdes à manier. En effet tous ces traitements font intervenir des tableaux de la dimension de l'image, soit rappelons le  $n^2 \neq 1\ 000$ . Un des objectifs étant la réalisation d'un système travaillant en temps réel de telles méthodes peuvent difficilement être implantées. On leur préférera les traitements suivants.

### III.A.1.b. Traitement locaux

2 solutions :

#### III.A.1.b.1 Le filtre de Tukey (valeur médiane)

Soit une fenêtre de points à l'intérieur du tableau encadrant le point (x,y). Classons les et remplaçons la valeur du point en (x,y) par la valeur médiane.

Cette méthode a l'avantage d'éliminer les points isolés de poids fort.

#### III.A.1.b.2. Méthode du gradient.

Cette méthode permet de détecter les frontières (hautes fréquences) ou leur absence (basse fréquence) plusieurs normes peuvent être prises en considération. suivant le type de fenêtre envisagée.

Voici quelques exemples

a) fenêtre 2 X 2

a	b
c	d

$$V_{g_a} = (a-d)^2 + (b-c)^2$$

$$V_{g_a} = |a-b| + |c-d|$$

β) fenêtre 3 X 3

a	b	c
d	e	f
g	h	i

$$N_1 = (c+2f+1) - (a+2d+g)$$

$$N_2 = (g+2h+i) - (a+2b+c)$$

$$V_{g_e} = N_1^2 + N_2^1$$

$$V_{g_e} = |N_1| + |N_2|$$

argument étant bien entendu déterminé par  $\text{tg} \theta = \frac{N_1}{N_2}$

D'autres méthodes font intervenir la corrélation de masques

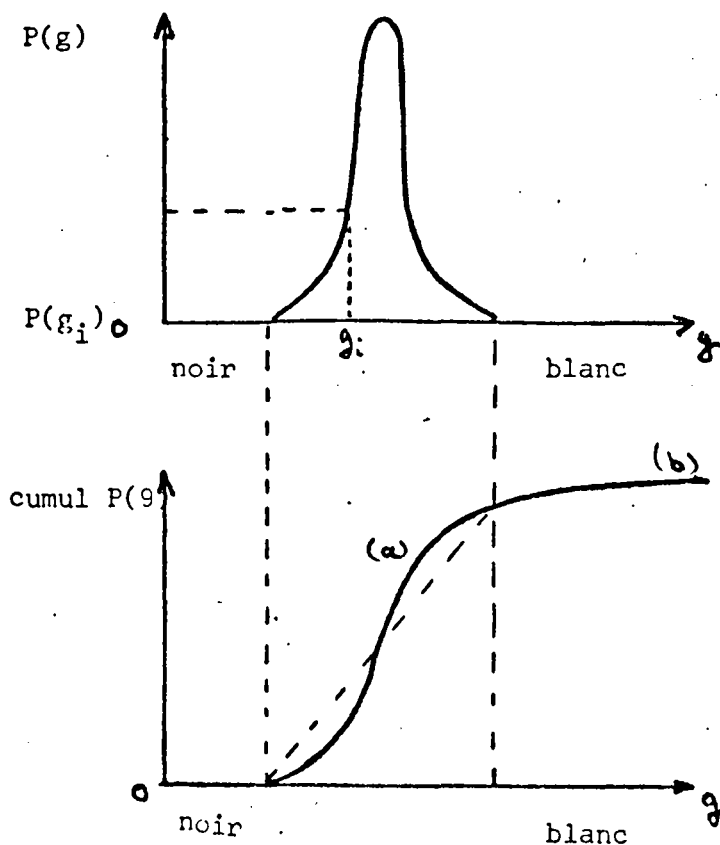
### III.A.2. Modification par la luminance

Ce sont des opérations généralement non linéaires, portant sur l'intensité lumineuse des points du tableau, destinés à mieux répartir les gris.

Nous utiliserons comme au paragraphe précédent le symbole  $g$  pour indiquer le niveau de gris.

#### III.A.2.a. Recadrage de la dynamique

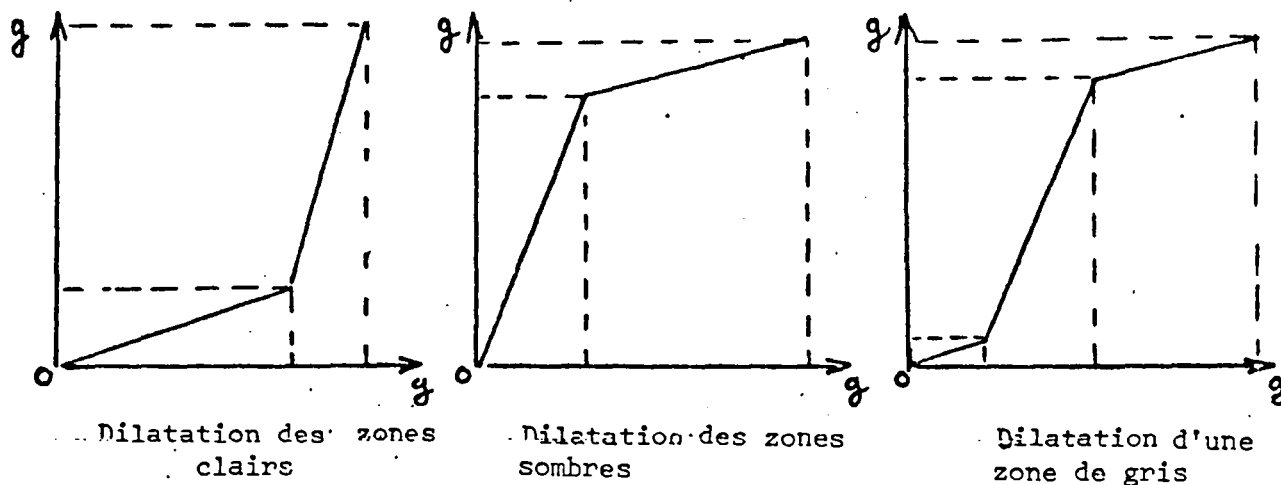
Soit  $P(g_i)$  le nombre de points de niveau de gris  $g_i$  nous obtenons



Une image à bon contraste visuel est obtenue en modifiant la courbe (a) pour obtenir un graphe rectiligne (b) (voir plus loin modifications d'hystogramme).

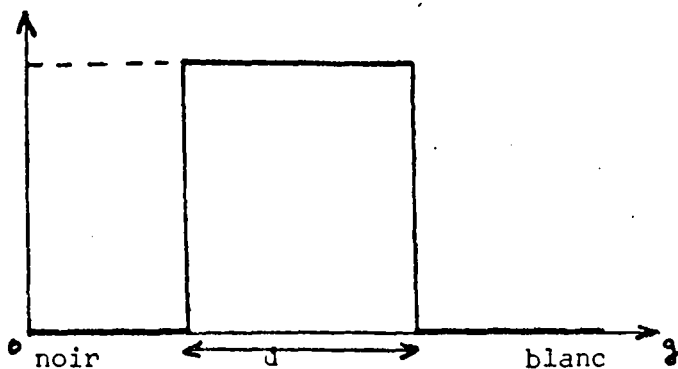
### III.A.2.b. Modification du contraste (loupe dynamique)

Trois options principales peuvent être envisagées a priori



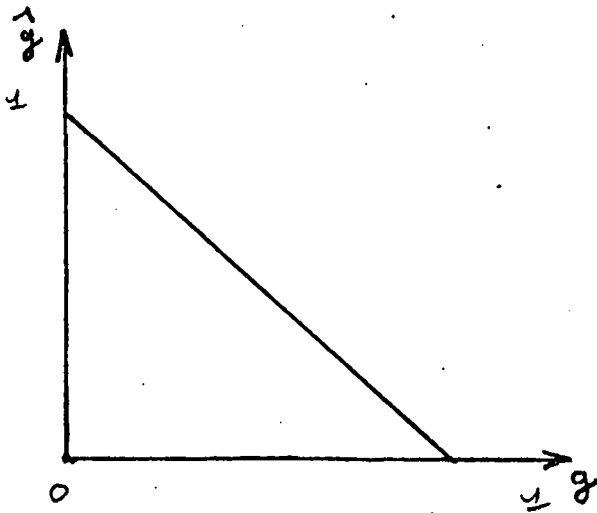
Ces trois cas ne sont pas l'imitatifs mais peuvent faire l'objet d'une base de modification à apporter à une image. Nous pouvons avoir en effet.:

#### III.A.2.b.1. Extraction d'une fenêtre d'intensité ou d'une intensité sur fond noir (resp. blanc) par exemple



### III.A.2.b.2.β. Inversion dynamique d'une image

Soit plus clairement image négative.

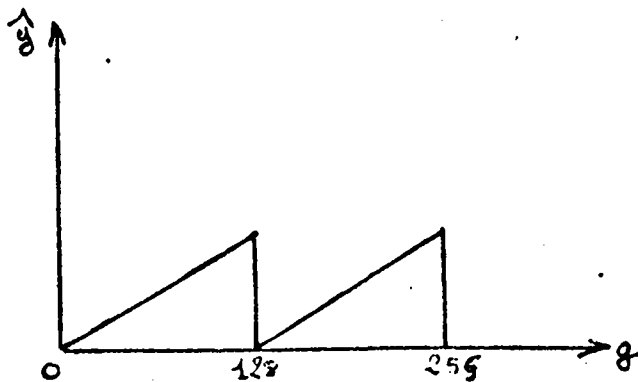


### III.A.2.c. Méthode des bits de poids forts

C'est une méthode qui permet de faire apparaître des lignes d'isodensité nous avons les diagrammes suivants. Nous avons pour des mots de huit bits.

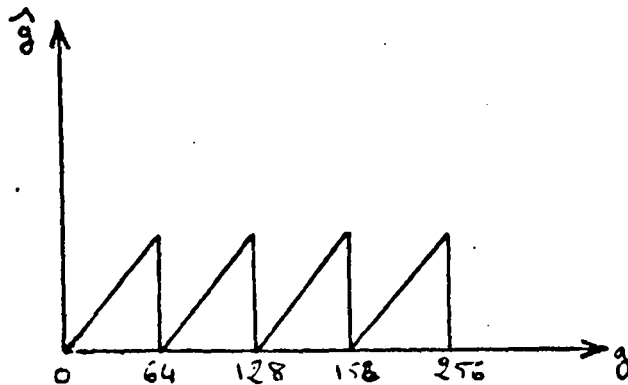
1) Pour 1 bit

a)



2) Pour 2 bits

b)



### III.A.2.d. Méthodes des histogrammes

Nous avons vu en a) qu'un bon contraste visuel peut être obtenu pour une courbe cumul linéaire l'objet de ce paragraphe est de faire l'étude des histogrammes.

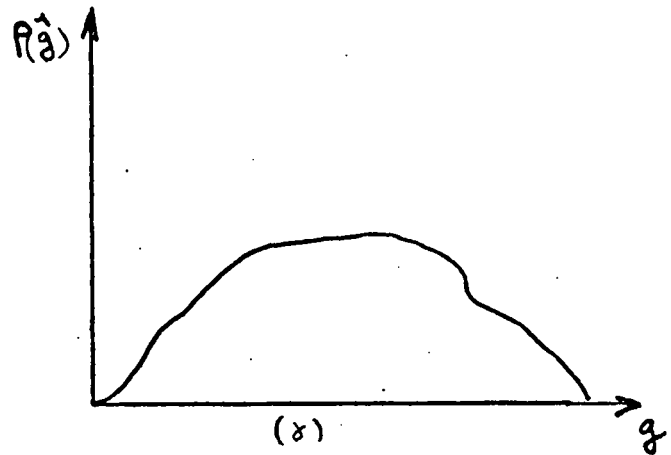
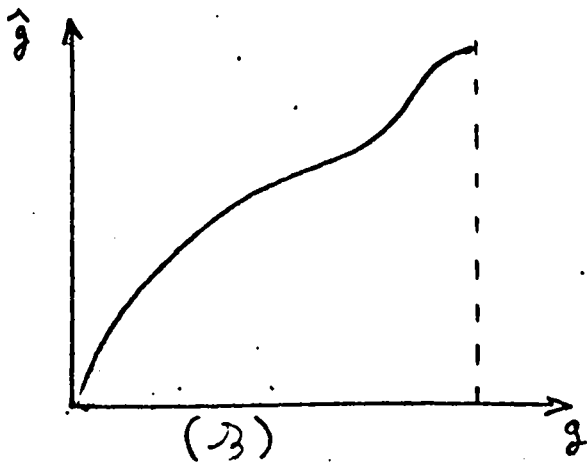
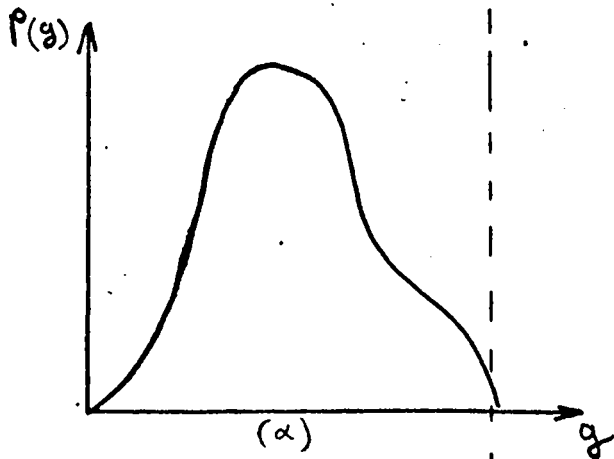
Le but à atteindre est d'obtenir un histogramme de répartition de niveau de gris aussi plat que possible cela permet d'augmenter la clarté de l'image par un choix plus judicieux des intensités relatives choix qui restera du domaine de l'utilisateur.

\* Citons néanmoins la méthode des cumuls qui permet de s'approcher au plus d'une distribution uniforme.

α) soit une fonction de répartition  $P(g)$

β) faites la transformation  $I : g \rightarrow \hat{g} = \int_0^g p(g) dg$

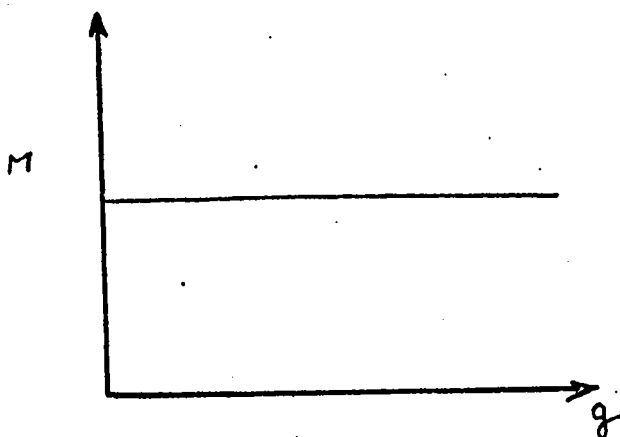
γ) nous obtenons  $p(\hat{g})$



Ce traitement n'aboutit pas à un histogramme plat (courbe  $\gamma$ ) mais s'en approche. On est souvent amené à partager en classe les différents niveaux de gris et à les répartir suivant une recette que l'utilisateur définira chaque classe devra avoir une hauteur  $M$ .

$$M = \frac{\text{nombre de points de l'image } N_1 \times N_2}{\text{nombre de niveau de gris}}$$

avec  $N_1 \times N_2 \neq 1\ 000$ .





Ces algorithmes regroupe les classes à faible population et étale les classes à fort effectif d'où mise en évidence de détails.

### III.A.2.e. Correction pour l'oeil

"L'image doit être modifiée de façon que deux niveaux de gris voisins juste discernable à l'oeil correspondent d'un écart de valeur numérique constant"

### III.B. Analyse d'image

Il nous faut maintenant distinguer parmi le champ de valeurs obtenue celles qui se rattachent à la forme étudiée de celles qui ne s'y rattachent pas. C'est la segmentation de l'image c'est un problème parfois relativement simple par exemple pour l'élaboration d'un cariotype (sur un fond clair nous avons des chromosomes sombres. Soit  $N$  le niveau de gris au point considéré.

Deux possibilités s'offrent  $N \geq K$  : le point appartient au chromosomes

$N < K$  : le point appartient au milieu )

En fait le problème est plus souvent complexe car il faut faire intervenir le contexte. Ce problème se rattache à celui de l'attribution de la forme inconnue à l'une des classes d'une partition donnée.

Si un vocable est associé à chacune des classes de la partition, la forme se trouve désignée par celui de ces vocables qui est associé à sa classe d'affectation.

L'analyse d'image consiste, non pas comme au paragraphe précédent à restructurer l'information, mais à en extraire des informations significatives de telle sorte que le produit final ne soit pas, en général, une image mais, soit un vecteur de décision, soit une modélisation abstraite.

L'analyse d'image nécessite plusieurs étapes :

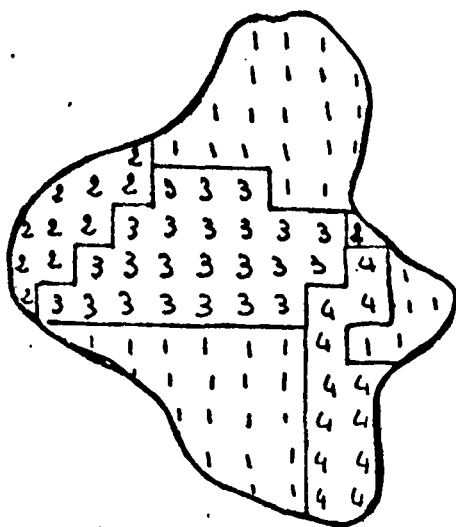
- premièrement une décomposition en "régions"
- deuxièmement et éventuellement une décomposition en sous-régions
- troisièmement extraire certaines primitives qui permettront une description des formes à analyser.

### III.B.1. Décomposition en Régions

#### III.B.1.a. Définition

Nous adopterons pour "régions" sa définition la plus intuitive une région sera un domaine strictement connexe (sous-ensemble de taille maximale tel que 2 points quelconques puissent être reliés par un chemin de points appartenant au même sous ensemble) ce dernier critère pouvant éventuellement faire l'objet de modification)

exemple



Dans cette figure il existe six régions.

#### III.B.1.b. Choix d'un seuil

Le choix d'un seuil de niveau de gris  $t$  sera déterminant pour la décomposition de l'image en régions

Un point  $(x,y)$  de niveau  $g(x,y)$  appartiendra à une région si :

$$t_1 < g(x,y) < t_2$$

alors nous donnerons une valeur au point  $(x,y)$ ,  $I(x,y)$

$$I : g(x,y)$$

$$I[g(x,y)]$$

$$* t_1 < g(x,y) < t_2$$

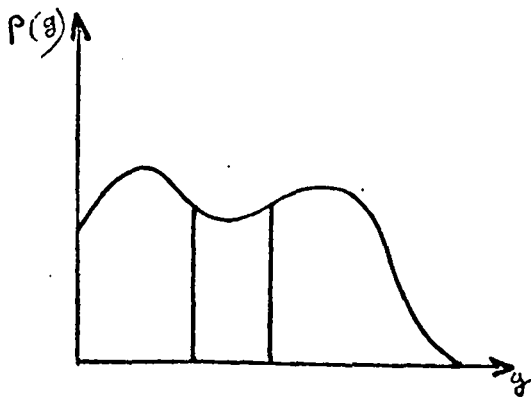
$I$  : soit application identité  
soit application constante

$$* t_2 < g(x,y) \\ \text{en } t_1 > g(x,y)$$

$I$  application constante  
pourront être nulles

### III.B.1.c. Analyse des histogrammes pour la détermination du seuil

α) Si la zone à extraire a une bande de niveau de gris différente du reste de l'image, pour un histogramme présentant des crêtes et des vallées on peut choisir le seuil au creux de la vallée encadrée par des pics.



β) Si l'on connaît la surface de la région à extraire on choisit  $t$  tel que  $g(x,y) > t$  ne dépasse pas une proportion  $p$  de l'image.

### III.B.1.d. Fusion de Régions

Il existe un certain nombre de méthodes permettant la réunion de régions partagées

- \* soit 2 régions de niveau de gris  $g_1$   $g_2$   
de périmètre  $p_1$   $p_2$   
de périmètre commun  $M$

une condition de réunion peut être :  $\max \frac{M}{p_1}, \frac{M}{p_2} \geq t..$

- \* Soit deux régions de Variance  $V_1$   $V_2$   
Moyenne  $\bar{g}_1$   $\bar{g}_2$ . Soit les niveaux de gris  
une condition de réunion peut être  $V_1 \neq V_2 ; \bar{g}_1 \neq \bar{g}_2$

### III.B.2. propriétés caractéristiques d'une zone

#### III.B.2.a. Propriété métriques et topologiques (rappel)

- \* le nombre de trous dans une figure est inférieur, de 1 au nombre de composantes connexes dans le complément de la figure.

$S - A + F = C - H = E$   
 S = nombre d'angles au sommet  
 A = nombre d'arrêtes  
 F = nombre de faces  
 C = nombre de composants connexes  
 H nombre de trous  
 E nombre d'Euler

\* On pourra citer :

- la distance euclidienne :

$$d [(x_1, y_1), (x_2, y_2)] = [(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2]^{1/2}$$

- la distance maximum

$$d [(x_1, y_1), (x_2, y_2)] = \text{Max} [(i-j) + (k-1)]$$

- distance valeur absolue

$$d [(x_1, y_1), (x_2, y_2)] = |x_2 - x_1| + |y_2 - y_1|$$

### III.B.2.b. Détéction des lignes

Parmi les formes élémentaires recherchées, il en existe un grand nombre qui possèdent et sont caractérisées par des contours ou des arêtes d'orientation et de groupement différent. Ce sont ces motifs qui constituent la base d'identité recherchée

Analysons les différentes méthodes de détection

#### III.B.2.b.1. Méthode des masques

Un masque est créé par la forme du contours à rechercher et aussi de sa taille. Ce masque est promené dans la région où le motif est supposé se trouver. A chaque position une corrélation est effectuée entre l'image source et le masque suivant le résultat trouvé l'on peut conclure à une probabilité de présence du trait recherché.

### III.B.2.b.2. Méthode de la transformée de Walsh-Hadamard

Comme indiqué ci-dessus la transformée de Walsh Hadamard est une méthode lourde et coûteuse en temps C.p.u.

Soit  $g$  l'image  $F$  sa transformée par  $W$

$$F = W g W$$

\* Pour la détection des verticales nous avons :

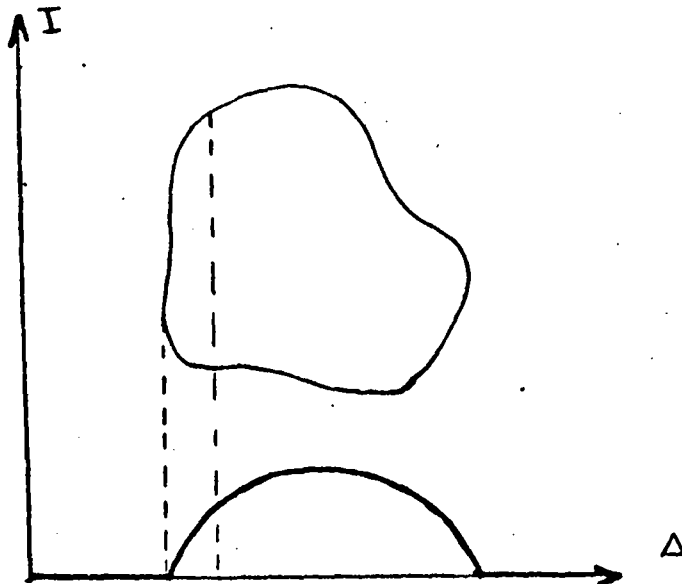
$$G_v = \Delta F = \Delta W g W W$$

sur le tableau obtenu  $g_v$  les points non situés sur une verticale sont désaccents.

On peut faire ainsi varier l'angle de la droite recherchée.

### III.B.2.b.3 Diagramme de densité

- Prenons une direction de recherche  $\Delta$
- Découpons la forme à analyser en tranches d'épaisseur constante et de direction  $\Delta$
- Pour chaque tranche créons une courbe représentant le nombre des points d'un niveau de gris donné
- Faisons varier  $\Delta$



Remarques :

(1) pour une direction  $\Delta$  quelconque il faut tenir compte de la forme du réseau  $N_1 \times N_2$  pour éviter des phénomènes de surpeuplement.

### III.B.2.c. Méthode de squelettisation

Définition : (Blum 1964)

"Le squelette d'une forme  $F$  est la structure la plus simple possible permettant de décrire les propriétés géométriques et /ou topologiques de la forme  $F$ ".

Deux méthodes de squelettisation sont à considérer.

#### III.B.2.c.1. Le pelage

Cette méthode consistera à enlever d'une façon itérative les points de la frontière de la forme sauf ceux qui appartiennent à l'axe médian (Médial Axis) au moyen généralement de fonctions booléennes.

Avantage : conservation de la topologie et donc de la connexité.

Inconvénient : perte d'informations puisqu'il est impossible de reconstituer une forme à partir du squelette.

#### III.B.2.c.2 Méthode Métrique

Même méthode que précédemment mais emploie de fonctions métriques.

Avantage : pas de perte d'information, restructurable

Inconvénient : ne respecte pas la connexité, ni les rotations (distance euclidienne)

Remarque : nous pouvons classer dans cette catégorie une méthode par tests locaux de la connexité sur les voisinages variables. Cette méthode passe de les propriétés d'être à la fois topologique (connexité conservée) et inversible.

### III.B.2.d. Contours

Il est très facile d'obtenir un contour d'une forme digitalisée

#### III.B.2.d.1. Méthode du gradient (voir plus haut)

#### III.B.2.d.2. Emploi d'un "ou exclusif" sur une maille de l'image $n_1 \times n_2$

La méthode des contours est particulièrement intéressante lorsqu'il est possible d'approximer des formes simples par des polygones (inscrits ou exinscrits) d'un petit nombre de côtés.

Les formes réduites à des polygones peuvent ainsi être comparées à une forme référencée.

### III.C. ETUDE DE LA TEXTURE

Définition : La texture d'une région ou sous-région d'une image est l'agencement dans ce domaine des différents niveaux de gris!

Il existe trois principales classes de méthodes d'analyses :

1. La méthode matricielle (transformée de Fourier, Walsh Hadamard)
2. Les transformations ponctuelles
3. La méthode statistique

#### III.C.1. La méthode des matricielles

Rappelons brièvement, car leurs applications bien que donnant des résultats précis et riches n'en constituent pas moins des solutions souvent lourdes d'implantation et longues à la résolution. Elle ne correspondent donc pas tout-à-fait à l'objectifs de simplicité et de rapidité recherchées.

##### III.C.1.a. La transformée de Fourier

###### III.C.1.a.1. Rappels

Soit un tableau carré de dimension  $p \times p$  la transformée de Fourier est donnée par

$$F(f_x, f_y) = \frac{1}{p^2} \sum_{x=0}^{p-1} \sum_{y=0}^{p-1} y(x,y) e^{-2i\pi[f_x x + f_y y]/p}$$

avec

$g(x,y)$  valeur de gris au point de coordonnée  $(x,y)$

$f_x$  fréquence selon  $x$

$f_y$  fréquence selon  $y$

La transformée d'une image plane fournit un nombre complexe. L'étude de son module et de son argument fournira un certain nombre de paramètres qualifiant la texture de l'image



- Son module fournira le spectre de puissance

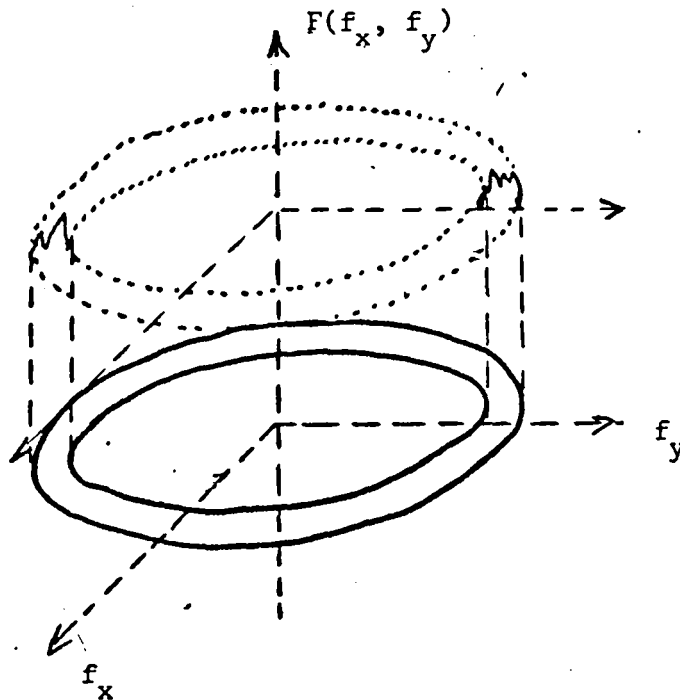
$$p [f_x, f_y] = | F (f_x, f_y) |^2$$

- Son argument le spectre de phase

$$\phi [f_x, f_y] = [F_F(f_x, f_y) + F_R = (f_x, f_y)]$$

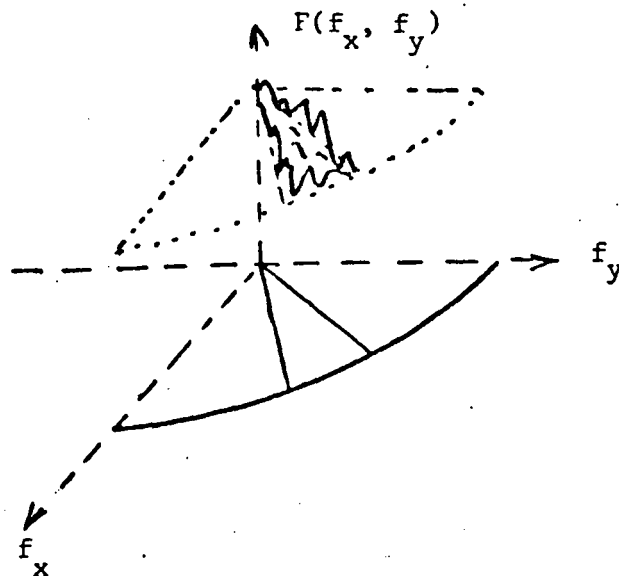
III.C.2.a.2. L'échantillonnage du spectre de puissance permet d'extraire certaines propriétés de texture.

a) Echantillonnage circulaire.



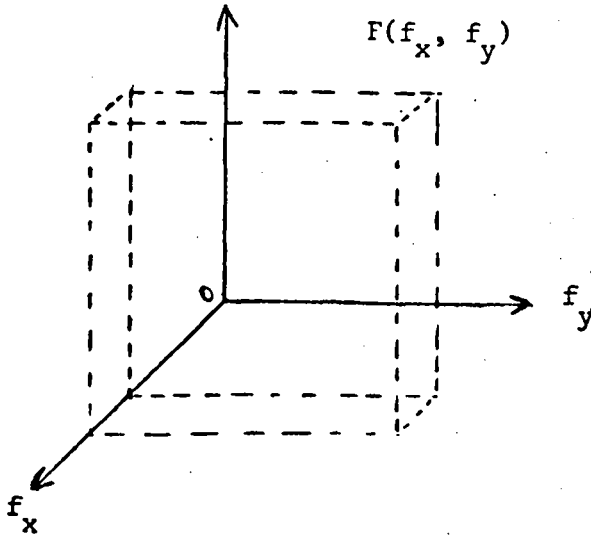
Dans chaque couronne du plan de Fourier il existe une certaine énergie dont l'étude rend compte du mode de répartition des fréquences spatiales et donc de leur répartition.

b) Echantillonnage angulaire



L'énergie contenue dans un secteur rend compte de la régularité de l'image dans une direction donnée. Ce qui permet de distinguer les directions privilégiées.

γ) Echantillonnage linéaire



A l'intérieur de deux bords de fréquence parallèle on annule l'énergie ce qui permet de distinguer de la régularité mono-dimensionnelle, la régularité bidimensionnelle (surface).

N.B. \* le squelette de puissance est invariant en translation mais pas en rotation.

\* la directivité de la texture est préservée

\* le spectre de phase n'est pas invariant en translation et renseigne donc sur les positions relatives de la fenêtre d'analyse et du motif de texture.

En coordonnée polaires

$$P_{\sigma}(p) = \int_0^{2H} p(\rho, \sigma) \, d\sigma \quad \text{composante radiale}$$

$$P_{\rho}(\sigma) = \int_0^{\infty} P(\rho, \sigma) \, d\rho \quad \text{composante angulaire}$$

une composante angulaire sans pics significatifs traduit une texture non directe ; une composante angulaire avec 2 pics significatifs revête une texture bi-directionnelle (rappelons qu'un pic significatif si son aptitude est supérieure à la moyenne de  $p_{\rho}(\sigma)$  plus une fois et demi l'écart-type).

Si la texture est non directive, nous devons examiner la composante radiale  $P_{\sigma}(P)$  :

\* composante plate  
la texture est dite "poivre et sel".

\* composante chargée en pic  
la texture est dite "granuléuse".

\* composante plate avec un pic eu  $p = 0$   
nous avons une texture lisse.

### III.C.1.b. TRANSFORMATION DE WALSH-HADAMAR

La transformation d'un bloc de huit point échantillons sur une ligne donne un autre bloc de terme générique  $A_K$  avec  $K$  appartenant à l'ensemble des entiers naturels compris entre 0 et 7.

α) la valeur de  $K$  détermine certaines caractéristiques sur la position de l'objet à l'intérieur de d'un voisinage.

β) l'amplitude de  $A$  détermine la forme et la taille de l'objet

γ) les translations et symétries se traduisent par certaines corrélation de propriété au niveau des blocs obtenus.

### III.C.2. OPERATEURS LIANTS UNE PROPRIETE LOCALE D'UNE IMAGE ET SA REPRESENTATION DISCRETE

Ici il ne s'agit pas de représenter chaque voisinage sur la base de fonctions orthogonales en minimisant la perte des informations mais d'évaluer quantitativement et localement un attribut de texture à l'aide de moyennes, gradients Laplaciens.

#### III.C.2.a. Introduction

Considérons les 2 fonctions :

$$F : I(x,y) \quad I'(x,y)$$

F est une fonction qui à tout point (x,y) d'une image de niveau de gris au point à comme valeur I (x,y), associe une valeur I' (x,y) représentative de la valeur totale des niveaux de gris au voisinage de ce point.

si  $I(x,y) = I'(x,y)$  l'opération est dite ponctuelle

$$q: (x,y) \rightarrow q(x,y)$$

q est une fonction appelée masque qui est telle que  $q(0,0)$  soit une valeur maximale et maximum unique.

Si l'image a pour cote

$$-n \leq x \leq +n$$

$$-m \leq y \leq +m$$

Nous pouvons donner à  $I'(x,y)$  une valeur  $m'(i,s)$  dans un espace ponctuel : si  $i \in N$  et  $j \in N$

$$m'(i,s) = \sum_{k=-n}^{+n} \sum_{l=-m}^{+m} q_{k,l} m_{i,k,j+l}$$

### III.C.2.b. OPERATEUR GRADIENT

III.C.2.1.a. par définition nous avons

$$\vec{\text{grad}} I = \frac{\partial I}{\partial x} \vec{i}_x + \frac{\partial I}{\partial y} \vec{i}_y$$

$$\text{avec } \text{tg } \sigma = \frac{\partial I}{\partial y} / \frac{\partial I}{\partial x}$$

$$\text{et } |P|^2 = \left| \frac{\partial I}{\partial y} \right|^2 + \left| \frac{\partial I}{\partial x} \right|^2$$

Soit  $P_{ij}$  un point quelconque de la représentation discrète de l'image.

Soit P l'ensemble des points les plus proches de P(i,j)

$$P = \{P_{i-j, j-i}; P_{i-j, j}; P_{i+1, j-1}; P_{i, j-1}; P_{i, j+1}; \\ P_{i+1, j-1}; P_{i+1, j}; P_{i+1, j+1}\}$$

sur un réseau rectangulaire il existe huit directions notées de 0 à 7.

Nous pouvons chercher pour chaque point de la représentation discrète, en utilisant les masques appropriés, la direction la plus forte variation de I et prendre au lieu du gradient le module de cette variation maximale.

La direction du gradient en chaque point est :

$$m'_{ij} = \text{Sup}_{k=0,7} [(q_k * m_{(i,j)})] \quad * \text{étant produit de convolution}$$

III.C.3.b.2. Application à un réseau n x n tel que n<sup>2</sup> ≠ 1 000

Il est préférable pour augmenter la vitesse de calcul de définir le vecteur comme suit.

Amplitude : valeur maximal des différences positives entre le niveau de gris au point et celui des différents points du périmètre carré 3 x 3 l'entourant.

Direction : celle des huit directions ou le produit ce maximum.

Cas particulier

S'il existe un secteur maximum soit, on poussera le calcul sur un périmètre 4 x 4 afin de départager les secteurs, soit on prendra la direction bissectrice.

S'il en existe plusieurs nous pouvons effectuer ce même calcul sur un périmètre 4 x 4 soit on pourra procéder à un choix arbitraire.

### III.C.2.c. OPERATEUR NIVEAU DE GRIS MOYEN

III.C.2.c.1. Cét opérateur remplace la valeur de l'éclairement au point par celle de son intégrale étendue dans un voisinage circulaire du point considéré.

$$g_m = \frac{\sum g_{i,j}}{m}$$

III.C.2.c.2. application à un réseau  $n \times n$ .

On pourra remplacer la valeur au point par celle de la moyenne des points l'entourant. Ces points seront disposés sur le périmètre des rectangles l'entourant :  $3 \times 3$  ;  $5 \times 5$ ...

### III.C.2.d. OPERATEUR TEXTURE

III.C.2.d.1. Définition : la texture en un point caractérise la fluctuation d'éclairement en un point déterminé de l'image.

III.C.2.d.2. Application à un réseau  $n \times n$

On pourra définir la texture comme une sommation pondérée de changements de signe d'accroissement successifs de niveau de gris des contours des rectangles  $3 \times 3$ ...  $5 \times 3$  ... entourant le point considéré.

exemple :

Sur deux contours  $3 \times 3$  et  $5 \times 5$  ces points 2 et 1 soit  $N_3$  le nombre de changements des signes sur le premier contours, soit  $N_5$  le nombre de changements de signes sur le premier contours

$$T[P(i,j)] = \frac{1}{3} (2N_3 + N_5)$$

### III.C.2.e. OPERATEUR DETECTEUR DE BORDS CONTRASTES

III.C.2.e.1. Soit un seuil de niveau de gris défini par le choix de  $\epsilon$  tel que

$$G_\epsilon = \epsilon \frac{G_{\max}}{G_{\min}}$$

Par définition  $M(x,y)$  appartient à un bord contraste si :  $S$  étant une surface au voisinage de  $M$ .

$$S_1 \subset S \text{ tel que } \overline{GS_1} - \overline{GH} > G\epsilon$$

$$S_2 \subset S \text{ tel que } \overline{GH} - \overline{GS_2} \geq G\epsilon$$

$$S_1 + S_2 \geq s$$

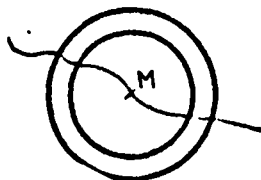
### III.C.2.e.2. Application à un réseau $n \times n$

On dira qu'un point  $P(i,j)$  de la représentation discrète d'une image appartient à un bord contrasté si il existe au voisinage de  $P(i,j)$  au moins  $L$  point dans les écarts positifs de niveau de gris moyen vis-à-vis de celui de  $P(i,j)$  soit supérieur à  $S_0$  donne et au moins  $L$  points dont les écarts négatifs de niveau de gris moyen vis-à-vis de celui de  $P(i,j)$  ou une valeur absolue supérieure à ce seuil  $S_0$ .

### III.C.2.f OPERATEUR DETECTEUR DE BORDS A NIVEAU DE GRIS DEGRADE

III.C.2.f.1. Soit  $R$  le rayon du voisinage circulaire pour le niveau de gris moyen. Soit  $M$  le nombre de cercles concentriques (textures) et  $P(m)$  leur poids  $1 \leq m \leq M$  en tout point appartenant à un bord contrasté ou non  $T_0 = 2 \sum_{m=1}^M P(m)$  si l'éclairement des deux zones qu'il sépare et sur un voisinage une fraction monotone  $a$  et  $b$ .

Dans ce cas il y a sur chacu, des  $M$  cercles concentriques une transition clair-sombre et une transition sombre-clair.



Dans le cas d'un niveau de gris dégradé nous pouvons utiliser la relation un point appartient à un bord à niveau de gris dégradé si la texture de gris moyen en  $(x,y)$  est  $\geq$  à  $T_0$ .

### III.C.2.f.2. Application à un réseau n x n . . .

Si la texture de niveau de gris moyen en  $P(i,y)$  est supérieure ou égale à un seuil  $T_0 = 2 \left[ \frac{2}{3} + \frac{1}{3} \right] = 2$  nous avons un bord dégradé (pour un voisinage  $5 \times 5$ ).

### III.C.2.g. OPERATEUR DETECTEUR DE BORDS SEPARANT DES ZONES A REPARTITION STATISTIQUES DIFFERENTES DES ECLAIREMENTS

Nous avons une image comprenant deux zones de niveau de gris moyen égaux mais de texture différente (damier noirs à pas différents).

Nous appellerons texture moyenne locale = niveau de gris moyen  $O$  .texte

Si pour une zone  $TM_1 < TM < TM_2$

et pour une autre zone  $T'M_1 < TM < T'M_2$

Le point  $(x,y)$  appartient à un bord séparant des zones à répartition statistiques différentes.



### III.C.3. METHODES STATISTIQUES

Deux principaux axes de recherche permettent d'étudier les fréquences d'un tableau.

- a) Les propriétés locales du premier ordre moyenne, variances, écart-type
- β) Les propriétés locales du deuxième ordre corrélation, variogrammes, matrices de coocurrence.

III.C.3.a. Il existe une infinité de méthode de groupement de points d'un tableau permettant d'obtenir des moyennes et des écart-types. Le choix de ces méthodes doivent rester du ressort du programmeur. Nous n'en imposerons donc pas. Cependant, il existe d'autres méthodes du deuxième ordre permettant d'affirmer les résultats.

#### III.C.3.b. Méthodes du deuxième ordre

##### III.C.3.b.1. Fonction d'auto - corrélation

C'est une fonction qui en coordonnées Euclidiennes est invariante en translation.

Soit pour un domaine d'étude R la fonction

$$C = f(x,y) \longrightarrow C(u,v) = \sum_{\substack{(x,y) \in R \\ (x+u, y+v) \in R}} f(x,y) f(x+u, y+v)$$

R domaine d'étude

Cette fonction donne un indice de granulation ; ses valeurs en des points (u,v) particuliers peuvent être utiliser comme des propriétés du facteur translation.

Cependant, il est plus intéressant d'étudier les variations autour de la moyenne caractérisant mieux la texture d'où une fonction d'autocorrélation centrée.

$$C = f(x,y) \longrightarrow C'(u,v) = \sum [f(x,y)-M] [f(x+u, y+u)-M]$$

$$\text{avec } M = \frac{1}{N} \sum f(x,y)$$

Cette fonction en coordonnées polaires est invariante en homotétie et en rotation

$$C(\rho, \sigma) = \int_0^{2\pi} \int_0^{2\rho} f(r, \rho) f(\rho r, \sigma + \rho) r dr d\rho$$

### III.C.2.b.2. Matrices de co-occurrence

Comme tout calcul matriciel il est difficile à manipuler. Il fut introduit par Haralick.

Soit  $M_d(i, j)$  une matrice de co-occurrence

$\sigma$  est l'une des quatre directions 0, 45°, 90°, 135°  
 $d$  la distance de deux points de niveau  $i$  et  $j$

Elle contiennent les fréquences relatives  $m(i, j, d, \theta)$  des niveaux de gris  $i$  et  $j$  apparaissant en des points séparés par une distance  $d$ .

Exemple.

$$m(i, j, d, 0^\circ) = \text{Card} \{(k, l, m, n) / k-m=0, l-n=d, I(k, l) = i, I(m, n) = j\}$$

On calcule ainsi 14 indications de texture à partir de ces matrices

### III.C.2.b.3. Longueur d'isodensité

Définissons : un iso-segment comme une suite co-linéaire de points de même intensité.

- un iso-longueur son nombre de point

Une matrice d'élément  $p(i, j)$  pour une direction donnée donnera le nombre d'occurrence de l'iso-longueur  $j$  pour un niveau d'intensité  $i$ .

De ces matrices nous pourrions déduire divers paramètres de texture.

### III.C.2.b.4. Variogrammes

$$\gamma(h_x, h_y) = \frac{1}{2} E \left[ \{(x+h_x), (y+h_y) - f(x,y)\}^2 \right]$$

pour la stationnarité du 2<sup>ème</sup> ordre  $E|f_\delta|^2 = E|f|^2$

avec  $f_\delta = f(x+h_x, y+h_y)$

$f : f(x,y)$

$$\begin{aligned} \gamma(h_x, h_y) &= \frac{1}{2} E[(f_\delta - f)^2] \\ &= E f^2 - E f f_\delta = C(0,0) - C(h_x, h_y) \end{aligned}$$

Pour un domaine  $N \times N$

$$\gamma(k,l) = \frac{1}{2} \frac{1}{(N,k)(N-l)} \sum_{j=k+1}^N \sum_{i=l+1}^N [I(j,i) - I(j-k, i-l)]^2$$

$$\gamma(0,0) = 0$$

Propriétés caractéristiques des variogrammes

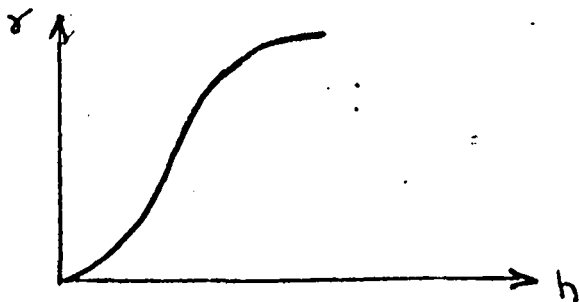
$$(\alpha 1) \quad \gamma(0) = 0$$

$$(\alpha 2) \quad \gamma(h) = \gamma(-h)$$

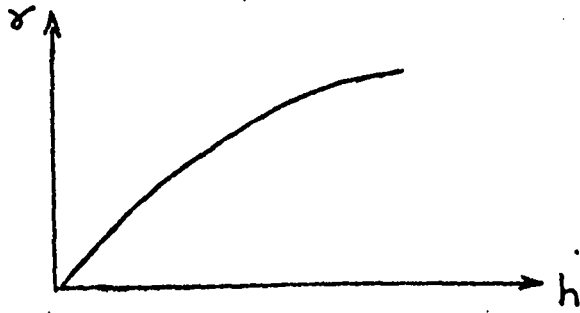
$$(\alpha 3) \quad \lim_{h \rightarrow \infty} \frac{1}{2} \gamma(h) = 0$$

$$(\alpha 4) \quad h \rightarrow 0$$

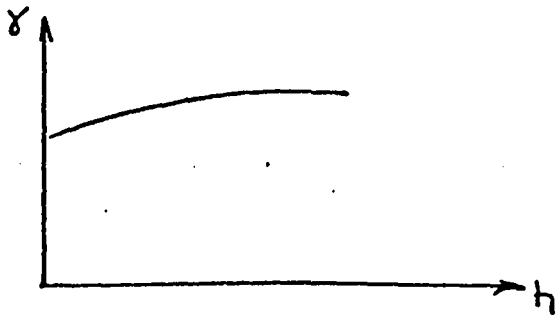
La croissance plus ou moins rapide du variogramme exprime la rapidité avec laquelle se décolore le phénomène d avec lui-même.



Variogramme parabolique - Image régulière



Variogramme linéaire - Image à variations locales régulières.



Variogramme discontinu - Image texture irrégulière

De l'allure du variogramme ressort les anisotropies éventuelles

- oscillation → structure granulaire
- palier → translation de gris
- plusieurs paliers emboîtement de structure

L'étude de palier et des transition permet d'éliminer les zones à étudier.

### III.D. DESCRIPTION ANALYTIQUE DE L'IMAGE

Reconnaître une forme c'est lui attribuer une classe plusieurs méthodes concourent à cette réalisation, déterministes, statistiques, pour un objet connu syntaxique pour un objet dont la classe est floue.

#### III.D.1 Formalisme de description d'une grammaire

Une grammaire est constituée à 3 types d'entrées.

- (a) symboles terminaux  $\Sigma \subset V$  (ensemble fini)
- (b) symboles non terminaux  $V - \Sigma$
- (c) règles de production P
- (d) S un symbole initial  $\in V - \Sigma$

$$G = (V, \Sigma, P, S)$$

Deux façons d'emploi d'une grammaire le mode génératif et le mode analytique.

##### III.D.1.a. Mode Génératif

Il consiste en l'application des règles de production qui permet d'élaborer des chaînes de symboles terminaux appelés phrases.

exemple symboles terminaux  $T = \{a,b\}$   
symboles non terminaux  $N = \{S,B\}$

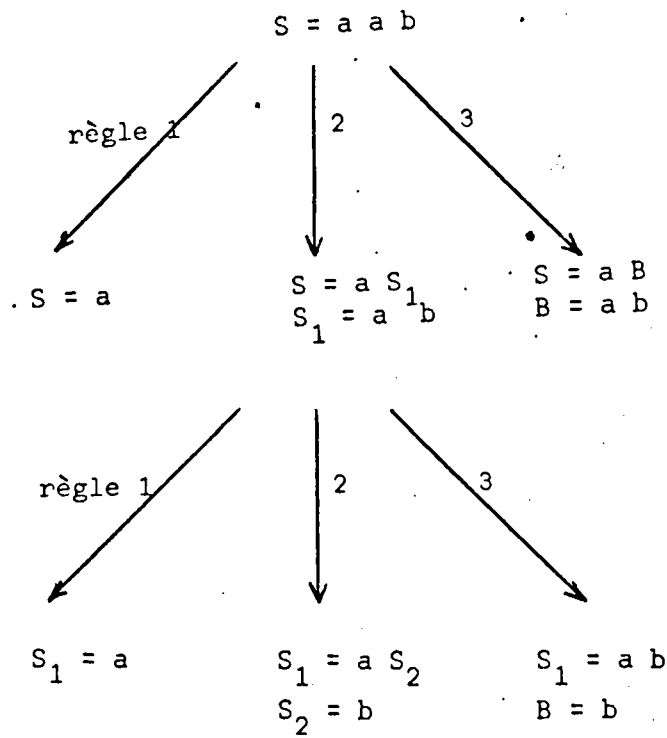
Règle de production

- 1)  $S ::= a$                       Soit  $S ::= S$
- 2)  $S ::= a S$                     règle2  $S ::= a S$
- 3)  $S ::= a B$                     règle3  $S ::= aaB$
- 4)  $B ::= b$                       règle4  $S ::= aab =$  phase terminale.
- 5)  $S ::= b S$

##### III.D.1.b. Mode analytique

3 Le problème se pose ainsi

- a) la phrase appartient-elle à la grammaire.
- b) si oui quelles structure à la chaîne de production.



Le problème devient différent dans le plan où deux tendances permettent d'appréhender le problème de reconnaissance de forme.

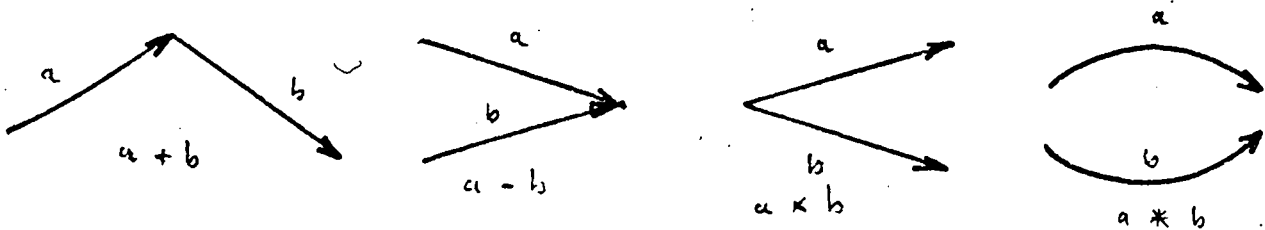
### III.D.2 Les grammaires multidimensionnelles

III.D.2.a. Les grammaires tableaux consistent en la construction d'un ensemble de règles de production pour des longueurs à deux dimensions.

C'est lourd à manier et à caractère nettement génératif.

III.D.2.b. Grammaire tête queue

Une primitive qui a une tête et une queue ne peut être liée que par des règles d'associativité.



### III.D.3. Grammaire linéaire

C'est une approche qui oriente vers la linéarisation du problème.

Nous avons plusieurs sortes de grammaires :

Soit  $G$  le  $n$  uple suivant :

$G : \{V_n, V_t, P, J, S\}$

$V_r$  est un ensemble fini d'éléments terminaux

ou  $V_n$  est un ensemble fini d'éléments non terminaux

$P$  est un ensemble fini de règles de production

$J$  est un ensemble fini de règles de production

$S$  appartenant à  $V_n$  ensemble de départ

Ces grammaires ont un grand pouvoir générateur?

#### III.D.3.a. grammaire stochastique

Ce sont les mêmes grammaires que précédemment auxquelles on associe une probabilité à chaque ensemble de production possible on peut ainsi tenir compte des ambiguïtés de générations mais on peut aussi obtenir 2 chaînes différentes de primitives pour une même scène.

#### III.D.3.b. les grammaires de graphe

Il en existe deux catégories

a) celles de Webb

Le graphe représente une phrase. Ces grammaires permettent de créer des structures relationnelles de façon bidirectionnelles et permettent aussi de tenir compte des connexités de figure.

#### III.D.3.c. Grammaire d'arbre

Analogue à la grammaire de Webb mais ne tient cependant pas compte de la connexité du fait de la structure non cyclique d'un arbre.

. grammaires transformationnelles

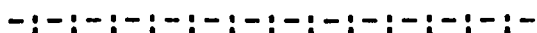
$G$  est une grammaire de base (simple ou de graphe)

E représente la transformation d'un graphe en un autre

Ces grammaires permettent de supprimer certaines ambiguïtés grâce aux transformations car plusieurs phrases donnent la même signification d'une même scène.



DEUXIEME PARTIE



## GENEPALITES

Une des singularités de la machine proposée est le traitement d'une information disposée sous forme de tableau.

La mémoire étant le principal élément de représentation de cette information, constituera donc, de fait, un élément de base autour duquel cette machine devra s'organiser.

On favorisera et automatisera donc les modes d'accès à ces tableaux en ne perdant pas de vue l'aspect d'un traitement en temps réel de ces informations.

Le matériel choisi (cellule Reticon RA 32 x 32) permet de saisir de chaque information sur une photodiode à  $2 \text{ MHz}$ , soit un mot en 500 ns et un tableau en  $0,5 \cdot 10^{-3}$  s. Le traitement devra donc se faire le plus rapidement possible.

Pour ce faire il semble que deux processeurs de balayage contrôlés par un programme permettraient

- . Une amélioration de la gestion des accès à au plus deux tableaux (en synchronisme, ou non)
- . Un choix varié (puisque inspirés du programmeur) des modes de balayage
- . Enfin des opérations simultanées ou en alternance sur deux tableaux (opérations diadiques).

## CHAPITRE IV

### Processeur de balayage

C'est d'abord un générateur rapide d'adresses relatives à un tableau, le choix de la méthode de génération, devant rester entre les mains du programmeurs.

#### IV.A. Exemples de balayage

##### IV.A.1. Réalisation du programmes de balayage

Etudions successivement à titre d'exemples deux modes de balayage/

##### IV.A.1a. Balayage spiral à partir d'un élément de tableau

$N = N_0$

$I = I_0$

$J = J_0$

$E = -1$

Do 1  $N = 1$  t  $\emptyset N_0$

$E = -1 - E$

Do 2  $K = 1$  t  $\emptyset N$

2 out put  $I_1 J$

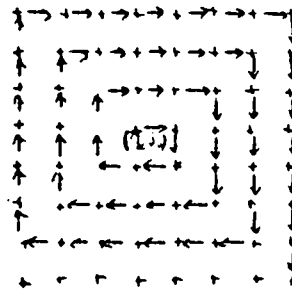
Do 3  $K = 2$  t  $\emptyset N$

$J = J + E$

3 out put  $I, J$

1 CONTINUE

STOP



#### IV.A.1.b. Balayage ordinaire ligne par ligne

$$J = J_0$$

$$I = I_0$$

Do K 1 = 1 t Ø p 1

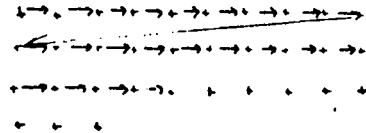
$$J = J + K 1$$

Do K 2 = 1 t Ø p 2

$$I = I + K 2$$

1 out put I,J

STOP



#### IV.A.2. Etude définition du balayage

La programmation d'un balayage nécessite donc la connaissance de plusieurs paramètres.

- a) point d'origine  
c'est le point à partir duquel s'effectue le balayage
- b) loi de déplacement
- c) connaissance d'un évènement déterminant l'inapplication de la loi de déplacement.
- d) itération sur les points a) b) et c)
- e) composition sur les points a) b) c) et d)  
ce dernier point est facultatif.

Un balayage apparaît donc comme une éventuelle composition d'une itération sur une opération du type a) b) c).

- a) point d'origine ( $X_0, Y_0$ )

C'est le point de départ à partir duquel s'effectue le balayage.

- b) Loi de déplacement

Nous distinguerons deux cas

## 1) incrémentation fixe

Le pas en x et en y est fixé à l'avance  
le point suivant  $(X_d, Y_d)$  à pour coordonnée  $(X_d + PX, Y_d + PY)$

## 2) incrémentation variable

Plusieurs cas peuvent se présenter

α) le pas provient d'un calcul

Dans ce cas nous nous limiterons à un déplacement

- soit unitaire

c'est-à-dire un pas appartenant à  $\{-1, 0, +1\}$ .

- soit non unitaire

alors les pas sont mémorisés et les booléens en constituent l'adresse.

Le choix de déplacement se fera donc au moyen d'informations booléennes entrant dans une mémoire morte (entrée sur 3 bits représentant les 8 portions).

β) incrémentation variable

les valeurs des incréments seront rangées dans la mémoire ROM.

## C) Evènement déterminant l'arrêt de l'application de la loi :

Cet évènement peut être de plusieurs natures

### 1° Débordement

Le point a une coordonnée n'appartenant pas au tableau.

Nous nous limiterons donc à un tableau comportant 4 côtés et donc 4 coins.

Une information codée sur 3 bits entrant dans la mémoire ROM ou sortant du balayeur pourra soit enchaîner une opération ; soit nous informer de cet état.

## 2/ Interruption

Cette interruption pourra être volontaire (3 bits) ou programmée par l'emploi par exemple d'un couteux.

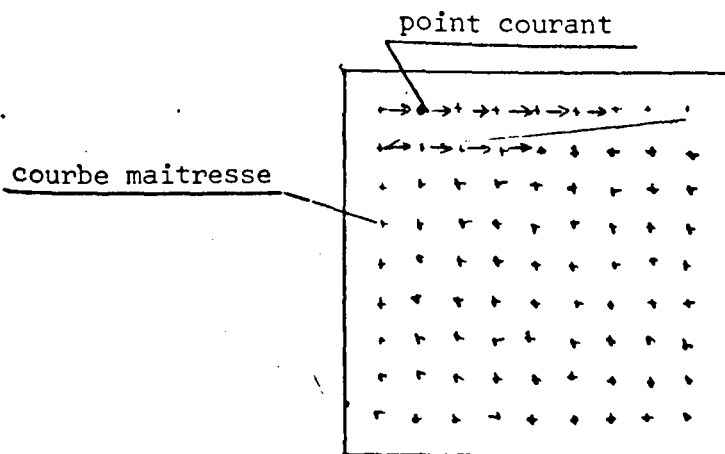
D) Intératsur a) b) c)

Les opérations décrites ci-dessus peuvent être recommencées avec un Point de départ qui sera incrémenté de la même façon que le point courant décrit en a) b) c).

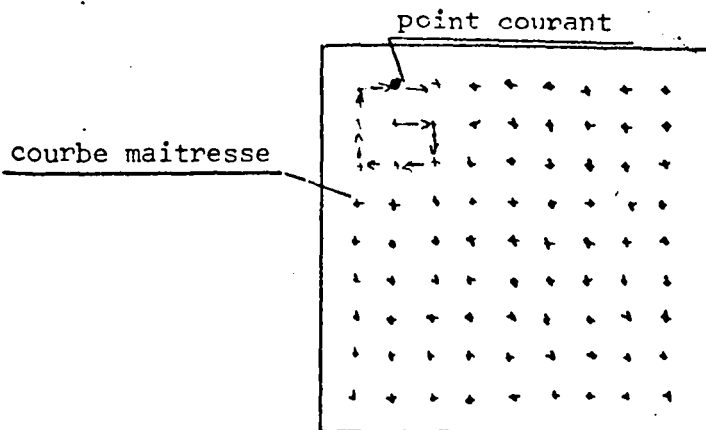
E) Composition sur les points a) b) c) d)

C'est la mise en oeuvre du second balayeur fonctionnant avec le premier. Cela donne un balayage dans le balayage

exemple : calcul de texture



1<sup>e</sup> balayage



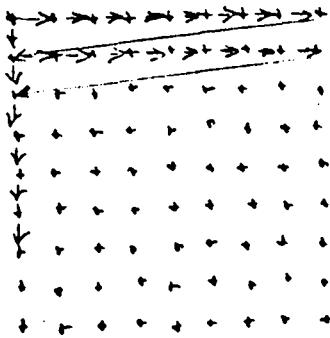
2<sup>e</sup> balayage

Le point courant du premier balayeur sera prit comme courbe maîtresse (réduite au point) par le second qui générera un point courant autour de ce dernier.

#### IV.B. 9 CAS DE BALAYAGE

##### IV.B.1. Mode simple

##### IV.B.1.a. Balayage ordinaire



PX, PY,  $PX_D$ ,  $PY_D$ ,  $X_D$ ,  $Y_D$  sont entrés directement.

Les pas resteront construits

Le retour à la ligne est automatique par débordement.

##### IV.B.1.b. Mode pas à pas

Le programme de l'utilisateur génère 3 booléens qui soient indiquent une adresse de pas soient donnent directement un pas appartenant à  $\{-1, 0, +1\}$  (exemple : joindre 2 points).

##### IV.B.1.c. Lecture d'une table

La mémoire contient tous les PX et PY successifs nécessaires au balayage du tableau. Un compteur incrémentera les adresses à points d'une origine.

#### IV.B.1.d. Rayonnement polaire

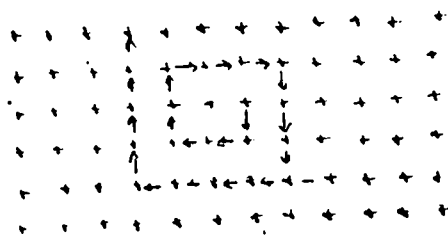
A partir d'un point  $(X_D, Y_D)$  un déplacement suivant un rayon polaire sera effectué en lisant dans la PROM les incréments des pas.

De la place peut être faite en mémoire en exploitant les symétries  
 $INV (X,Y) \rightarrow (Y,X)$  ;  $(X,-Y) \rightarrow (-X, -Y)$ .

#### IV.B.1.e. Suivit de contours

Une série d'adresses sur 3 booléens donnent un balayage autour d'un point. Le point courant est le point trouvé.

#### IV.B.1.f. Balayage spirale

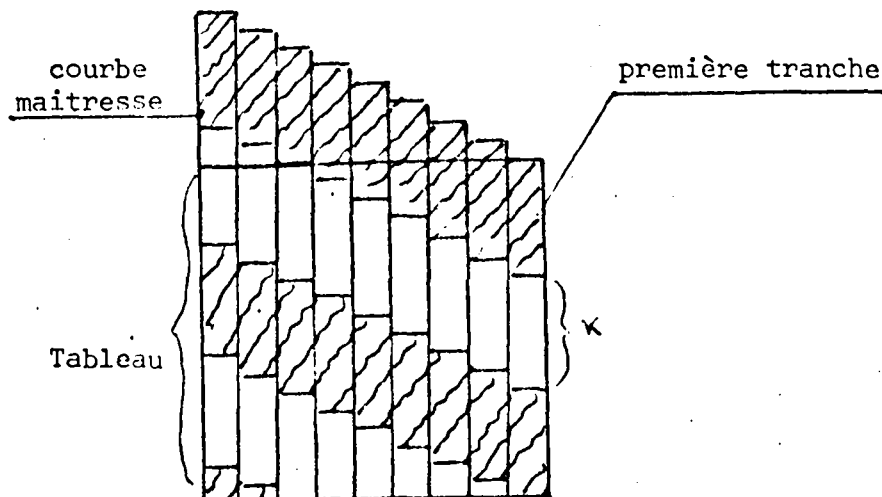


A  $(X_D, Y_D)$

un tableau sera défini à  
chaque tour

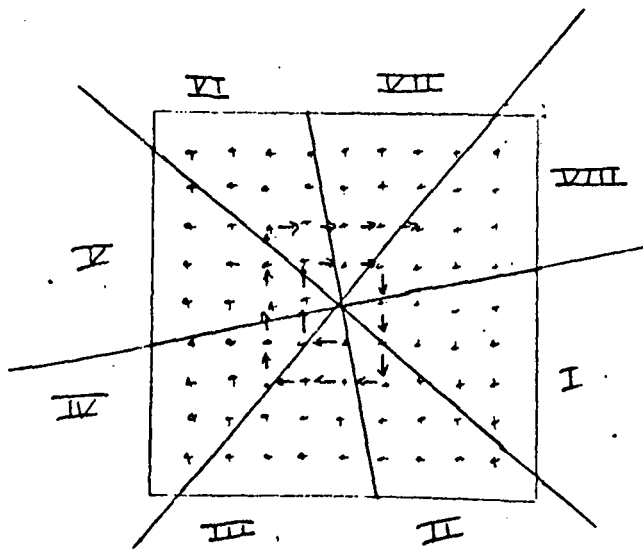
#### IV.B.1.g. Décomposition en tranche

Des compteurs pourront être incrémentés suivant les éléments trouvés ;  
modulo K.





#### IV.B.1.h. Décomposition en secteur

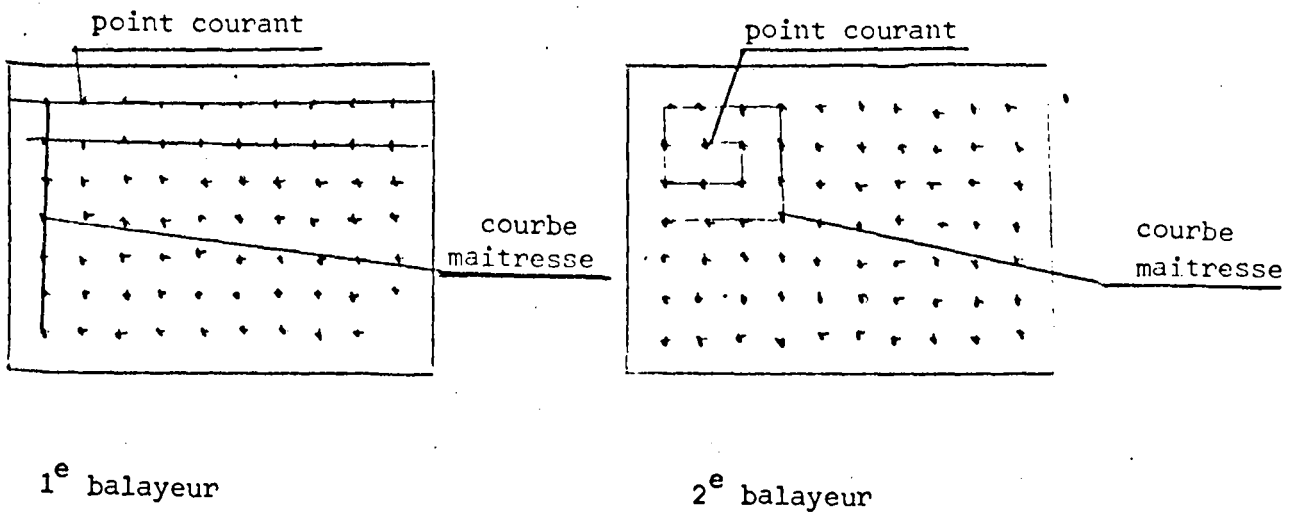


le point de départ A a pour  
coordonnée  $(X_D, Y_D)$

#### IV.B.2. Balayage composé

Pour effectuer un tel balayage deux balayeurs sont nécessaires.

IV.B.2.a. Le point courant de l'un sera la courbe maîtresse réduite à ce point de l'autre



IV.B.2.b. Un des balayeurs peut générer des pas pour l'autre balayeur et d'un maniere plus généralement il doit être possible de comparer deux ou trois types de balayage.

#### IV.C. STRUCTURE ET SCHEMA DU BALAYEUR

Le balayeur devra donc s'articuler autour d'une mémoire morte (P ROM) et deux paires d'additionneurs.

- . une paire servira à l'incrémentation du point courant
- . une paire servira à l'incrémentation de la courbe maîtresse.

Par comparaison du point courant à quatre registres (decrivant le tableau  $(Y_0, Y_0 + \Delta X, Y_0, Y_0 + \Delta Y)$  quatre comparateurs donneront les débordements sur trois bits.

Enfin un certain nombre de choix pourront être effectués

- emploi d'un compteur plutôt que de booléen
- sélection pour l'incrément (point court, courbe maîtresse).

## CHAPITRE V

### MODES DE TRAITEMENT DE TABLEAUX

#### GENERALITES

Les tableaux peuvent faire l'objet de plusieurs types de traitements. Une première classification peut être effectuée selon la nature du résultat cherché. En effet nous obtenons après un calcul :

Soit - un nouveau tableau

(extraction de contours).

Soit - un champ de vecteurs singulières

(extraction de contours sous forme codée, extraction d'information significative).

Dans ces deux cas les opérations sur le tableau enregistré auront pour objet des éléments de ce dernier dont la quantité nous conduira à une classification plus générale.

Nous distinguerons :

V.A. : Les opérations locales qui n'affectent qu'un élément du tableau à la fois.

V.B. : Les opérations globales ou semi-globales qui en feront intervenir plusieurs groupées ou étendues à la totalité du tableau.

#### V.A. - LES OPERATIONS LOCALES

Elles fournissent comme leur nom l'indique des informations à partir d'un élément du tableau.

Elles sont de plusieurs types. Nous distinguerons : les monadiques, des diadiques.

#### V.A.1. LES OPERATIONS MONADIQUES

Elles ne font intervenir qu'un tableau, donc un processeur de balayage. Soit  $I(i,j)$  la valeur de niveau de gris d'une image au point de coordonnée  $(i,j)$ .

##### V.A.1.a. TRANSFORMATION LINEAIRE, CHANGENT DE CODE, COMPLEMENT AU NIVEAU N.

$$\begin{aligned} I' &= k, I(i,j) + k_2 && \text{axe } k_1 \text{ et } k_2 \text{ constants} \\ I' &= F[I(i,j)] \\ I' &= |n - I(i,j)| \end{aligned}$$

##### V.A.1.b. FILTRAGE

$$\text{Si } I(i,j) \in \{n_1, n_2, \dots, n_n\} / I(i,j) > k_1$$

ou extraction d'une fenêtre d'isodensité.

$$\text{si } I(i,j) > < \text{ ou } = n \longrightarrow I'(i,j) k_2$$

$$\text{sinon } I'(i,j) = P$$

Nous pouvons aussi supprimer les points forts ou faibles pour faire apparaître les lignes d'isodensité.

- . Tourner (rotation)
- . Réduire
- . Agrandir

#### V.A.2. - OPERATIONS DIADIQUES

Ce sont des opérations qui font intervenir deux tableaux donc deux processeurs de balayage.

V.A.2.a. Opérations sur 2 tableaux (même balayage) (même

- . addition
- . soustraction
- . division
- . multiplication

Opérations binaires

- . ET
- . OU
- . OU exclusif
- . NON

Ces opérations peuvent :

- soit améliorer une image  
(défaut d'un capteur corrigé par l'emploi de masque)
- soit de permettre des corrélations
- soit des effacement de zones
- soit des manipulations d'intensité de sou tableaux (cf. aussi V.A.1.).

V.A.2.b. Opérations sur 2 tableaux (balayage différent)

La valeur d'un élément de tableau commande le balayage de l'autre

exemples :

- . Une transformation visant à éliminer les défauts du capteur

$$I'(i,j) = F(I(i,j), i, j)$$

- . Elimination de pixels anormaux numérotés

$$I'(i,j) = J(n)$$

n numéro de pixel

J valeur affectée.

## V.B OPERATIONS SEMI-LOCALES ET GLOBALES

Ce sont des opérations faisant intervenir tout ou partie d'un tableau en vue d'obtenir une valeur, qui peut éventuellement servir à l'élaboration d'un tableau. Le voisinage immédiat du point considéré constituant généralement ce sous ensemble.

### V.B.1. NIVEAUX DE GRIS

. Calcul du nombre de pixels ayant un niveau de gris  $k$  sur un domaine déterminé en rapport avec le nombre total de points balayés.

Le domaine peut être un point (méthode prédictif)

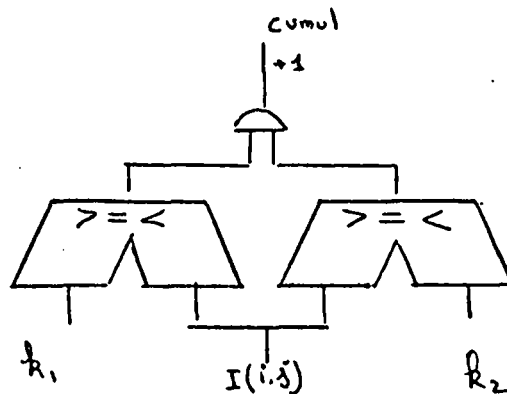
un axe (ligne, colonne, autre)

un sous tableau (tableau grade, lissage)

un tableau (élimination de valeurs isolées).

. Ce sont des opérations de couplage et de cumuls

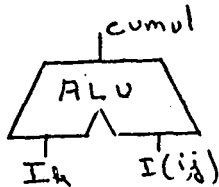
$$k_1 < I(i,j) < k_2$$



Ce schéma peut être multiplié pour les 16 niveaux.

## V.B.2 TEXTURE

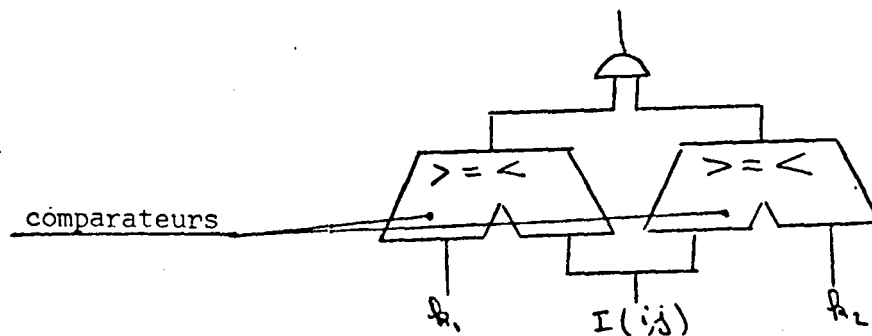
C'est le nombre de transition de gris sur une surface donnée au voisinage d'un point.



## V.B.3 RECHERCHE DE DOMAINES SINGULIERS (pt, dt, surface)

### V.B.3.a. Extraction d'un niveau gris

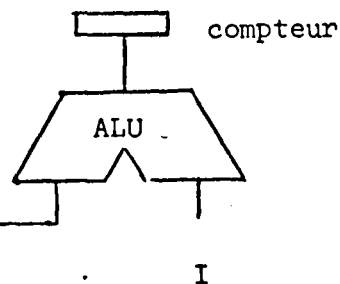
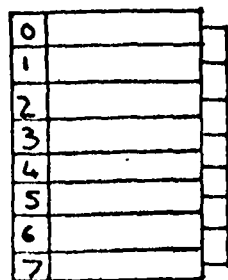
si  $k_1 < I(i,j) < k_2$       $I(i,j) = 1$   
 sinon      $I(i,j) = 0$



### V.B.3.b. Recherche d'un contour

Il peut être déterminé par une transition de gris, une transition de moyen, une transition de texture.

Registres

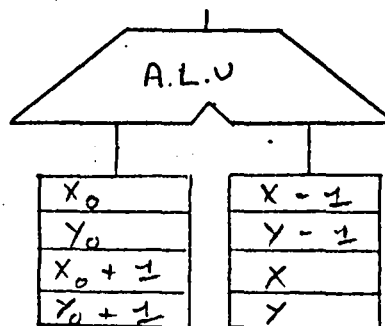


3 2 1  
 4 \* 0  
 5 6 7

Dans chaque registres se trouve la valeur de l'intensité d'éclaircissement du voisinage du point \* qui comparée à une valeur I donne la direction du contour cherché.

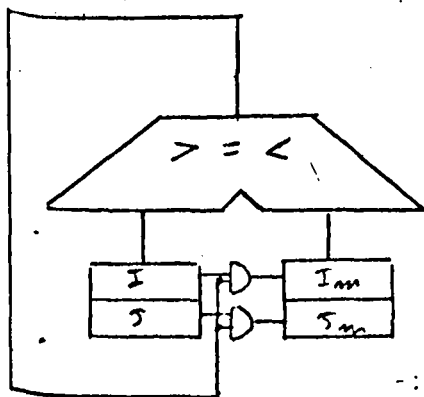
### V.B.3.c. Reconnaissance de la fermeture

La reconnaissance de la fermeture d'un contour suppose la comparaison aux adresses des deux premiers points, des adresses des deux points courants successifs.



### V.B.3.d.- RECHERCHE D'UN POINT OU D'UN SOMMET DE DENSITE

Chacune des valeurs d'intensité du tableau doit être comparée au maximum (minimum) trouvé et le remplacer s'il lui est supérieur (inférieur).



### V.B.3.e- ORIENTATION SUIVANT UNE COURBE DE GRADIENT DONNE

L'état des registres du voisinage du point considéré doivent successivement être comparés à l'intensité de ce point pour obtenir une direction de pente donnée jusqu'à aboutir au point de départ.



#### V.B.4. - RECHERCHE DE PARAMETRES SIGNIFICATIFS PORTANT SUR DES FIGURES GEOMETRIQUES

##### V.B.4.a. MAXIMA - MINIMA

La recherche d'une fonction de répartition (de maxima, ou minima) d'un niveau de gris donné selon les axes  $ox$   $oy$  peut se faire par l'intermédiaire du processeur tableau microprogrammé pour des opérations de comptage sur les éléments de la matrice qui sera balayée selon un mode simple.

##### V.B.4.b. CALCUL DE LONGUEURS

Le calcul d'une longueur dans une direction (ou rayon) ou selon le suivi d'un contour s'effectuera par des opérations de comptage pondéré par certains facteurs variants suivant la direction et le réseau choisi.

##### V.B.4.c. CALCUL DE SURFACE

Le calcul d'une surface s'effectuera par le comptage des éléments contenus dans le domaine étudié.

##### V.B.4.d. CALCUL DE MOMENT D'INERTIE

Le calcul du moment d'inertie peut s'effectuer suivant un point ou un axe. Son calcul va faire porter sur des valeurs ni entières ni booléennes. Il faudra donc faire appel à un autre processeur que le processeur tableau.

##### V.B.4.e. SQUELETTE

Le squelette d'une forme peut s'obtenir à partir de relations logiques portant sur le voisinage du point étudié.

#### V.B.4.f. CENTRE DE GRAVITE

(1) image binaire

$$(X_G, Y_G) = \left( \frac{\sum_{i \in S} X_i}{n}, \frac{\sum_{i \in S} Y_i}{n} \right)$$

(2) image non binaire

$$(X_G, Y_G) = \left( \frac{\sum I(i,j) * X_i}{\sum I(i,j)}, \frac{\sum I(i,j) * Y_i}{\sum I(i,j)} \right)$$

#### V.B.4.g. DETERMINATION D'UNE DROITE, RAYON DE COURBE

Des calculs de moyennes et d'écart types permettent de déterminer s'il y a lieu d'identifier un nuage de points à une droite. Ces calculs sont du ressort de l'utilisateur.

#### V.B.5. ENSEMBLE D'OPERATIONS PORTANT SUR DES VALEURS SINGULIERES

Ces opérations ont pour but de déterminer une probabilité de présence d'objets et éventuellement des calculs s'y affectant. (position des espaces).

Ce sont des calculs classiques de probabilité, statistique.

Citer : moyenne

écrit type

comparaison  $> < = \leq \geq$

soustraction

addition

multiplication

division

fonction à corrélation

(identification des contours).

## V.C AGENCEMENT DES DIFFERENTS ELEMENTS CONSTITUANT LE SYSTEME

Tous ces exemples nous montrent que le processeur tableau pourra être constitué simplement. En effet l'utilisation d'une unité arithmétique et logique élémentaire (deux opérations plus opérations logiques) couplée à une mémoire de faible dimension permettra d'exécuter la majeure partie des opérations citées précédemment.

Nous choisirons donc comme architecture, une architecture semblable à celle du processeur de balayage. Elle sera seulement modifiée au niveau de la longueur des mots de sortie (16 bits au lieu de  $2 \times 8$ ).

Les opérations plus complexes du style de la multiplication ou de l'extraction de racine carrée pourront être exécutés soit par le processeur maître soit par un processeur spécialisé.

L'architecture globale devra donc s'articuler autour des divers éléments précités. Soit un processeur maître, trois processeurs esclaves (un processeur tableau, deux processeurs de balayage), des mémoires et des organes d'entrée-sortie.

### V.C.1. LES MEMOIRES

Trois catégories de mémoire peuvent être distinguées :

- les mémoires supports de programme.
- les mémoires supports de tableau.
- les mémoires de données.

#### V.C.1.a. LES MEMOIRES DE PROGRAMME

Elles sont constituées de mémoires ROM qui contiennent le programme. Le flux des instructions est commandé par le processeur maître.

#### V.C.1.b. LES MEMOIRES DE TABLEAUX

Elles sont constituées par des mémoires de type RAM (Texas TMS 40 - 44 - 30, 4 K x 1) elles contiennent des tableaux de différentes dimensions et de différentes provenances soit entrées, soit calcul.

Les mots sont de n bits étant programmables c'est-à-dire que l'on peut remplacer un tableau comportant des mots de 8 bits par deux tableaux de mots de 4 bits ou un tableau avec des mots de 7 bits et un tableau binaire.

#### V.C.1.c. LES MEMOIRES DE DONNEES

Du type RAM, elles contiennent les différents vecteurs résultats partiels ou non générés par les processeurs de traitement

#### V.C.2. LES PROCESSEURS

Quatre processeurs animent l'ensemble du système.

##### V.C.2.a. DEUX PROCESSEURS DE BALAYAGE

Ils sont commandés par le processeur maître et reçoivent les instructions de la mémoire de programme lesquelles sont reçues par le séquenceur de ces processeurs (8x 02 signétic) ces processeurs génèrent des adresses qui se adressent la mémoire de tableaux.

##### V.C.2.b. LE PROCESSEUR TABLEAU

Il est commandé par le processeur maître et reçoit les instructions de la mémoire de programme.

##### V.C.2.c. LE PROCESSEUR MAITRE

Ce pourrait être un microprocesseur classique du type 8080 ou 8085. Il commandera les séquences d'enchaînement et d'interruption des différents organes (processeurs esclaves, organe d'entrée-sortie).

#### V.D. LES ORGANES D'ENTREE-SORTIE

Ils peuvent être de plusieurs types et choisis par l'utilisateur.

### V.D.1. UNE CAMERA

Cette caméra (RA 32 x 32) génère des images qui sont digitalisées et mises en mémoire afin d'être traitées.

### V.D.2. UNE VISU

Elle est constituée par un téléviseur qui permet de visualiser les tableaux traités et à traiter.

Et bien entendu différents télétypes.

## CONCLUSION

Ce travail a tenté de définir une architecture d'ordinateur orienté vers le traitement de tableaux ; c'est une amorce d'un programme plus ambitieux mis à jour une catégorie de problèmes que pose la robotique actuelle. Je veux parler des problèmes que pose reconnaissance de forme.

Pour aboutir, nous avons suivi les différentes phases d'une méthodologie générale s'appliquant à l'analyse de tableaux et en particulier des images.

Le choix d'une architecture multiprocesseur à base de processeurs spécialisés s'imposa d'elle-même du fait d'une part du type de problème à résoudre et d'autre part du nombre des informations à traiter dans des délais relativement brefs.

Il a aussi fallu se garder de tomber dans un type d'architecture trop rigide qui n'aurait pas permis une souplesse d'emploi au niveau des primitives microprogrammables. La faculté du choix de ces dernières engendrant certains problèmes au niveau de leur adaptation à un éventuel langage de haut niveau.

BIBLIOGRAPHIE

- [AND 70] Computer techniques in image processing by HC. ANDREWS  
Academic press 70.
- [AND 76] HC. ANDREWS, CL. PATTERSON  
Digital interpolation of discrete image  
ITEC Feb. 76.
- [CAS 76] S. CASTAN, J.Y. LATIL  
Capteurs d'images de Toulouse CAPIJOU  
Automatisme 76.
- [CAS 76] S. CASTAN, J. LELOUP  
Analyse d'images, recherche de paramètres  
Rapport DRME, Sept. 76.
- [CAS 77] S. CASTAN, STAMON  
Eléments de traitement d'images  
Ecoles Internationale d'Eté Informatique  
AFCET, Juil. 77.
- [CHE 76] PH. CHEN and PA. WINTZ  
Data compression for satellite image  
Final Report, Dec. 76.

- [DEG 77] Bernard DEGREDEL  
Communications et protocoles dans une architecture multimicro-  
processeur.  
Thèse Doctorat 77.
- [DUD 76] RO. DUDA, PETER, E. HART  
Pattern classification and scene analysis J. Wiley.
- [FEU 77] Denis FEUCHT  
Pattern recognition : Basic concepts and implementation.
- [FIE 62] FIEURY, MATHIEU  
Physique générale optique  
Paris Eyrolles
- [GAR 75] André le GARF  
Dictionnaire de l'informatique.
- [GER 76] B. GERMAIN BONNE, P. SABLONNIERE  
Comparaison des formes de courbes paramétrées et de leurs appro-  
ximations spline  
Publication du laboratoire de Calcul de LILLE, Oct. 76.
- [GOL 69] Marcel Je GOLAY  
Hexagonal parallel transformation.  
IEEE Transaction on computer electronics, 1969 p 733.
- [GON 77] R. GONZALES, JJ. TOU  
Pattern Recognition principles  
Addison, Wesley.



- [GON 77] C. GONZALES  
Analyse et réalisation d'un système de traitement d'images  
Mémoire CNAM 77, Pour l'obtention d'un grade d'Ingénieur. C.N.A.M.
- [GRE 72] GREMY PERRIN  
Eléments de Biophysique  
Flammarion.
- [HAB 74] HABIL, ROBINSON  
A survey of digital picture coding computers  
May 74.
- [HUM 77] R. HUMMEL  
Image enhancement by histogram transformation computer graphics and  
image proc. Avril.
- [JAM 76] Yves JAMATI  
Contribution à l'identification automatique des objets à partir de  
leur image photo, Thèse 1976.
- [JEA 76] R. JEANSOULIN  
Compression d'images numérisées utilisant la transformation de  
Walsh-Hadamard. Etude et comparaison de quelques méthodes - Automa-  
tisme Tome XXI, pp 98.
- [JEA 76] R. JEANSOULIN  
Etude de la transformation de Walsh-Hadamard et application en  
traitement numérique d'images  
Thèse de Docteur Ingénieur, Sept. 76.

- [LAF 75]       LAFEUILLADE  
Grammaires d'images  
Diplôme ENSEE IAT, Toulouse 75.
- [LOW 76]       GE. LOWITZ  
Traitement orthogonal d'images multispectacles  
Automatisme Tome XXI.
- [LUS 72]       LÜSSIGNOL  
Méthodes de représentation graphique d'expériences bi-paramétriques  
Paris Thèse.
- [MAR 74]       CH. MARTZIOFF  
Repenser l'informatique  
Paris Edition d'organisation 74.
- [MEI 71]       JP. MEINADIER  
Structure et fonctionnement d'ordinateurs  
Larousse 71.
- [MER 79]       M. MERIAUX  
Etude et réalisation d'un terminal graphique couleur tridimensionnel  
fonctionnant par tâche.  
Thèse 223.
- [MOL 71]       Abraham MOLES  
Art et ordinateur  
Synthèse contemporaine  
Casterman.

- [MOR 76] M. LUCAS, P. MORVAN  
Images et ordinateurs introduction à l'infographie Intéactive.  
Larousse Université.
- [NAB 75] A. NABONNE  
Traitement d'images digitales binaires  
Thèse Juil. 75.
- [PRA 69] HC. ANDREWS, J. KANE, WK. PRATZ  
Hadamard transform image coding  
Proc. of IEEE, Janv. 69.
- [ROE 77] JA. ROESE, WK. PRATT GS. ROBINSON  
Interframe cosine transform Image coding  
ITEC nov. 77.
- [ROS 72] Roskies ZAHN  
Fourier descriptiors for plane closed curves  
ITEC 72. n° 3.
- [ROS 76] ROSENFELD WERZKA  
Picture recognition and scène analysis  
IEEE computer 76.
- [ROS 75] ROSENFELD WEZKA  
Acomparative texture leasure for terrain classification  
Proc. of the IEEE 1975, Los Angeles.

- [RUB 48] RABAT DU MERUC  
Etude de quelques problèmes liés à l'analyse d'images  
Recherche de directions privilégiées et protections d'images.
- [SAM 78] SAMUELSON  
Etude et définition d'une architecture multiprocesseur  
adaptée au langage de la parole  
Thèse 78.
- [SKL 72] SKLARSKY CRAZIN HANSEN  
Minimum périmètre polygones of digitized silhouette  
ITEC N° 3 Mars 72.
- [STA 74] STAMON CORAY  
Eléments de reconnaissance de formes  
Ecole d'été AFCET 74.
- [ULL 75] JR. ULLMAN  
Patter recognition techniques butter werthes
- [VIA 75] B. VIAUD  
Conception et réalisation d'un système original d'acquisition en  
reconnaissance de formes  
Thèse 75.
- [WEN 77] S. WENDLING  
Contribution à la reconnaissance de formes : Invariants métriques dans  
le spectre de puissance de transformation unitaire.  
Application à la reconnaissance de caractères manuscrits  
Thèse Juin 77.

[MEI 69]

WILLIAM S. MEISEL

Member IEEE

Potential function in mathematical pattern recognition

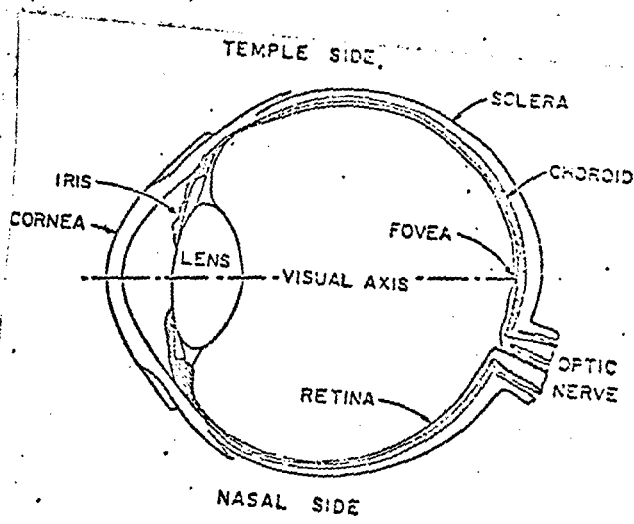
IEEE Transaction on computer electronics 1969 p 910.

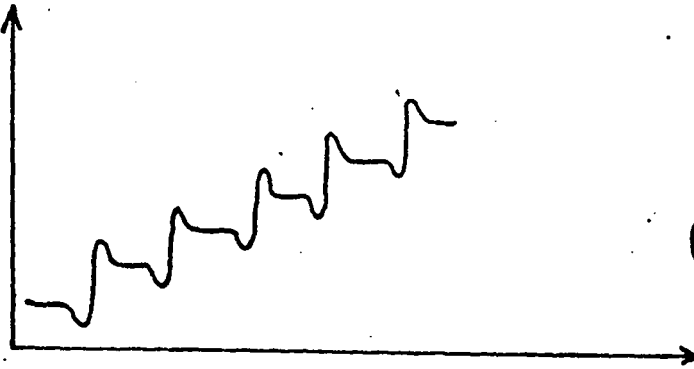
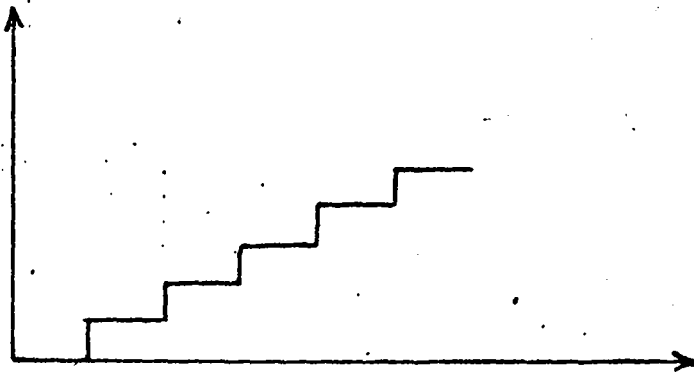
[WHIO 61]

WHOLEY

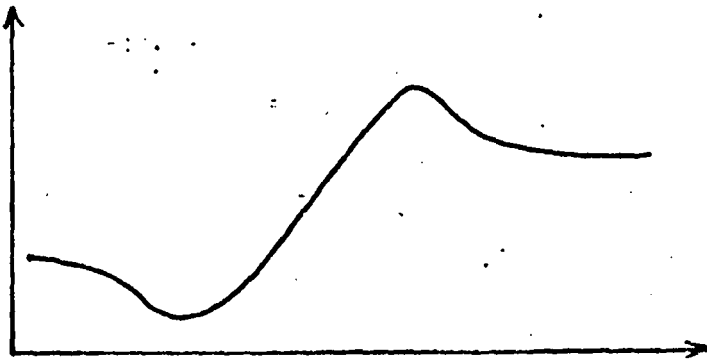
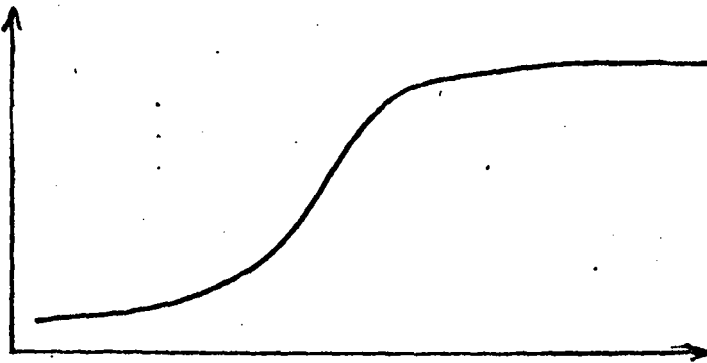
The coding of pictorial data

April 61.





BU  
LILLE



- 4096 x 1 Organization
- Single +5 V Supply ( $\pm 10\%$  Tolerance)
- High Density 300-mil 18- and 20-Pin Packages
- Fully Static Operation (No Clocks, No Refresh, No Timing Strobe)
- 5 Performance Ranges:

	ACCESS TIME (MAX)	READ OR WRITE CYCLE (MINI)
TMS 4044-45/4046 45	450 ns	450 ns
TMS 4044-30/4046 30	300 ns	300 ns
TMS 4044-25/4046 25	250 ns	250 ns
TMS 4044-20/4046 20	200 ns	200 ns
TMS 4044-15/4046 15	150 ns	150 ns

- All Inputs and Outputs Fully TTL-Compatible
- Common I/O Capability
- Output Interface  
3-State Outputs and Chip Select Control for OR-Tie Capability  
Fan-Out to 1 Series 74 or 74S TTL Load

Power Dissipation

	TYPICAL	MAX
TMS 4044/46 25, -30, -45	250 mW	495 mW
TMS 4044/46 20, -15	400 mW	649 mW

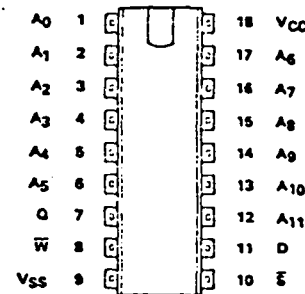
- 400 mV Guaranteed d.c. Noise Immunity with Standard TTL Loads — No Pull-Up Resistors Required

description

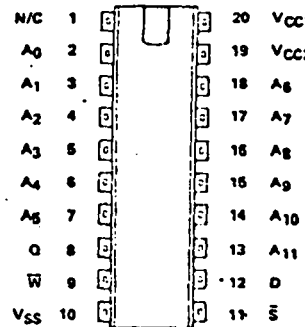
This series of static random-access memories is organized as 4096 words of 1 bit. Static design results in reduced overhead costs by elimination of refresh-clocking circuitry and by simplification of timing requirements. Because this series is fully static, chip select may be tied low to further simplify system timing. Output data is always available during a read cycle.

All inputs and outputs are fully compatible with Series 74 or 74S TTL. No pull-up resistors are required. The TMS 4044/4046 series is manufactured using TI's reliable N-channel silicon-gate technology to optimize the cost/performance relationship. The single 5-volt power supply is also used to retain data in a reduced power standby mode. For the TMS 4046, VCC2 powers only the periphery circuitry. Consequently it is not required to maintain data during standby operation.

TMS 4044  
18 PIN CERAMIC AND PLASTIC  
DUAL-IN-LINE PACKAGES  
(TOP VIEW)



TMS 4046  
20-PIN CERAMIC AND PLASTIC  
DUAL-IN-LINE PACKAGES  
(TOP VIEW)



PIN NAMES	
A <sub>0</sub> -A <sub>11</sub>	Addresses
D	Data In
Q	Data Out
S	Chip Select
VCC	+5 V Supply
VCC1	+5 V Supply (array only)
VCC2	+5 V Supply (periphery only)
VSS	Ground
W	Write Enable

STANDBY OPERATION  
(TYPICAL SUPPLY VALUES)

DEVICE	SUPPLY	OPERATING	STANDBY
TMS 4044	VCC	+5 V	+2.4 V
TMS 4046	VCC1	+5 V	+2.4 V
	VCC2	+5 V	0 V

The TMS 4044 series and the TMS 4046 series are offered in 18-pin and 20-pin respectively dual-in-line ceramic (JL suffix) and plastic (NL suffix) packages designed for insertion in mounting-hole rows on 300-mil centers. The series is guaranteed for operation from 0°C to 70°C.

operation

addresses (A<sub>0</sub>-A<sub>11</sub>)

The twelve address inputs select one of the 4096 storage locations in the RAM. The address inputs must be stable for the duration of a write cycle. The address inputs can be driven directly from standard Series 54/74 TTL with no external pull-up resistors.

chip select (S)

The chip-select terminal, which can be driven directly from standard TTL circuits, affects the data-in and data-out terminals. When chip select is a logic low, both terminals are enabled. When chip select is a logic high, data-in is inhibited and data-out is in the floating or high-impedance state.

write enable (W)

The read or write mode is selected through the write enable terminal. A logic high selects the read mode; a logic low selects the write mode. W must be a logic high when changing addresses to prevent erroneously writing data into a memory location. The W input can be driven directly from standard TTL circuits.

data in (D)

Data can be written into a selected device when the write enable input is a logic low. The data-in terminal can be driven directly from standard TTL circuits.

data-out (Q)

The three-state output buffer provides direct TTL compatibility with a fan-out of one Series 74 TTL gate or one Series 74S TTL gate. The output is in the high-impedance state when chip select (S) is high or whenever a write operation is being performed, facilitating device operation in common I/O systems. Data-out is the same polarity as data-in.

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)\*

Supply voltage, VCC (see Note 1)	-0.5 to 7 V
Input voltage (any input) (see Note 1)	-0.5 to 7 V
Continuous power dissipation	1 W
Operating free-air temperature range	0°C to 70°C
Storage temperature range	-55°C to 150°C

\*Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the "Recommended Operating Conditions" section of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rated conditions for extended periods may affect device reliability.

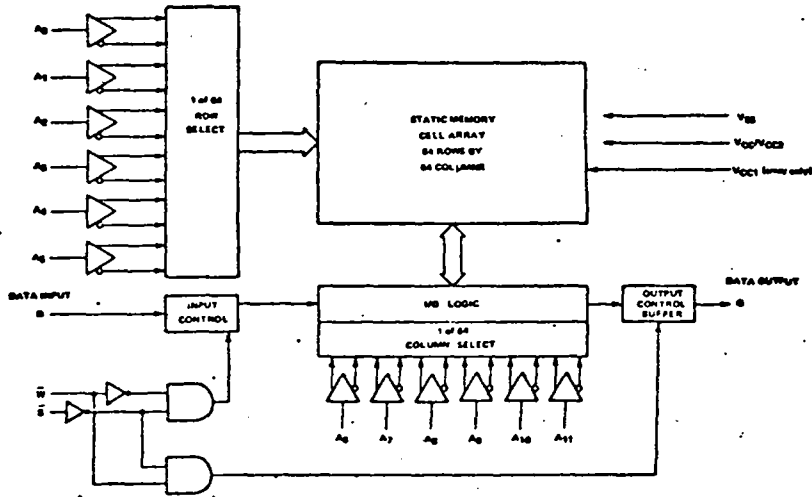
NOTE 1: Voltage values are with respect to the ground terminal.



TMS 4044, -45, -30, -25, -20, -15 JL, NL  
 TMS 4046, -45, -30, -25, -20, -15 JL, NL  
 4096-WORD BY 1-BIT STATIC RAMs

TMS 4044, -45, -30, -25, -20, -15 JL, NL  
 TMS 4046, -45, -30, -25, -20, -15 JL, NL  
 4096 WORD BY 1-BIT STATIC RAMs

functional block diagram



S	W	D	Q	MODE
H	X	X	HI-Z	Not Selected
L	L	L	HI-Z	Write "0"
L	L	H	HI-Z	Write "1"
L	H	X	DATA OUT	Read

recommended operating conditions

PARAMETER		MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, VCC	Operating	4.5	5	5.5	V
	Standby	2.4	5	5.5	
Supply voltage (array only), VCC1	Operating	4.5	5	5.5	V
	Standby	2.4	5	5.5	
Supply voltage (periphery only), VCC2	Operating	4.5	5	5.5	V
	Standby	0	0	5.5	
Supply voltage, VSS			0		V
High-level input voltage, VIH			2.0	5.5	V
Low-level input voltage, VIL			-0.5	0.8	V
Operating free-air temperature, TA			0	70	°C

electrical characteristics over recommended operating free air temperature ranges (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
VOH	High level voltage IOH = -200 µA VCC = 4.5 V	2.4			V
VOL	Low level voltage IOL = 2 mA VCC = 4.5 V			0.4	V
Ii	Input current Vi 0 to 5.5 V			10	µA
IOZH	Off-state output current, high level voltage applied S at 2.0 V or W at 0.8 V VO = 5.5 V			10	µA
IOZL	Off-state output current, low level voltage applied S at 2.0 V or W at 0.8 V VO = 0.4 V			10	µA
ICC	Supply current from VCC VCC = 5.5 V IO = 0 mA TA = 0°C (worst case dynamic conditions)	4044/46-45, -30, -25	50	90	mA
		4044/46-20, -15	80	118	
ICC1	Supply current from VCC1 (array only) VCC1 = 5.5 V IO = 0 mA TA = 70°C		5		mA
ICC2	Supply current from VCC2 (periphery only) VCC2 = 5.5 V IO = 0 mA TA = 0°C	4044/46-45, -30, -25	45		mA
		4044/46-20, -15	75		
Ci	Input capacitance Vi = 0 V f = 1 MHz			8	pF
Co	Output capacitance VO = 0 V f = 1 MHz			12	pF

† All typical values are at VCC = 5 V, TA = 25°C.

timing requirements over recommended supply voltage range and operating free-air temperature range

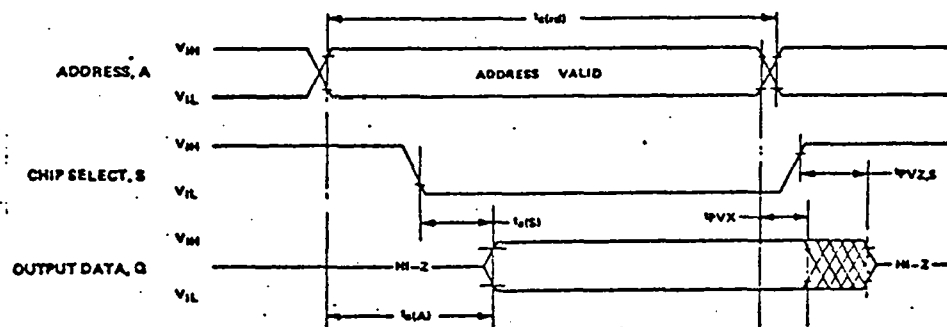
PARAMETER	TMS 4044-15	TMS 4044-20	TMS 4044-25	TMS 4044-30	TMS 4044-45	UNIT	
	TMS 4046-15	TMS 4046-20	TMS 4046-25	TMS 4046-30	TMS 4046-45		
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
tcrd	150		200		250		ns
tcwr	150		200		250		ns
tc(rw)	250		320		370		ns
tw(w)	80		100		150		ns
tsu(A)	0		0		0		ns
tsu(S)	60		100		150		ns
tsu(D)	60		100		150		ns
th(D)	0		0		0		ns
th(A)	20		20		20		ns



switching characteristics over recommended voltage range,  $T_A = 0^\circ\text{C}$  to  $70^\circ\text{C}$ ,  
 1 series 74 TTL load,  $C_L = 100$  pF

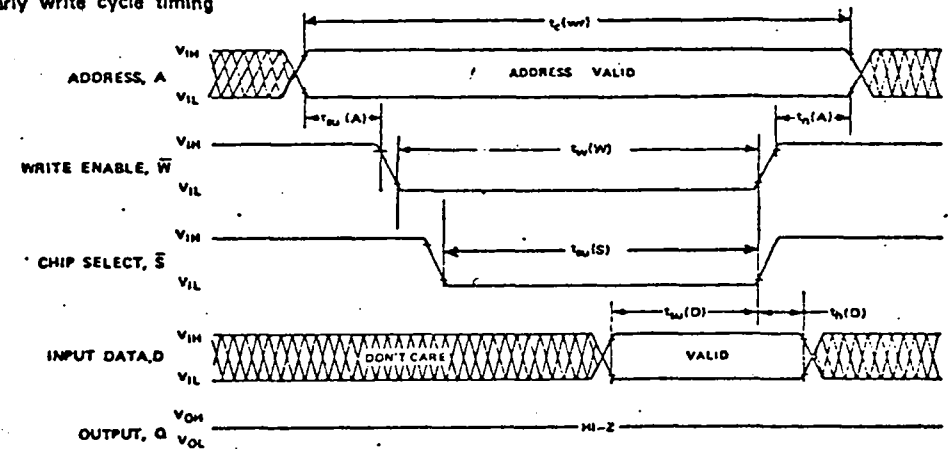
PARAMETER	TMS 4044-16		TMS 4044-20		TMS 4044-25		TMS 4044-30		TMS 4044-45		UNIT
	MIN	NCM	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MAX	
$t_a(A)$ Access time from address			150		200		250		300	450	ns
$t_a(S)$ Access time from chip select low			70		70		70		100	100	ns
$t_a(W)$ Access time from write enable high			70		70		70		100	100	ns
$t_{PVX}$ Output data valid after address change	10			10		10		10		10	ns
$t_{PVZ,S}$ Output disable time after chip select high			50		60		60		80	100	ns
$t_{PVZ,W}$ Output disable time after write enable low			50		60		60		80	100	ns

read cycle timing\*\*

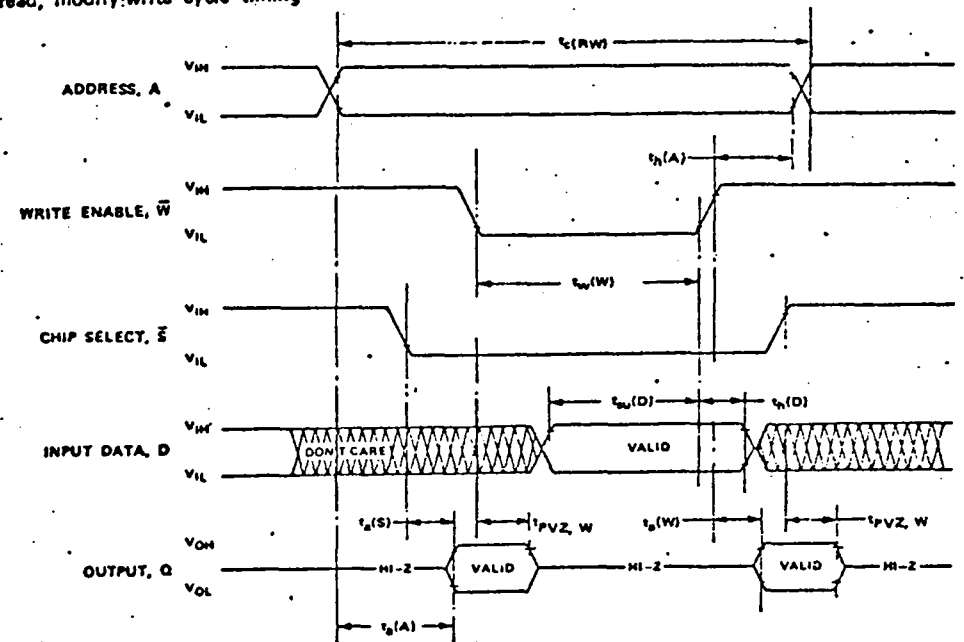


\*\* Write enable is high for a read cycle.

early write cycle timing



read, modify:write cycle timing

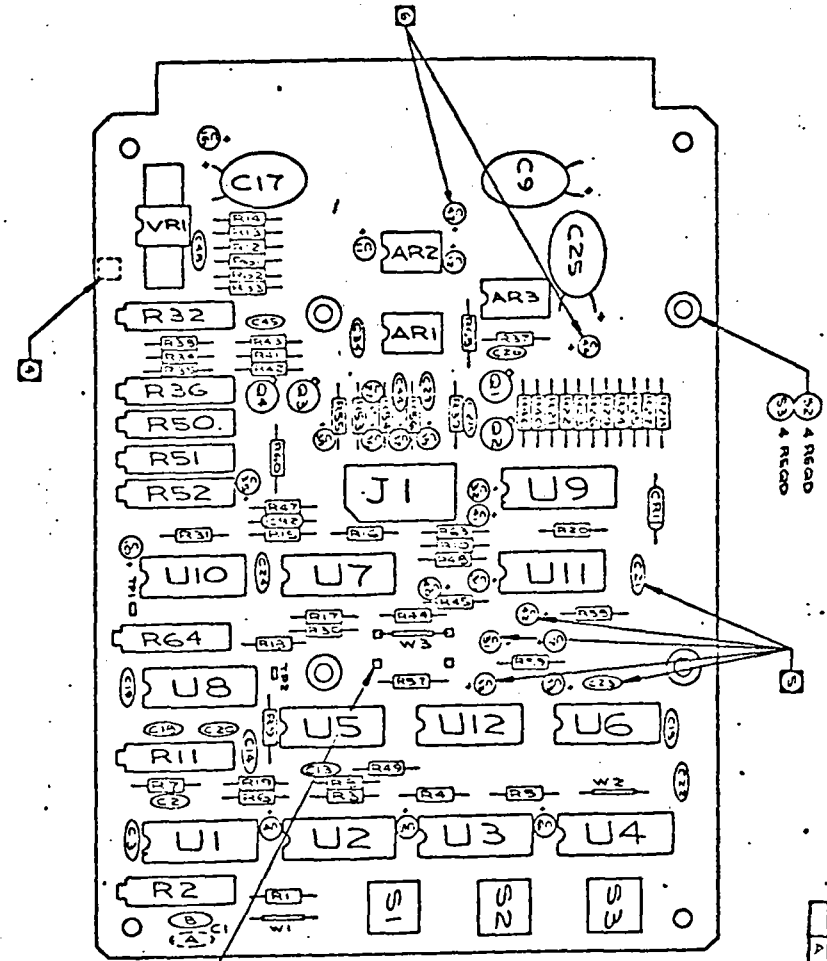


SECTION V

ALIGNMENT PROCEDURE

RC-100B MOTHERBOARD WITH RC110A-2 WITH RA32x32A ARRAY  
OR RC110A-1 WITH RA50x50 ARRAY

1. **Jumper Connections.** Split pads are provided to program the RC-100B board for the desired configuration. Refer to Table B of Drawing Number 011-0238 for proper configuration.
2. Monitor TP1. Adjust R2 for desired frequency. Maximum frequency is 1 MHz. Adjust R11 for a 600ns negative going pulse width.
3. Monitor P2-B. Set desired start pulse interval using rocker switches S1, S2, and S3 (if internal start is used). Start pulse interval must be at least 41 clock periods for a RA32x32A or 59 clock periods for a RA50x50, giving a minimum line "flyback" of 9 clock periods
4. Monitor TP2 and adjust R64 for a 100ns pulse width, sync scope at the EOF-TPON array board.
5. Monitor J1-I. With the array in complete darkness, adjust R13 (potentiometer on component side of array board) until the video is centered around -5V dc. Saturate the array, readjust so no signal or switch spike is more negative than -8V dc. Do not over saturate.
6. Monitor P2-N, darken the array and adjust R36 until the video elements are centered around the blanking level. (The blanking period is clamped to zero.)
7. Adjust R11 until optimum performance is derived on the video. Optimum adjustment of R11 results in a balance of maximum video output, minimum switching spikes, and fixed pattern tracking from dark to 90% of saturation.
8. The first element of each line is always low in amplitude. The second element's amplitude can be corrected by shorting out CR1, CR2 and/or CR3. This will vary with arrays and may require none, one, two, or all of these shorted out for best results.



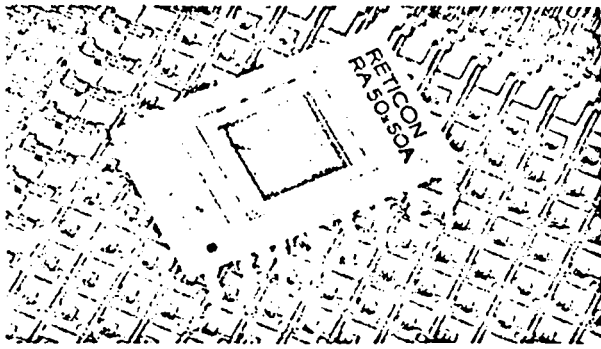
ASSEMBLY PCB BOARD MOTHER BOARD RC100B	RETICON
010-0238 A	

**NOTES: (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED)**

1. COMPONENT HEIGHT WITH STANDOFFS TO BE .31 MAX. REMAINING DIMENSIONS MAY BE .50 MAX.
2. LEAD PROTRUSION SHALL BE .09 MAX.
3. FOR SCHEMATIC SEE DWG 011-0238.
4. INKSTAMP ASSY REV LETTER IN LOCATION SHOWN US1 IS BLACK INK. COVER WITH ONE COAT OF CLEAR KRYLON NR1903.
5. LAY CA1, 23, 31, 33 & 42 DOWN BEFORE SOLDERING.
6. C46, 47 ARE FACTORY SELECT.
7. MASK HOLES FOR CI-A, EXT START AND CLOCK PRIOR TO DIP SOLDERING.

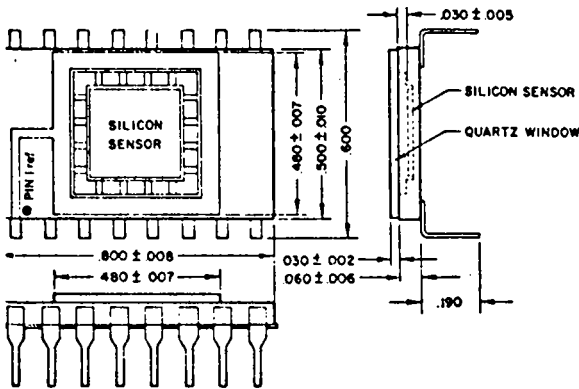
# RETICON<sup>®</sup> SOLID STATE IMAGE SENSOR ARRAYS

## RA-50x50A, RA-32x32A



The Reticon RA-50x50A is a two dimensional self-scanned optical sensor array consisting of 2500 silicon photodiodes in a 50x50 matrix. The RA-32x32A is identical in design, but has only 1024 photodiodes in a 32x32 matrix.

These devices are functionally equivalent to low resolution vidicon camera tubes, but with the advantages of higher geometric accuracy, high sensitivity, small size, low voltage, low power, and all-solid-state ruggedness and reliability. The RA-50x50A and RA-32x32A are designed for applications in the areas of pattern recognition, optical memories, surveillance and guidance. Some of the key features of these devices are:



- 2500 or 1024 light sensitive elements in a square matrix
- 4 mil element centers in both X and Y directions.
- Frame storage—each diode integrates photo-current for the entire frame time
- Self-scanned in both X and Y directions by on-chip shift registers and multiplexers to provide a single serial video output.
- Non-burning sensors
- Solid state reliability
- Low power dissipation
- 16 pin ceramic Dual-in-line package (0.6 Inch x 0.8 Inch) with scratch resistant quartz window

### GENERAL DESCRIPTION

RA-50x50A and RA-32x32A are housed in a 16-lead integrated circuit package (0.8 inch x 0.6 inch outline) with a lead and polished window. The devices are fabricated on a monolithic silicon chip containing the photodiode matrix, access switches and two integrated MOS shift registers for scanning in the X and Y directions. A block diagram and pin connections are shown in Fig. 1. Each shift register is driven by the X-register clock frequency, while the line rate is driven by the Y-register clock frequency.

and frame "flyback time" can be set arbitrarily by the frequency of the input start pulses, or alternatively the start pulse can be held low for operation in a continuous self-scanning mode with line and frame flybacks of two diode clock periods.

A basic circuit for driving the RA-32x32A or RA-50x50A in self-starting mode is shown in Fig. 2. This circuit uses a clock driver for both the X and Y registers and a desaturation first-stage video amplification. Clock switching can be largely eliminated and the video improved by using the CA10A op amp with a resettable integrator circuit such as the RC100A/110 available from RETICON.

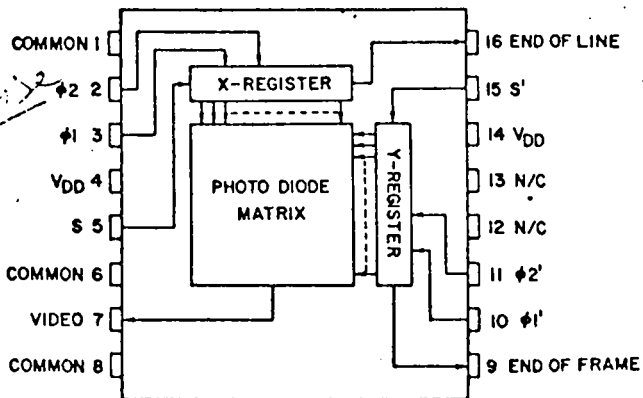


Figure 1. Block diagram and pin configuration.

Circle 63 on Reader Service Card  
 RETICON CORPORATION  
 910 BENICIA AVE., SUNNYVALE, CALIF. 94086  
 TEL. (415) 927-7535

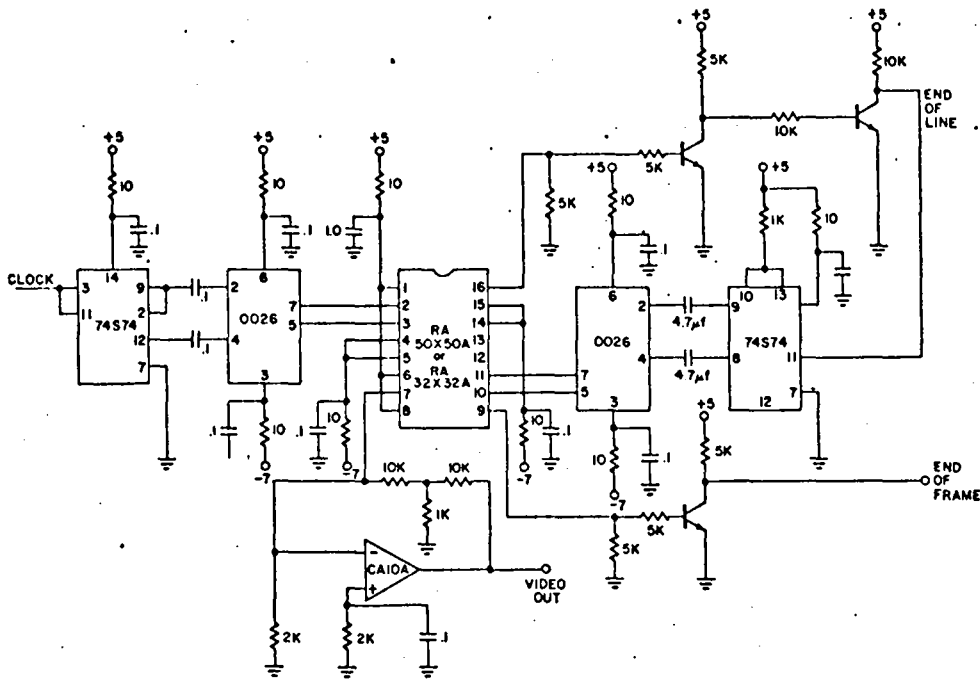


Figure 2. Basic Circuit for operation of RA-32x32A and RA-50x50A photodiode arrays.

### CLOCK AND START REQUIREMENTS

The X-register should be driven by complementary square wave clock phases  $\phi_1$  and  $\phi_2$  as shown in Figure 3. These two phases can be generated from an input TTL clock run at the desired data rate which supplies the basic timing. The Y-register is driven by complementary square wave clocks run at the desired line rate.

The start pulse for either register should be present during one positive-going transition of  $\phi_1$ , as is shown in Figure 3. The period between line start pulses should be at least 52 (34) times the sample period. The period between frame start pulses should be at least 50 (32) times the line period, but not more than 50 msec. If this frame time is exceeded, dark currents may make a significant contribution to the video signal.

If desired, the array may be operated in a self-starting mode with no external start pulse required. This is accomplished simply by connecting the start inputs to  $V_{DD}$ . In the self-starting mode the "flyback time" takes its minimum value of 2 sample periods as shown in the timing diagram of Figure 4.

### SIGNAL EXTRACTION

The video output appears on pin 7 and consists of a train of current pulses each containing a charge equal to the photocurrent in the corresponding photodiode integrated over a frame time. To obtain good signal to noise or dynamic range, these pulses should be processed by a resettable integrator which may be followed by a sample and hold circuit. Switching transients will be superimposed on the current pulses, but the effect of these is essentially eliminated by the integrator circuit which integrates the current flowing in each sample period including both the signal and the switching transients. Since the switching transients must integrate to zero, even low level signals can be recovered.

### END OF LINE AND END OF FRAME

End-of-line pulses appear one sample period after the last element in each line (see Figures 3 and 4). The end-of-line output can be used to time the Y-register clocks so that the next line can be scanned. After the last line is scanned, a new bit is automatically loaded into the Y-register to start a new frame if S' (frame start) is held low. If more sophisticated scanning is required, the Y-register should be timed by an externally generated TTL pulse train with an appropriate repetition rate. For example, an interlace pattern where only the odd lines are scanned in one frame and only the even lines in the next frame can be produced by clocking the Y-register at twice the line rate and adding one step at the end of each frame.

An end-of-frame output (see Figure 5) appears on pin 9 during the last and first line of each frame. This output can be used for frame synchronization purposes.

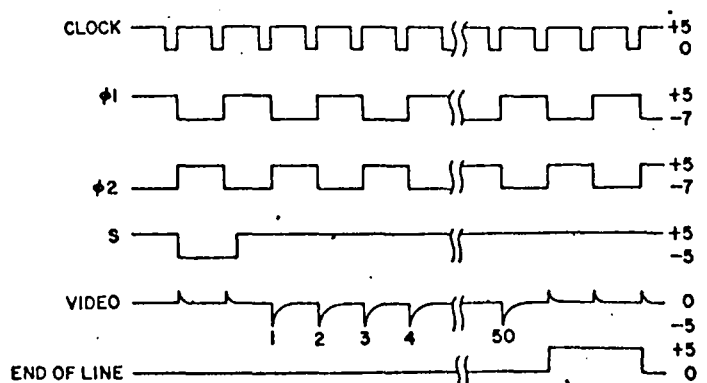


Figure 3. Timing diagram for operation with external line start pulse.

## CIRCUIT MODULES AND CAMERAS

The RETICON RC510A circuit modules contain all of the electronics required to evaluate these arrays with the exception of the power supply (also available from RETICON as the Model 510A). Voltages needed are +15 volts at 160 mA and -15 volts at 160 mA. The RC510A reduces circuit development time by immediately providing a working layout of components which include clock/start generator, drive and signal extraction functions, and sweep circuits for display of the video on a CRT monitor. A block diagram of this circuit module is shown in Fig. 6.

In addition to the RC510A circuit module, complete camera systems (MC510 series) are also available which contain, in a sealed housing, the RC510A circuit, an RA-50x50 or RA-32x32 photodiode array, and a choice of optics.

For instrumentation applications which require a high quality sampled-and-held video output, but do not require sweep circuits, RETICON also offers the RC100A/110 Interface Circuit. This circuit is essentially identical to those recommended for RETICON linear arrays, and is described in a separate data sheet for the RC100 Series Circuits. It is highly recommended that the RC100/110 be considered on all initial orders.

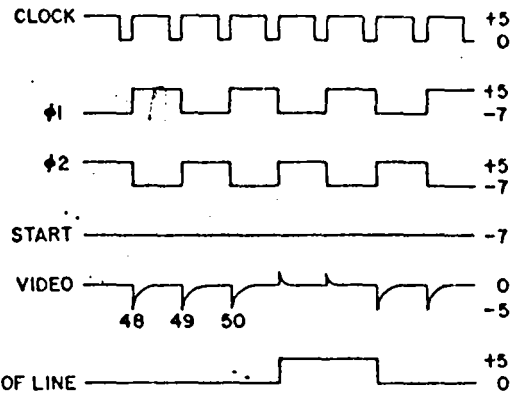


Figure 4. Timing diagram for operation in the self-starting mode.

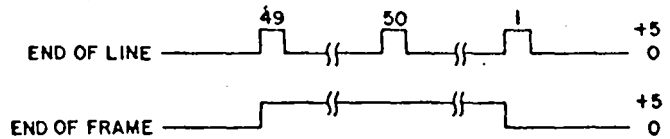


Figure 5. Timing diagram for end-of-frame output in the self-starting mode.

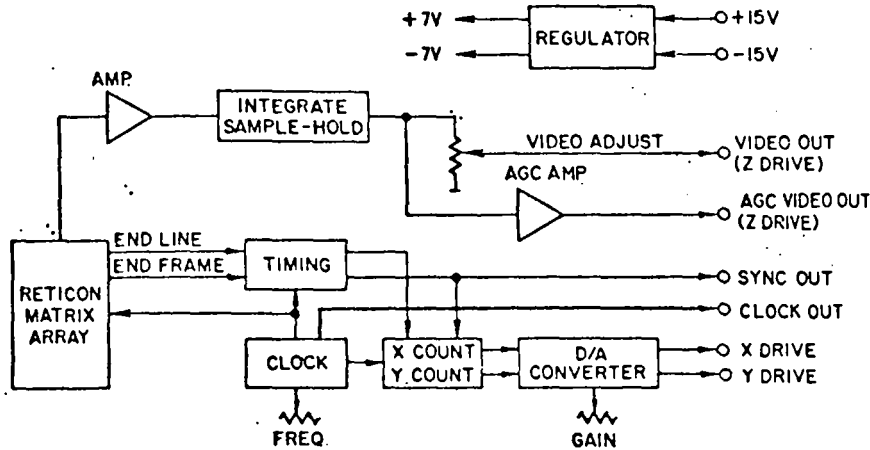


Figure 6. Block diagram of RC510A circuit module

## SENSITIVITY AND SPECTRAL RESPONSE

The RA-50x50A and RA-32x32A operate in the frame storage mode. This means that each diode integrates photocurrent for an entire frame time and empties the integrated charge onto the video line when it is sampled once each frame time. The sensitivity of each diode is, therefore, over 2500 (1024) times the sensitivity of an individual diode of equal size operated in the photoconductive mode. The output of each diode (below saturation) is proportional to the light intensity times the frame time and can be specified in terms of charge out per unit of exposure. A plot of output versus exposure is shown in Figure 7. Spectral response is typical of high quality diffused silicon photodiodes covering the range from .4 to 1.1  $\mu$  and peaking at .9  $\mu$ . Typical spectral response and quantum efficiency curves are shown in Figure 8.

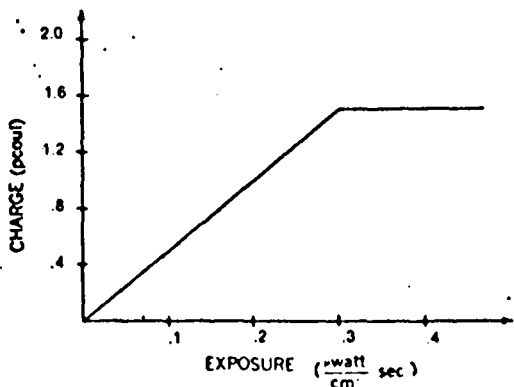


Figure 7. Charge output per cell versus exposure where exposure equals light intensity times frame time.

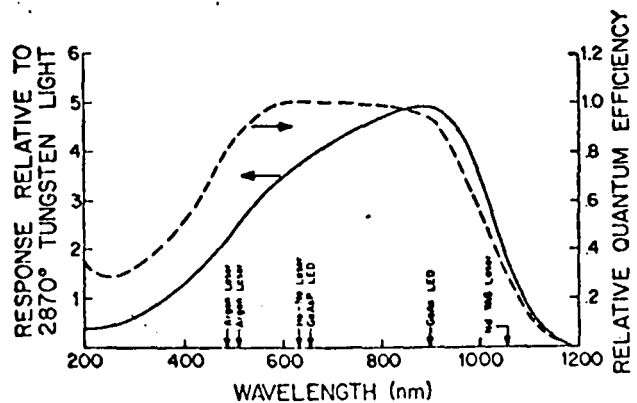
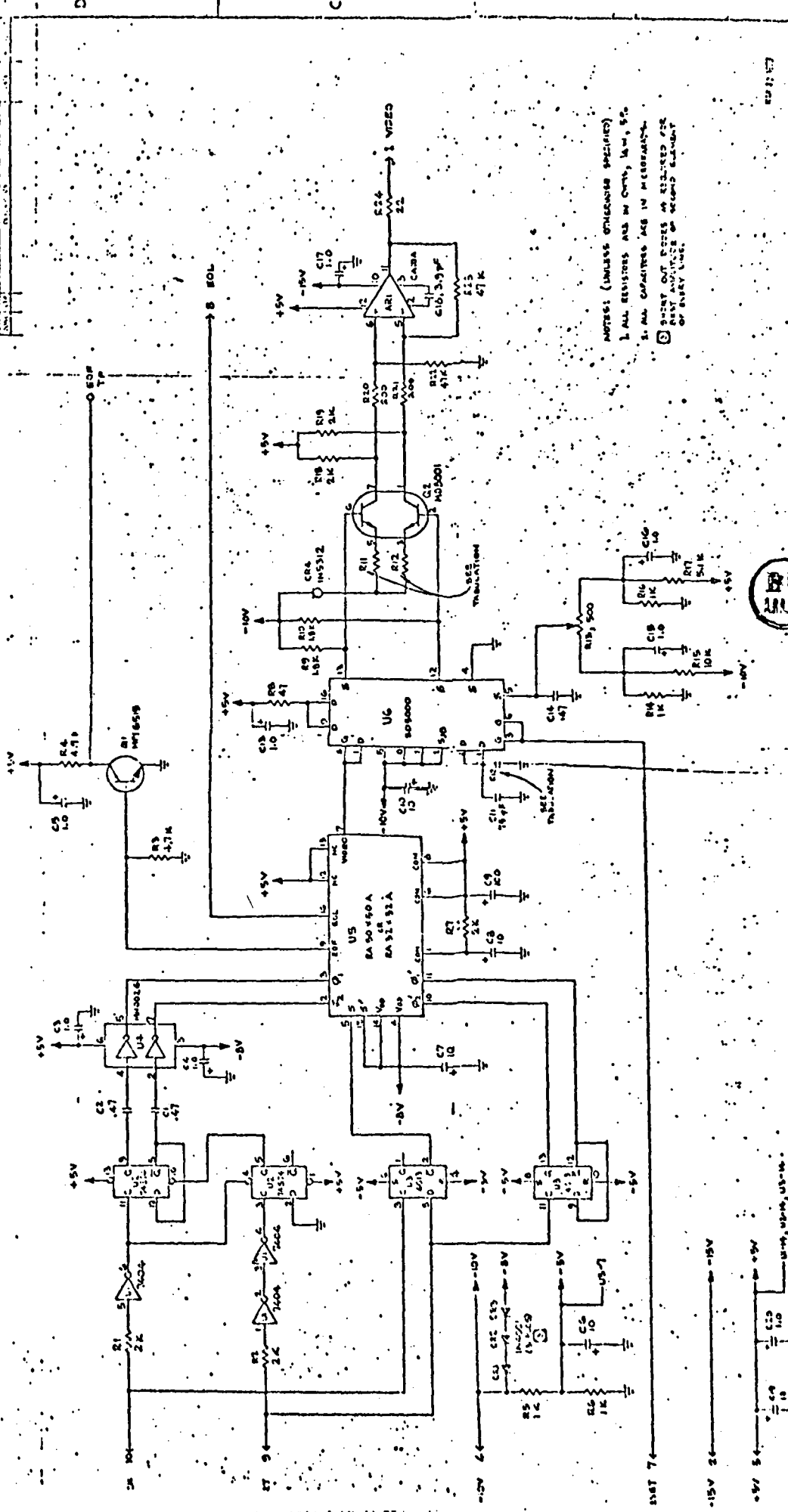


Figure 8. Typical spectral response and quantum efficiency.



NOTES: (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED)  
 1. ALL RESISTORS ARE IN OHMS, UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.  
 2. ALL CAPACITORS ARE IN MICROFARADS.  
 3. POINT OUT PAGES AS INDICATED FOR BEST ADVISOR ON SECOND EDITION OF BUREAU.



REV	DATE	BY	CHKD	DESCRIPTION
1				SCHEMATIC
2				SCHEMATIC
3				SCHEMATIC
4				SCHEMATIC
5				SCHEMATIC
6				SCHEMATIC
7				SCHEMATIC
8				SCHEMATIC

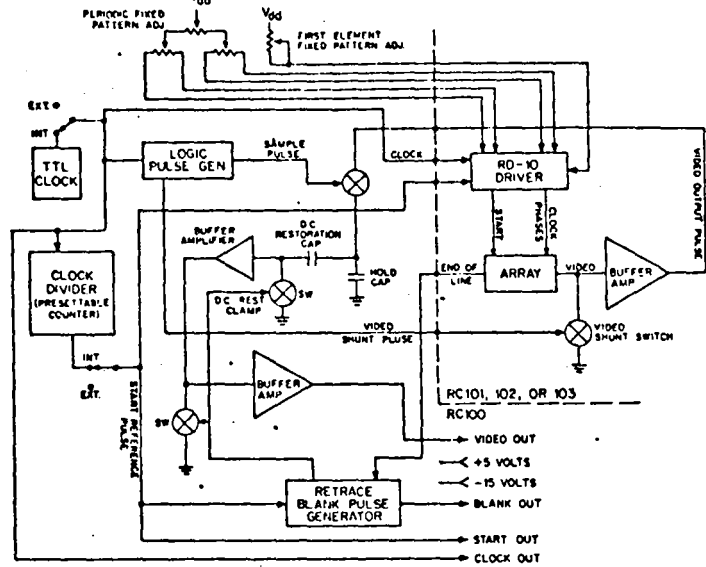
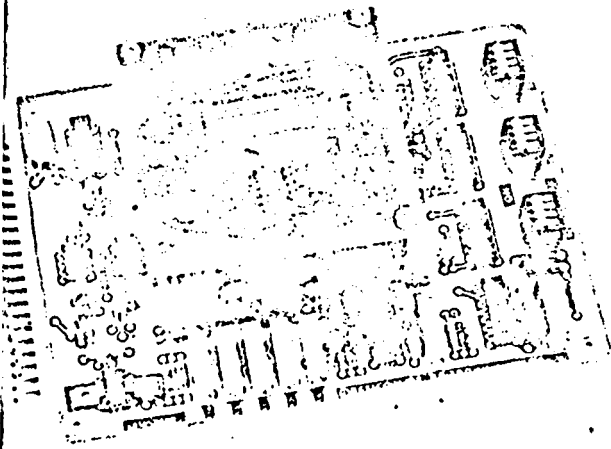
  

U1	7404	1	1
U2	7404	1	1
U3	7404	1	1
U4	7404	1	1
U5	7404	1	1
U6	7404	1	1
U7	7404	1	1
U8	7404	1	1

RESISTORS	CAPACITORS
R1 10K	C1 0.01
R2 2K	C2 0.01
R3 2K	C3 0.01
R4 1K	C4 0.01
R5 1K	C5 0.01
R6 1K	C6 0.01
R7 1K	C7 0.01
R8 1K	C8 0.01
R9 1K	C9 0.01
R10 1K	C10 0.01

1 2 3 4 5 6 7 8



The Reticon RC-100 series circuits provide all clock, start, video amplifier, and blanking requirements for Reticon "C" and "EC" series photodiode arrays. A photograph and a simplified block diagram are shown above. Each circuit consists of two boards: a 4.5x6.5 inch "motherboard" (RC-100) and a 3.0x3.0 inch "array board" (RC-101, 102, or 103). Because of differences in pin configuration different array boards are required for the various "C" series devices. The array board contains a socket for the photodiode array, a Reticon RD-10 driver, and part of the amplifier circuit. It is intended to be mounted in a camera or reading head and be connected via a 16-conductor 30-inch (max.) ribbon

cable to the motherboard. The motherboard contains clock and start generators, a blanking circuit and the balance of the amplifier circuit. It accepts power supply inputs and provides the processed array outputs through an edge connector. Some key features of the circuit are the following:

- Accepts all "C" and "EC" series photodiode arrays
- Internal or external clock and start
- Operates at clock rates from 2 KHz to 2 MHz
- Sampled and held box car video output
- Output blanking provided between scans
- Wide dynamic range-up to 400:1 saturated output to dark level fixed pattern

### MECHANICAL CONFIGURATION

The RC-100 board is 4.5x6.5 inches in size and is terminated by a standard 22 pin edge connector.

The RC-101, 102 and 103 array boards are three inches square and have mounting holes located in each corner with 2.6 inch center-to-center spacing. A socket for the array is centered on one side of the board and all other components are located on the reverse side. This board may be plugged directly into the RC-100 board or remotely located and connected by a 16-conductor ribbon cable up to 30 inches in length (see Figure 1).

### CLOCK CIRCUIT

The basic timing (see Figure 2) is provided by a clock which may be supplied externally (TTL level) or generated internally by a monostable oscillator on the RC-100 board. External or internal clock is selected by jumper E2. The clock frequency determines the diode sample rate and may be set at any value between 2 KHz and 2 MHz. If internal clock is selected the frequency is determined by capacitor C1 and potentiometer R6. This pot can be used to vary the frequency from 2 MHz to 300 KHz with-

out changing C1. To obtain a lower frequency range, C1 should be increased in inverse proportion to the desired frequency.

### FOUR PHASE/TWO PHASE OPERATION

The basic clock is divided down to produce two or four clock phases as required to drive the Reticon "EC" or "C" series photodiode arrays respectively. Two or four phase operation is selected by jumper E7.

### START PULSE

In addition to the clock, a start pulse is required to initiate each scan. The start pulse may be provided externally (TTL level) or generated internally by counting clock pulses. External or internal start is selected by jumper E5. If internal start is selected the count may be set at any value between 2 and 4096 using the set of 12 rocker switches numbered 0 through 11. Setting any of these switches to ON adds a count of 2 raised to the power indicated by the number of the switch. The total count is one plus the sum of the counts due to all of the switches which are set to ON. For example, a count of 260 is achieved by setting switches 8, 1 and 0 to give  $(2^8 + 2^1 + 2^0) + 1 = (256 + 2 + 1) + 1 = 260$ .



the count should always be set at least five greater than the number of elements in the array for two phase operation, and at least eight greater than the number of elements in the array for four phase operation. Longer counts may be used to increase exposure time so that lower light levels may be detected.

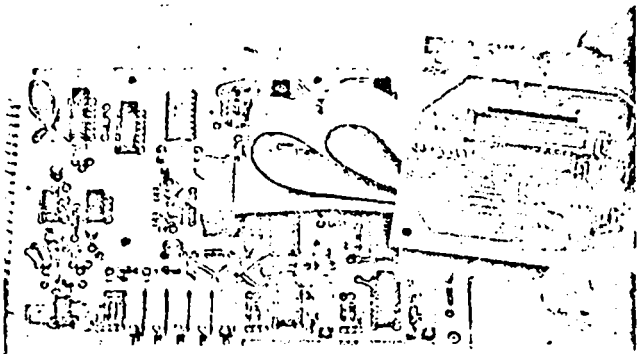


Figure 1. Photograph of RC-100 board with RC-103 board connected by ribbon cable.

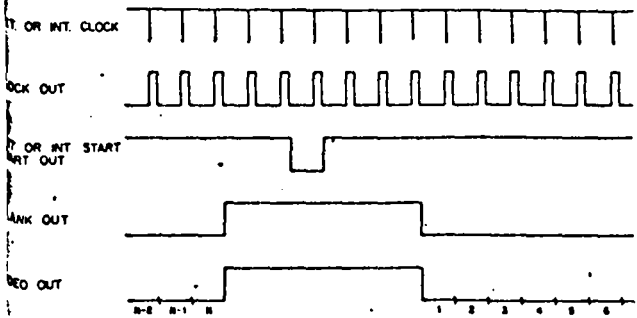


Figure 2. Timing diagram showing RC-100 outputs and optional clock and start inputs. The blanking period shown corresponds to an N element array with a clock count between start pulses of N + 6.

### SIGNAL EXTRACTION

In addition to the two or four clock phases and start pulse, periodic video sampling and reset pulses are also generated from the basic clock. The timing of these pulses with respect to one of the clock phases is shown in the lower portion of Figure 3.

After entering a start pulse, the diodes in the array are interrogated in sequence by connecting them through their internal MOS multiplex switches to the output video line. Each multiplex switch is closed for one negative half-cycle of a clock phase with alternate diodes being sampled by different clock phases. An equivalent circuit of a single cell under interrogation is shown in the upper portion of Figure 3. When  $\phi_1$  goes negative, the multiplex switch is closed and the diode capacitance  $C_d$  is discharged onto the video line capacitance  $C_o$  with a time constant of about 5 nsec. After reaching a steady state, the video line voltage is amplified and sampled onto a hold capacitor. The reset switch is then closed to reset the diode for the next integration period. The result is a video output in which

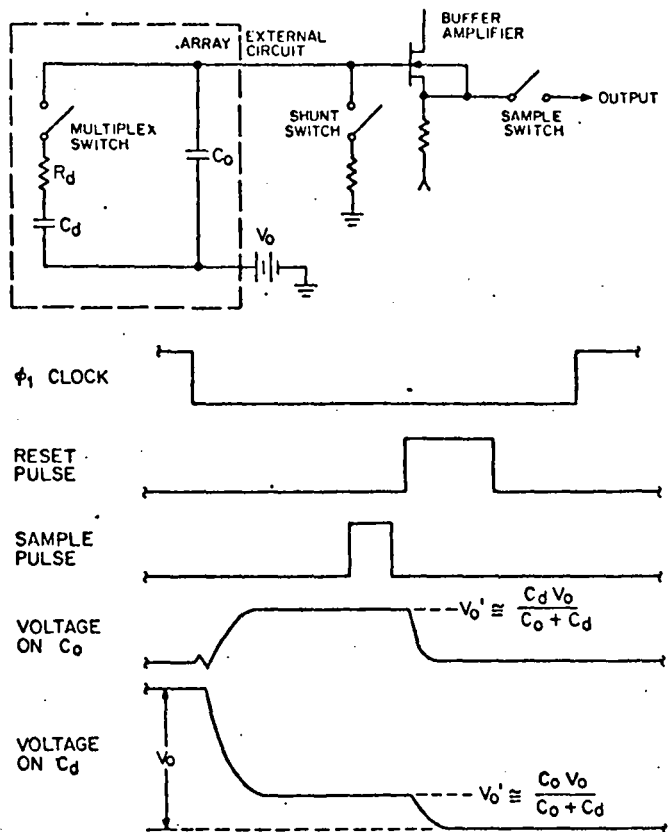


Figure 3. Simple equivalent circuit and timing diagram of a single photodiode array cell under interrogation.

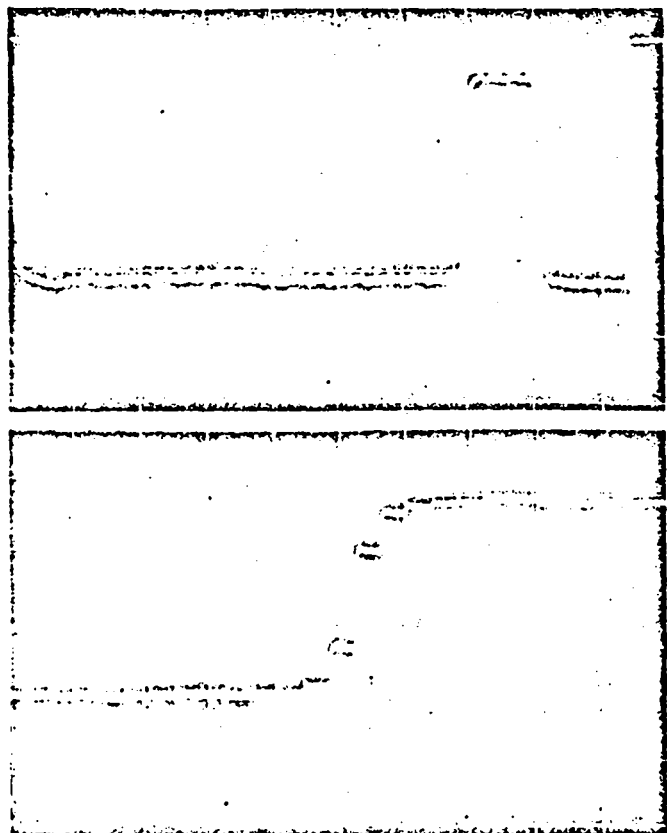


FIGURE 4. Oscilloscope photographs showing the video output waveform from an RL512C array operated in an RC100/102 circuit at 500 KHz scan rate. In this example, a backlighted needle was imaged onto the array. (a) Full scan showing the image of the needle on the right. (b) Expanded time base showing a single light to dark transition.

the signal voltage from each cell is sampled and held for one clock period to produce a "boxcar" waveform with wide dynamic range. Oscilloscope photographs of a typical video waveform are shown in Figure 4.

Because of differences in the video capacitance  $C_0$ , the saturated output voltage and dynamic range of the circuit will differ from one array type to another. Typical values for the various "C" and "EC" series arrays are listed in the following table. The table also indicates which array board is required for each array and whether it should be set for two phase or four phase operation.

In the table, the dynamic range is defined as the ratio of saturated output to the peak-to-peak amplitude of the random fixed pattern in the dark. This fixed pattern is due to element to element variations over the length of an array and will vary somewhat in shape and magnitude from one unit to another. Periodic fixed patterns which may also be present due to clock imbalance can easily be removed using the potentiometer adjustments described in the next section.

In contrast to the above definition, dynamic range is often specified as the ratio of saturated output to the rms noise on each individual picture element. If this definition is used, dynamic ranges in excess of 1000:1 can be obtained.

ARRAY BOARD	ARRAY	PHASE	TYPICAL <sup>1</sup> OUTPUT VOLTAGE	TYPICAL <sup>2</sup> DYNAMIC RANGE
RC101	RL128EC	2	4.0	400:1
	RL128EC/17	2	3.2	320:1
	RL256C	4	2.0	200:1
	RL256C/17	4	1.6	160:1
RC102	RL256EC	2	4.0	400:1
	RL256EC/17	2	3.2	320:1
	RL512C	4	2.0	200:1
	RL512C/17	4	1.6	160:1
RC103	RL384EC	2	4.0	400:1
	RL384EC/17	2	3.2	320:1
	RL512EC	2	3.0	300:1
	RL512EC/17	2	2.4	240:1
	RL768C	4	2.0	200:1
	RL768C/17	4	1.6	160:1
	RL1024C	4	1.5	150:1
RL1024C/17	4	1.2	120:1	

Note 1: Load resistance 1 Kohm or greater.

Note 2: Ratio of saturated output voltage to dark level fixed pattern neglecting first two and last elements.

## BLANKING

The start pulse and the end-of-scan output of the array are combined on the circuit board to produce a blanking pulse. The blanking pulse is available externally and is also used internally to blank the video output between scans.

## I/O TERMINALS AND ADJUSTMENTS

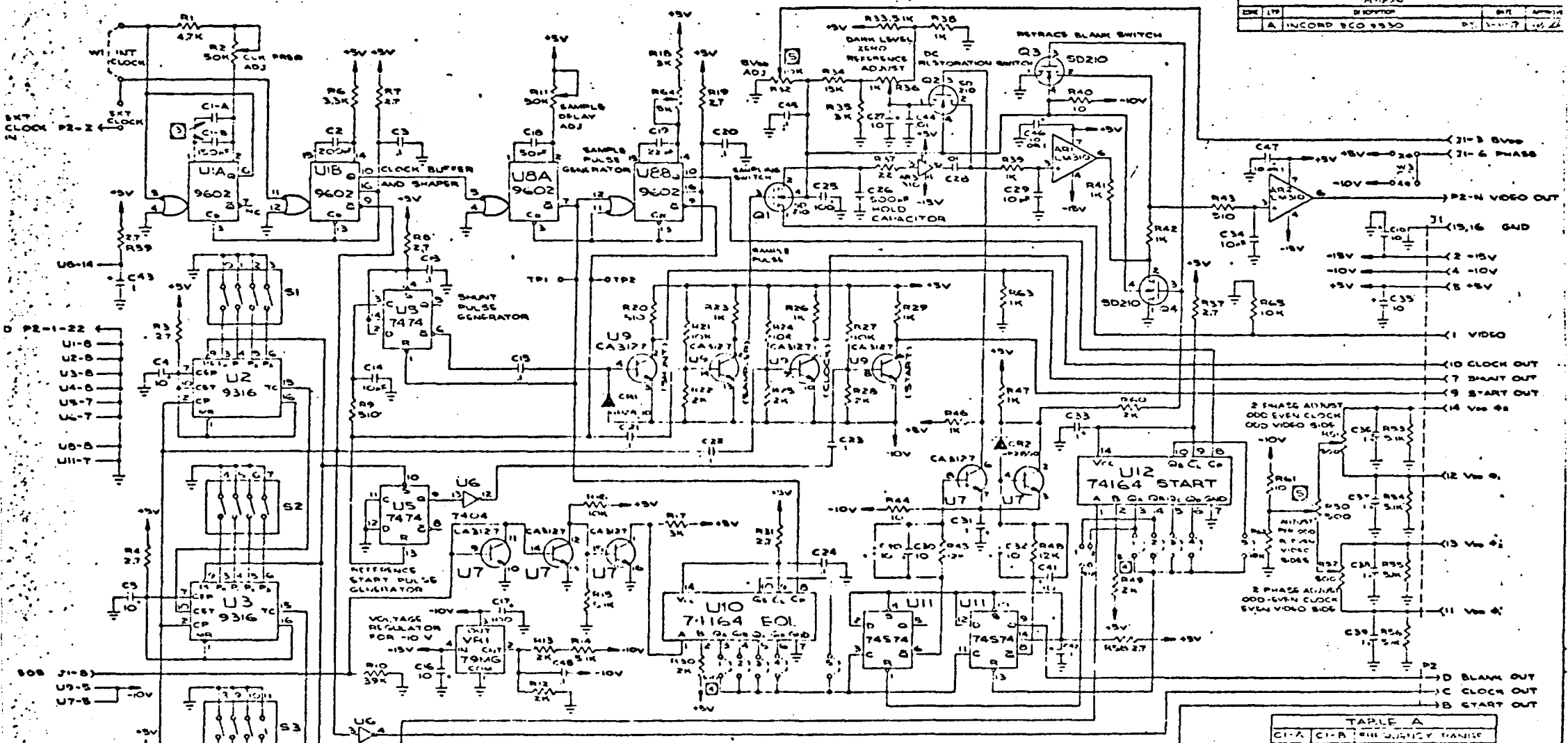
The following input and output terminals are provided on the edge connector of the RC-100 board. The relative timing of the signals on these terminals is shown in Figure 2.

SIGNAL	TERMINAL NO.	REMARKS
EXT CLOCK INPUT	Z	TTL level. Use only when E <sub>2</sub> is jumper connected to E <sub>3</sub>
EXT START INPUT	A	TTL level. Use only when E <sub>5</sub> is jumper connected to E <sub>6</sub> .
+5 ±0.1 VOLTS	E	370 mA max.
-15 ±0.1 VOLTS	Y	130 mA max.
GROUND	1 to 22	All topside contacts
VIDEO OUT	N	Output impedance 2.5 ohms
BLANK OUT	D	TTL level
CLOCK OUT	C	TTL level
START OUT	B	TTL level

Several adjustments are provided in the circuit to add to its flexibility and to allow for balancing out any fixed patterns which may be present in the video. The following table summarizes these adjustments. All adjustments are on the RC-100 board except the last one listed which is on the array board.

ADJUSTMENT	FUNCTION
E <sub>2</sub> Jumper	Select external or internal clock
E <sub>5</sub> Jumper	Select external or internal start
E <sub>7</sub> Jumper	Select 2 phase or 4 phase operation
R <sub>6</sub> Potentiometer	Adjust internal clock frequency
S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub> Switches	Set clock count between internal start pulses
R <sub>1</sub> , R <sub>2</sub> , R <sub>3</sub> Potentiometers	Adjust to remove periodic fixed pattern in dark level
R <sub>4</sub> Potentiometer	Adjust to balance output of first two video elements
R <sub>15</sub> Potentiometer	Adjust sample delay time
R <sub>26</sub> Potentiometer	Adjust retrace blank offset
R <sub>4</sub> Potentiometer (Array Board)	Adjust video pulse offset

REV	DATE	BY	APP'D
A	INCORP 800 9930		



NOTES (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED):  
 1 RESISTORS ARE IN OHMS, KW, OR  
 2 CAPACITORS ARE IN MICROFARADS  
 3 SEE TABLE 'A' FOR COMPONENT  
 VALUE.  
 4 SEE TABLE 'B' FOR JUMPER  
 CONNECTIONS.  
 5 1505122 A 32 HAVE NO CONTROL  
 WHEN A 'G' SERIES, 'H' SERIES ARRAY,  
 OR R100 BOARD IS USED.  
 6 C1-A IS FACTORY OPTION

HIGHEST USED	NOT USED
U10	
U11	
U12	
U13	
U14	
U15	
U16	
U17	
U18	
U19	
U20	
U21	
U22	
U23	
U24	
U25	
U26	
U27	
U28	
U29	
U30	
U31	
U32	
U33	
U34	
U35	
U36	
U37	
U38	
U39	
U40	
U41	
U42	
U43	
U44	
U45	
U46	
U47	
U48	
U49	
U50	
U51	
U52	
U53	
U54	
U55	
U56	
U57	
U58	
U59	
U60	
U61	
U62	
U63	
U64	
U65	
U66	
U67	
U68	
U69	
U70	
U71	
U72	
U73	
U74	
U75	
U76	
U77	
U78	
U79	
U80	
U81	
U82	
U83	
U84	
U85	
U86	
U87	
U88	
U89	
U90	
U91	
U92	
U93	
U94	
U95	
U96	
U97	
U98	
U99	
U100	

START BIT	EOL BIT	RESTARTING BIT
1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	1	1
5	1	1
6	1	1
7	1	1
8	1	1
9	1	1
10	1	1
11	1	1
12	1	1
13	1	1
14	1	1
15	1	1
16	1	1
17	1	1
18	1	1
19	1	1
20	1	1
21	1	1
22	1	1
23	1	1
24	1	1
25	1	1
26	1	1
27	1	1
28	1	1
29	1	1
30	1	1
31	1	1
32	1	1
33	1	1
34	1	1
35	1	1
36	1	1
37	1	1
38	1	1
39	1	1
40	1	1
41	1	1
42	1	1
43	1	1
44	1	1
45	1	1
46	1	1
47	1	1
48	1	1
49	1	1
50	1	1
51	1	1
52	1	1
53	1	1
54	1	1
55	1	1
56	1	1
57	1	1
58	1	1
59	1	1
60	1	1
61	1	1
62	1	1
63	1	1
64	1	1
65	1	1
66	1	1
67	1	1
68	1	1
69	1	1
70	1	1
71	1	1
72	1	1
73	1	1
74	1	1
75	1	1
76	1	1
77	1	1
78	1	1
79	1	1
80	1	1
81	1	1
82	1	1
83	1	1
84	1	1
85	1	1
86	1	1
87	1	1
88	1	1
89	1	1
90	1	1
91	1	1
92	1	1
93	1	1
94	1	1
95	1	1
96	1	1
97	1	1
98	1	1
99	1	1
100	1	1

C1-A	C1-A THERMISTOR RANGE
100	100
101	100
102	100
103	100
104	100
105	100
106	100
107	100
108	100
109	100
110	100
111	100
112	100
113	100
114	100
115	100
116	100
117	100
118	100
119	100
120	100
121	100
122	100
123	100
124	100
125	100
126	100
127	100
128	100
129	100
130	100
131	100
132	100
133	100
134	100
135	100
136	100
137	100
138	100
139	100
140	100
141	100
142	100
143	100
144	100
145	100
146	100
147	100
148	100
149	100
150	100
151	100
152	100
153	100
154	100
155	100
156	100
157	100
158	100
159	100
160	100
161	100
162	100
163	100
164	100
165	100
166	100
167	100
168	100
169	100
170	100
171	100
172	100
173	100
174	100
175	100
176	100
177	100
178	100
179	100
180	100
181	100
182	100
183	100
184	100
185	100
186	100
187	100
188	100
189	100
190	100
191	100
192	100
193	100
194	100
195	100
196	100
197	100
198	100
199	100
200	100

**RETICON** RETICON CORPORATION

**SCHEMATIC MOTHER BOARD R100B**

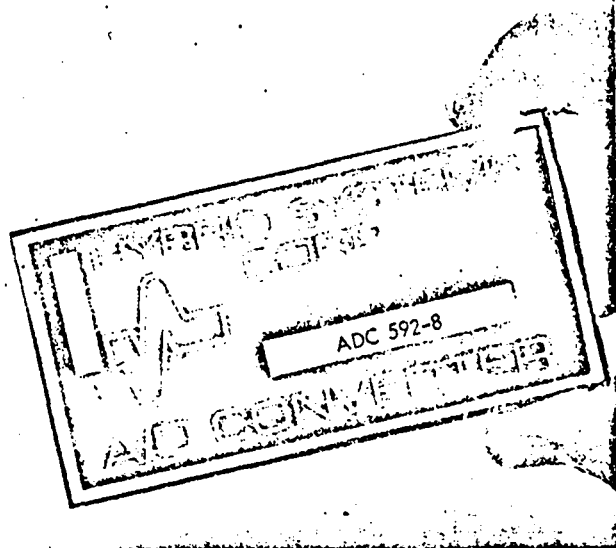
DATE: 11/17/77

REV: A

Q11-0238

## Ultra Fast ADC- 8 Bits in 800 nSec!!

- PROGRAMMABLE — 4 THROUGH 8 BITS
- BI-POLAR — UNIPOLAR
- COMPACT — 2" x 4" x 0.4"
- PC MOUNTING



### General Description

The ADC592-8 represents a price-performance breakthrough in high speed modular A/D converters. A full 8 bit conversion is achieved in 800 nS by successive approximation techniques. Even faster conversions are possible at reduced resolution by simple pin interconnection.

The converter is pretrimmed to specified accuracy for standard inputs. However, a wide range of unipolar and bipolar inputs may be accommodated by using one or two external resistors.

The ADC591-8 is identical in most respects to the ADC 592-8; It differs in that it is slower (1 $\mu$ Sec vs. 800 $\mu$ Sec) and less expensive.

### Other Models

Hybrid Systems manufactures a wide range of other units of this type as well as many other data conversion modules. Please call or write for more information.

### Summary Specifications

MODEL	592-8
RESOLUTION	8 Bits, Selectable
CONVERSION TIME	800nS-1.2S
OUTPUT CODES	Binary, Offset Binary
SAMPLING RATE	1.1/1.0 MHz
ACC. TEMPCO	50/50 ppm/ $^{\circ}$ C
STD. INPUT RANGE	0 to +10, -5 to +5V
SIZE	2" x 4" x 0.4"

### Applications Assistance

Please call our Applications Department whenever you have a question about this unit. They will be happy to help you.

### Ordering Information

MODEL	
ADC592-8	8 bits, 800 nS

**HYBRID SYSTEMS CORP.**

©1973 Hybrid Systems Corp.  
Printed in U.S.A.

87 Second Ave., Burlington, Mass. 01203 TWX: 710-332-7534 Tel: 617/272-1522

Prices and specifications subject to change without notice.

BULLETIN ADC592/591-2 3  
August 1973 Revised



# SPECIFICATIONS

<b>DIGITAL</b>	592-8/591-8
Conversion type	Successive approximation
Resolution	Selectable, up to 8 bits
Output code	Binary, offset binary, parallel only
Output type	TTL, DTL compatible
"0"	$< +0.5V$
"1"	$> +2.5V$ } drives up to 4 TTL loads
Conversion time	8 bits, 800 nS/1 $\mu$ S max.
	4 bits, 500/600 nS max.
Max sampling rate	1.1/1.0 MHz

<b>ANALOG</b>	
Input range	0 to +10V, -5V to +5V
Input impedance	2.5 K
Reference	Internal

<b>ACCURACY &amp; STABILITY</b>	
Accuracy	0.2% F.S.
Quantization	$\pm 1/2$ LSB
Accuracy vs. temp.	50 PPM/ $^{\circ}C$
Linearity vs. temp.	30 PPM/ $^{\circ}C$
Long term stability	0.05% / year

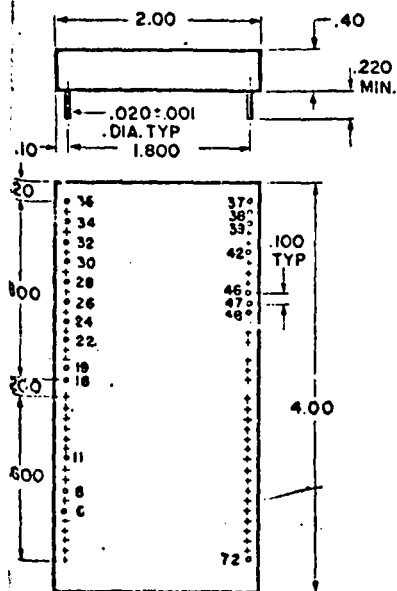
<b>RELIABILITY</b>	
Construction	Encapsulated modules factory repairable
Factory burn-in	72 hours

<b>ENVIRONMENTAL</b>	
Operating temperature Standard versions	0 to +70 $^{\circ}C$
—MIL versions	Consult factory

<b>POWER SUPPLY</b>	+15V $\pm 2\%$ , 55 mA
	-15V $\pm 10\%$ , 30 mA
	+5V, 225 mA

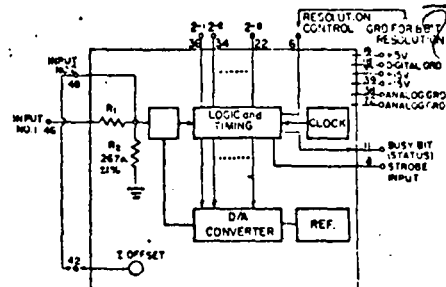
<b>POWER SUPPLY REJECTION</b>	+15V, 0.05% / %
	-15V, 0.02% / %

## MECHANICAL



PIN NO	FUNCTION
6	RESOLUTION CONTROL
8	STROBE
11	STATUS
18	DIGITAL GRD
19	+5VDC
22	2-8
24	2-7
26	2-6
28	2-5
30	2-4
32	2-3
34	2-2
36	2-1
37	+15VDC
38	ANALOG GRD
39	-15VDC
42	BIPOLAR
46	ANALOG IN NO. 1
47	NO CONNECTION
48	ANALOG IN NO. 2
72	ANALOG GRD

## BLOCK DIAGRAM

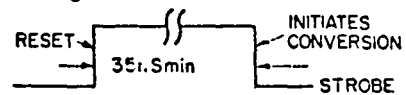


FOR BIPOLAR OPERATION CONNECT PIN 48 TO PIN 42

NOTE: ALWAYS CONNECT DIGITAL GRD (18) TO ANALOG GRD (38); JUMPER PINS 38 AND 72 TOGETHER.

## NOTES ON USE

### 1. Timing



Both the strobe input and the busy bit are standard TTL levels.

### 2. Input Overload

For an over-range input, the digital outputs are all 1's.

### 3. Input

- Unipolar -- 0 to +10V  
Input #1 is set for a 0 to +10V input range; ground pin 42.
- Bipolar --  $\pm 5V$   
Connect pin 48 to pin 42 and apply input signal to Input #1 (46).

### 4. Other Ranges

Input #2 may be used for arbitrary input ranges. Add appropriate resistor for 0.75V nominal full scale voltage across R2.

### 5. Resolution

For 8 bit resolution, ground the resolution control (pin 6). For less than 8 bit resolution, jumper the resolution control to the first bit beyond the desired resolution (e.g. for 4 bit resolution, jumper resolution control to bit 5).

REPRESENTED BY

OBJECTIVE SPECIFICATION

8X02

FUNCTIONAL DESCRIPTION

The 8X02 Control Store Sequencer is an LSI device using Low Power Schottky technology and is intended for use in high performance microprogrammed applications. When used alone, the 8X02 is capable of addressing up to 1k words of microprogram. This may be expanded to any microprogram size by conventional paging techniques.

The Address Register consists of ten D-type, edge-triggered flip-flops with a common clock. A new address is entered into the Address Register on the LOW-to-HIGH transition of the clock. The next address to be entered into the Address Register is supplied via the Address Multiplexer.

The Address Multiplexer is a five-input device that is used to select either the branch input, +1 addr, +2 addr, stack register file, or ground (all zeros) as the source of the next microinstruction address. The proper multiplexer channel is automatically selected via the Decoder Logic according to the Address Control Function Input and Test Input line.

The +1, +2 logic is used to increment the present contents of the Address Register Register by one or two, depending on the function input command. Thus, the next address to the Control Store ROM/PROM may be either the current address plus one (N+1) or the current address plus two (N+2) if the same Microprogram Address is to be used on successive occasions, the clock to the 8X02 must simply be disabled; therefore, no new address is loaded into the Address Register.

The Stack File Register is used to provide a return address linkage whenever a subroutine or loop is executed. The 4X10 stack oper-

ates in a last-in, first-out (LIFO) mode, with the stack pointer always pointing to the next address to be read. Operation of the stack pointer is automatically controlled by the Address Control Function inputs. Since the stack is four words deep, up to four loops and/or subroutines may be nested.

The branch input is a ten-bit field of direct inputs to the multiplexer which can be selected as the next control store address. Using the appropriate branch command, an N-way branch is possible where N is the address of any micro-instruction within the 1024 word microcode page. Likewise, the RESET command is a special case of an N-way branch in which the multiplexer selects an all zeros input, forcing the next microinstruction address to be ZERO.

The Test input line is used in conjunction with the conditional execution of four Address Control Function commands. When the Test input is false (LOW), the sequencer simply increments to the next address (N+1). When it is true (HIGH), the sequencer executes a branch as defined by the input command, thereby transferring control to another portion of the microprogram.

All Address Output lines of the 8X02 are three-state buffered outputs with a common enable line (EN). When the Enable line is HIGH, all outputs are placed in a high-impedance state, and external access to the control store ROM/PROM is possible. This allows a preprogrammed set of microinstructions to be executed from external or built-in test equipment (BITE), vectored interrupts, and Writable Control Store if implemented.

NEXT ADDRESS CONTROL FUNCTION

MNEMONIC	DESCRIPTION	FUNCTION AC <sub>2-10</sub>	TEST	NEXT ADDRESS	STACK	STACK POINTER
TSK	Test & skip	000	False True	Current + 1 Current + 2	N.C. N.C.	N.C. N.C.
INC	Increment	001	X	Current + 1	N.C.	N.C.
BLT	Branch to Loop if test input true	010	False True	Current + 1 Stack reg file	X POP (read)	Decr Decr
POP	POP stack	011	X	Stack reg file	POP (read)	Decr
BSR	Branch to subroutine if test input true	100	False True	Current + 1 Branch addr.	N.C. PUSH (Curr+1)	N.C. Incr
PLP	Push for looping	101	X	Current + 1	PUSH (Curr + 1 Addr)	Incr
BRT	Branch if test input true	110	False True	Current + 1 Branch addr.	N.C. N.C.	N.C. N.C.
RST	Set micro-program addr. output to zero	111	X	All 0's	N.C.	N.C.

X = Don't care  
N.C. = No change

ENCLOSURE

MICROPROCESSOR

OBJECTIVE SPECIFICATION

8X02

FUNCTIONAL DESCRIPTION

The following is a description of each of the eight Next Address Control Functions (AC<sub>2-AC<sub>9</sub></sub>)

MNEMONIC	FUNCTION DESCRIPTION
TSK	AC <sub>2-0-000</sub> : TEST & SKIP Perform test on TEST INPUT LINE. If test is Next Address - Current Address + 1 FALSE (LOW): Stack Pointer unchanged If test is Next Address - Current Address + 2 TRUE (HIGH) (i.e. Skip next microinstruction) Stack Pointer unchanged
INC	AC <sub>2-0-001</sub> : INCREMENT Next Address - Current Address + 1 Stack Pointer unchanged
BLT	AC <sub>2-0-010</sub> : BRANCH TO LOOP IF TEST CONDITION TRUE. Perform test on TEST INPUT LINE. If test is Next Address - Current Address + 1 FALSE (LOW): Stack Pointer decremented by 1 If test is Next Address - Address from Stack TRUE (HIGH): Register File (POP) Stack Pointer decremented by 1
POP	AC <sub>2-0-011</sub> : POP STACK Next Address - Address from Stack Register File (POP) Stack Pointer decremented by 1
BSR	AC <sub>2-0-100</sub> : BRANCH TO SUBROUTINE IF TEST CONDITION TRUE. Perform test on TEST INPUT LINE. If test is Next Address - Current Address + 1 FALSE (LOW): Stack Pointer unchanged If test is Next Address - Branch Address Input (Bq <sub>9</sub> ) TRUE (HIGH): Stack Pointer incremented by 1 PUSH (write) Current Address + 1 - Stack Register File
PLP	AC <sub>2-0-101</sub> : PUSH FOR LOOPING Next Address - Current Address + 1 Stack Pointer incremented by 1 PUSH (write) Current Address - Stack Register File
BRT	AC <sub>2-0-110</sub> : BRANCH ON TEST CONDITION TRUE Perform test on TEST INPUT LINE. If test is Next Address - Current Address + 1 FALSE (LOW): Stack Pointer unchanged If test is Next Address - Branch Address Input (Bq <sub>9</sub> ) TRUE (HIGH): Stack Pointer unchanged
RST	AC <sub>2-0-111</sub> : RESET TO ZERO Next Address - 0 Stack Pointer unchanged

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

PARAMETER	RATING	UNIT
V <sub>CC</sub> Power Supply Voltage	+7	Vdc
V <sub>IN</sub> Input Voltage	+5.5	Vdc
V <sub>O</sub> Off-State Output Voltage	+5.5	Vdc
T <sub>A</sub> Operating Temperature Range	0° to +70°	°C
T <sub>stg</sub> Storage Temperature Range	-65° to +150°	°C



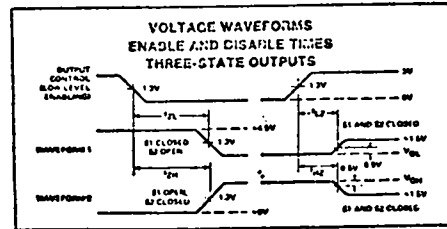
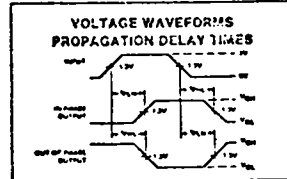
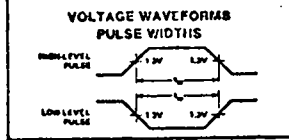
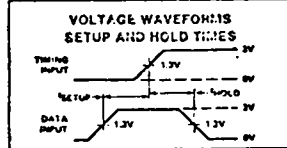
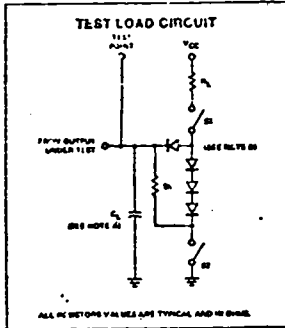
ENCLOSURE

ELECTRICAL CHARACTERISTICS 0°C ≤ T<sub>A</sub> ≤ 70°C, 4.75V, V<sub>CC</sub> ≤ 5.25V

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LIMITS			UNIT
		MIN	TYP <sup>1</sup>	MAX	
V <sub>IH</sub> High-level input voltage		2			V
V <sub>IL</sub> Low-level input voltage				0.8	V
V <sub>I</sub> Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> = 4.75V, I <sub>I</sub> = -18mA			-1.5	V
V <sub>OZH</sub> High-level output voltage	V <sub>CC</sub> = 4.75V, I <sub>OZH</sub> = -2.8mA	2.4			V
V <sub>OL</sub> Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> = 4.75V, I <sub>OL</sub> = 8mA			0.5	V
I <sub>I</sub> Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> = 5.25V, V <sub>I</sub> = 5.5V			100	μA
I <sub>IH</sub> High-level input current	V <sub>CC</sub> = 5.25V, V <sub>I</sub> = 2.7V			40	μA
I <sub>IL</sub> Low-level input current	AC <sub>0</sub> - AC <sub>2</sub> , EN, TEST			20	μA
	B <sub>0</sub> - B <sub>9</sub>			60	μA
	CLK				
I <sub>IL</sub> Low-level input current	V <sub>CC</sub> = 5.25V, V <sub>I</sub> = 0.4V			0.72	mA
I <sub>OS</sub> Short-circuit output current	AC <sub>0</sub> - AC <sub>2</sub> , EN, TEST			-0.56	mA
	B <sub>0</sub> - B <sub>9</sub>			-1.08	mA
	CLK				
I <sub>OZH</sub> High-Z state output current	V <sub>OUT</sub> = 2.7V			-20	μA
I <sub>OZL</sub> High-Z state output current	V <sub>OUT</sub> = 0.4V			-20	μA
I <sub>CC</sub> Supply current	V <sub>CC</sub> = 5.25V		130	155	mA

NOTE 1: All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C.

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTES  
 A. C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> = 100pF; R<sub>1</sub> = 10kΩ; R<sub>2</sub> = 10kΩ.  
 B. All values are 100% of 10X54.  
 C. R<sub>1</sub> = 2kΩ; C<sub>1</sub> = 15pF.

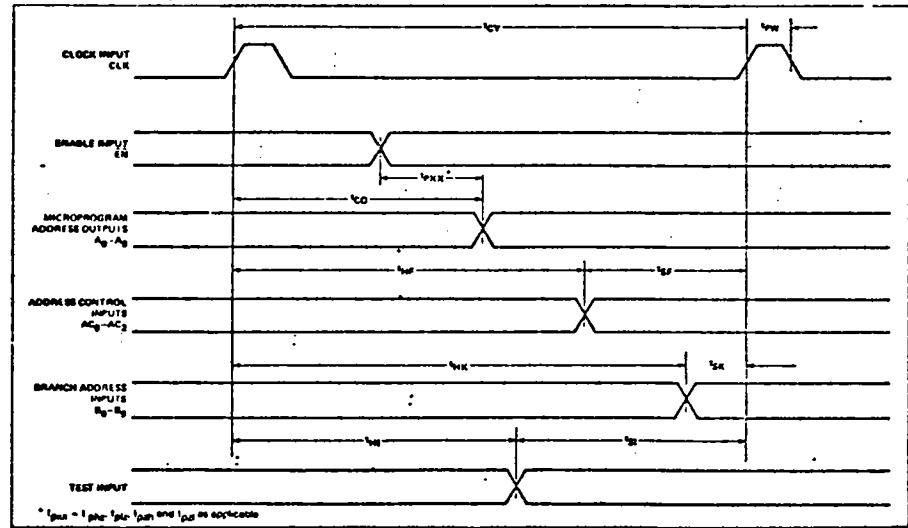
MICROPROCESSOR

SWITCHING CHARACTERISTICS T<sub>A</sub> = 0°C to 70°C, V<sub>CC</sub> = 5.0V ± 5%

PARAMETER	LIMITS			UNIT
	MIN	TYP	MAX	
t <sub>CV</sub> Cycle Time	57	44		ns
t <sub>PW</sub> Clock Pulse Width	25	19		ns
Propagation Delay from Enable Input (EN) to Outputs (A <sub>0</sub> -A <sub>9</sub> )				
t <sub>PHZ</sub> ("1" to High Impedance)		7	10	ns
t <sub>PLZ</sub> ("0" to High Impedance)		10	13	ns
t <sub>PZH</sub> (High Impedance to "1")		14	19	ns
t <sub>PZL</sub> (High Impedance to "0")		21	27	ns
t <sub>CO</sub> Propagation Delay from Clock Input (CLK) to Outputs (A <sub>0</sub> -A <sub>9</sub> )		27	34	ns
Control and Data Input Set-up Times:				
t <sub>SF</sub> AC <sub>0</sub> -AC <sub>2</sub>	31	24		ns
t <sub>SK</sub> B <sub>0</sub> -B <sub>9</sub>	13	10		ns
t <sub>SI</sub> TEST	31	24		ns
Control and Data Input Hold Times:				
t <sub>HF</sub> AC <sub>0</sub> -AC <sub>2</sub>	26	20		ns
t <sub>HK</sub> B <sub>0</sub> -B <sub>9</sub>	0	0		ns
t <sub>HI</sub> TEST	26	20		ns

NOTE 1: Typical values are for T<sub>A</sub> = 25°C and V<sub>CC</sub> = ±5.0V.

VOLTAGE WAVEFORMS



\* t<sub>en</sub> = t<sub>phz</sub>, t<sub>plz</sub>, t<sub>pzh</sub>, and t<sub>pzl</sub> are applicable.

