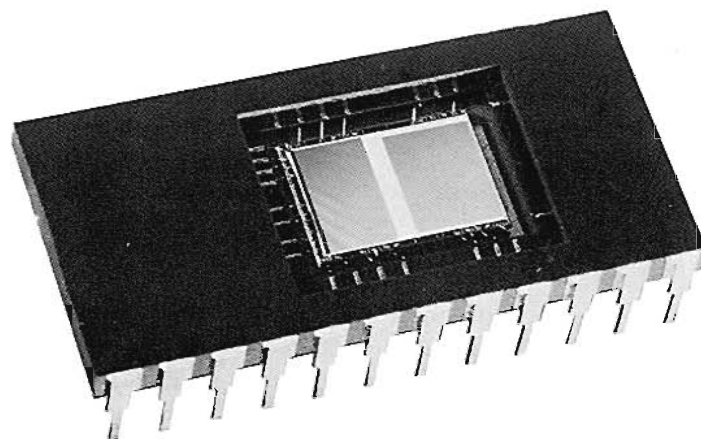


PROVISOIRE

Dispositif photosensible matriciel à transfert de charges (DTC)

288 x 208 points élémentaires



- Format image 4/3 - Diagonale de 7,25 mm
- Compatibilité avec le standard TV européen
- Résolution horizontale et verticale de 150 lignes TV
- Dynamique de six diaphragmes
- Gamma égal à l'unité
- Effet de moirage limité
- Fonctionnement en deux phases
- Niveau bas des phases 0 V
- Référence d'obscurité à chaque ligne
- Fréquence de sortie jusqu'à 10 MHz
- Boitier standard "Dual-In-Line" 24 broches

Le TH X31135 est un dispositif photosensible matriciel à l'état solide de 288 lignes, comportant chacune 208 points élémentaires (pels), destiné à l'imagerie dans de nombreux domaines industriels et scientifiques.

Le capteur est un dispositif à transfert de charges (DTC) réalisé en technologie n-MOS canal enterré à 2 niveaux de silicium polycristallin. Il possède donc tous les avantages liés à ce type de composants : encombrement réduit, fiabilité élevée, faible consommation, fonctionnement à basse tension, fonctionnement à bas niveau de lumière sans fond de charge optique, absence de rémanence, de brûlage et de distorsion géométrique. Son organisation en transfert de trame permet de rendre photosensible la quasi-totalité de la zone image, contrairement à d'autres organisations telles que l'interligne, ce qui a pour effet de limiter considérablement l'effet de moirage.

Le TH X31135 est particulièrement bien adapté à la réalisation de caméras de prise de vue de résolution moyenne, du type caméra de surveillance ; après traitement le signal peut être visualisé sur un moniteur TV (voie vidéo) ou utilisé par un ordinateur (numérisation).

Ce document ne présente pas un caractère contractuel. Les valeurs et les caractéristiques indiquées sont susceptibles de modifications, dues à un complément d'information ou à une amélioration du produit. Veuillez consulter la Division Tubes Electroniques de THOMSON-CSF avant d'utiliser ces informations pour la conception d'un nouvel équipement.

En effet, la présentation synchronisée du signal vidéo se prête particulièrement bien au traitement numérique d'images par ordinateur ; les applications sont donc nombreuses dans des domaines tels que la reconnaissance de formes (robotique), le tri industriel (détection de défauts dans un solide ou un liquide), la mesure dimensionnelle (évaluation d'un débit), etc.

Tout en conservant le même type de chronogramme des phases de commande (voir la figure 4), certaines fréquences peuvent être modifiées sans risque de détériorer le composant. Cependant, la compatibilité TV n'est plus assurée, et les caractéristiques électro-optiques du dispositif photosensible sont modifiées : par exemple, le niveau d'obscurité croît lorsque le temps d'intégration augmente, la qualité du transfert se détériore lorsque la fréquence de lecture augmente.

Le composant présente des performances accrues, notamment à bas niveau d'éclairement, s'il est refroidi ; en effet, le niveau d'obscurité est divisé par 2, chaque fois que la température du DTC baisse de 7 à 10 °C.

Dans le domaine des faibles éclaircissements, le capteur peut s'intégrer dans un ensemble constitué d'un intensificateur d'image lumineuse et d'une fibre optique permettant le couplage entre l'intensificateur et le DTC, ce dernier constituant le détecteur.

En modifiant certains éléments géométriques du dispositif au cours de sa fabrication, il est possible de doubler la surface photosensible (et donc le nombre de points dans la trame) en transformant la zone mémoire en zone image identique et adjacente. Cette structure est applicable à tout système ne nécessitant pas de visualisation TV ; dans ce cas, l'adaptation des fréquences, le refroidissement, le couplage par fibre optique sont également envisageables. Pour cette dernière configuration, et plus généralement pour toute application particulière, nous consulter.

Pour faciliter la mise en œuvre et l'utilisation du TH X31135, THOMSON-CSF a réalisé un ensemble de cartes électroniques TH X1038, TH X5001, TH X5002 et TH X5003, dont les fonctions sont précisées à la page 10.

CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES

- Pas du pel (figure 1) : $30 \mu\text{m}$ (V) x $28 \mu\text{m}$ (H).
- Dimensions de la zone image : $4,32 \text{ mm}$ (V) x $5,824 \text{ mm}$ (H).
- Dimensions du circuit : $9,6 \text{ mm}$ (V) x $7,2 \text{ mm}$ (H).

Une image est constituée de deux trames de 144 lignes. Chaque trame comporte une ligne supplémentaire (145 au total), lue pendant la suppression trame.

Chaque ligne comporte 8 points optiquement masqués suivis de 208 points image puis de 2 points masqués (218 au total). Les points masqués sont lus pendant la suppression ligne ; les points 5 et 6 sont représentatifs du niveau d'obscurité.

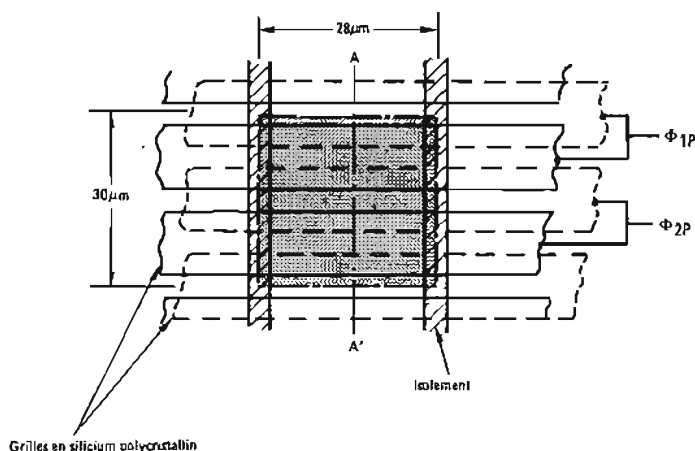


Figure 1a - Vue en plan d'un photoélément

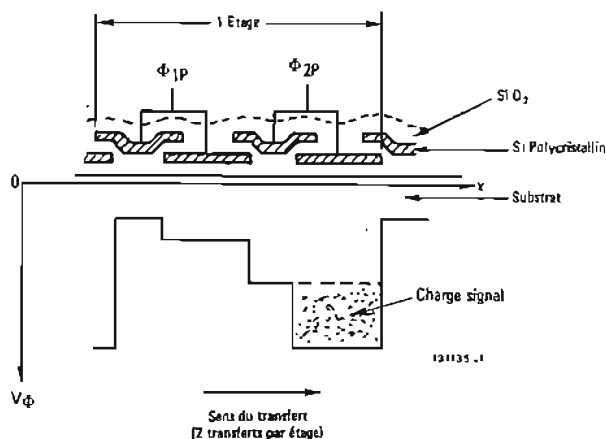


Figure 1b - Vue en coupe (AA') d'un photoélément et profile des potentiels

Figure 1 - Définition géométrique d'un photoélément

ORGANISATION - FONCTIONNEMENT

L'organisation du TH X31135 est schématisée sur la figure 2. La désignation des signaux de commande est donnée dans le Tableau I. Le brochage est donné sur la figure 7.

Nota : Toutes les broches doivent être connectées.

TABLEAU I - Désignation des signaux de commande

| | |
|---------------------------|--|
| Φ_{1P} , Φ_{2P} | Phases de commande de la zone image |
| Φ_{1M} , Φ_{2M} | Phases de commande de la zone mémoire |
| Φ_{1L} , Φ_{2L} | Phases de commande du registre de lecture |
| Φ_R | Phase de remise à niveau |
| V_{DD} | Tension drain de l'étage de sortie |
| V_{DR} | Tension de remise à niveau |
| V_{SS} | Tension substrat |
| V_e | Tension d'entrée d'image |
| V_{De} | Tension de la diode d'entrée du registre |
| V_{Ge} | Tension de la grille d'entrée du registre |
| V_{GS} | Tension de la grille de sortie du registre |
| V_s | Tension source de l'étage de sortie |
| S | Sortie vidéo |
| T | Point test |

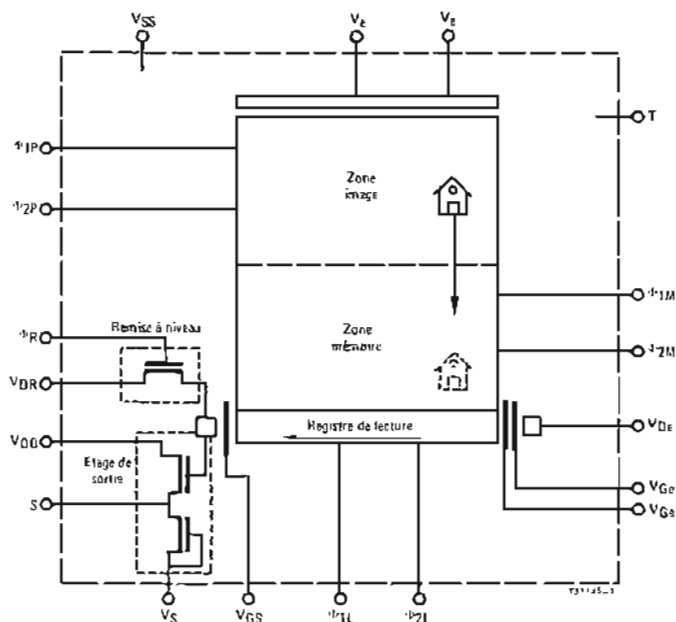


Figure 2 - Organisation du TH X31135

DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT

L'analyse qui suit concerne le fonctionnement au standard TV, selon l'organisation décrite dans la figure 2. Le principe de l'entrelaçage est représenté sur la figure 3 et le chronogramme de fonctionnement sur la figure 4.

Zone image

Les photons provenant de l'image traversent la structure isolant-grille avant d'être absorbés dans le substrat, en créant des paires électron-trou. Les trous sont recombinaisonnés dans le substrat tandis que les photoélectrons se rassemblent dans les puits de potentiel, créés par les capacités MOS que constituent les grilles polarisées par les phases Φ_{1P} et Φ_{2P} . (voir la figure 1b). Le nombre de charges accumulées est proportionnel à l'éclairement reçu (et au temps d'intégration). Le temps d'intégration est égal à la durée de trame (20 ms) diminué du temps nécessaire au transfert de l'information de la zone image à la zone mémoire (< 1 ms).

Pour le fonctionnement en entrelacé, les phases Φ_P sont inversées d'une trame à l'autre pendant la période d'intégration (voir la figure 3). Le centre de collection des charges est alors décalé d'un demi-pel dans le sens vertical entre les trames paire et impaire, ce qui a pour effet de limiter le moirage.

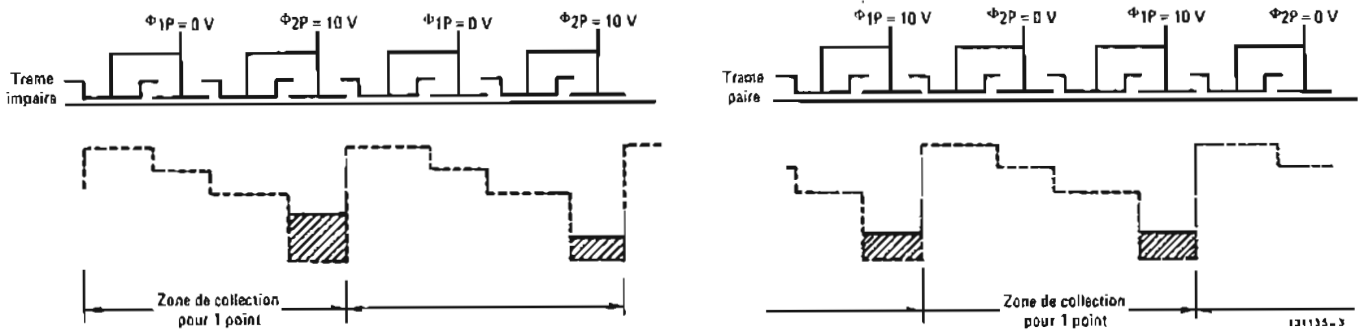


Figure 3 - Principe de l'entrelaçage

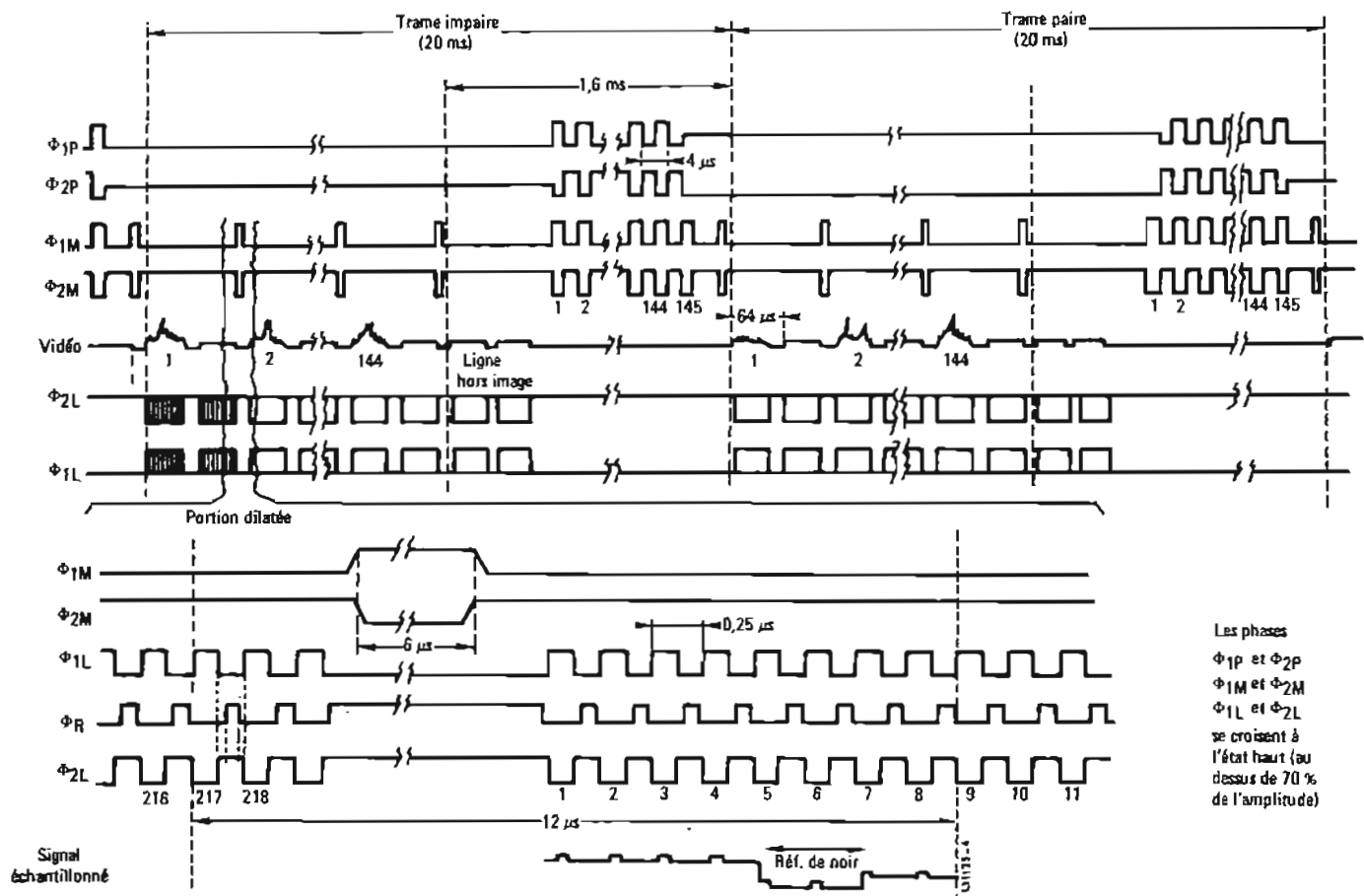


Figure 4 - Chronogramme de fonctionnement

Zone mémoire

Pendant le retour de trame, l'information contenue dans les 145 lignes est transférée ligne à ligne dans la zone mémoire. Pendant cette opération, les phases Φ_{1P} et Φ_{1M} , Φ_{2P} et Φ_{2M} ont un chronogramme identique. Le nombre de périodes de transfert est de 145. Lorsque la zone image est vidée de son information, elle revient à la phase d'intégration pour stocker les charges de la trame suivante. Pendant cette nouvelle intégration, l'information de la première trame est transférée ligne à ligne de la zone mémoire dans le registre de lecture, toutes les $128 \mu s$, pendant la suppression ligne. Les 144 lignes utiles sont donc transférées dans le registre pendant le temps utile de trame (18,4 ms), le nombre de périodes de phases Φ_M étant au minimum de 145 ; le nombre maximal de ces périodes est donné par le temps d'intégration. Il faut noter que les transferts supplémentaires peuvent fournir une référence d'obscurité en trame.

Registre de lecture

Les charges correspondant à une ligne d'information sont donc transférées en parallèle dans le registre, pendant la suppression ligne ; elles sont ensuite transférées séquentiellement par le registre vers un circuit de sortie unique. Le registre comporte 218 étages ; le nombre de périodes de phases de transfert Φ_L est donc au minimum de 218. Le maximum en est donné par la période ligne ($64 \mu s$), diminuée du temps de transfert mémoire-registre.

En sortie du registre est disposée une diode flottante, qui assure la conversion charges-tension du signal correspondant à chaque point. Avant l'arrivée de chacun des paquets de charges, le potentiel de la diode de lecture est fixé à un niveau de référence par un transistor MOS de précharge.

Le potentiel de la diode de lecture est appliqué à l'entrée d'un amplificateur fournissant un signal video sous faible impédance.

A l'entrée du registre est disposé un système diode-grille, qui permet d'injecter un fond continu de charges afin d'uniformiser la résolution horizontale.

Présentation de la ligne video

Le registre de sortie comprend 218 étages ; les informations délivrées se décomposent comme suit (voir figure 4) :

- Les 8 premiers points, correspondant à des colonnes masquées sur la zone image, sont utilisés pour fournir une référence d'obscurité et améliorer l'uniformité de l'image. Les points 1 à 4 sont destinés à absorber les effets de bord dus aux éclaircissements dans les zones périphériques de la zone image, et autres effets parasites. Les points 5 et 6 sont représentatifs du niveau de tension d'obscurité de la ligne. Les points 7 et 8 permettent d'absorber les éclaircissements parasites dus à la zone image. Ces 8 points sont lus pendant la suppression ligne.
- L'information video de la ligne est contenue dans les 208 points suivants.
- Les points 217 et 218 sont masqués et jouent le même rôle que les points 7 et 8 ; ils sont lus pendant la suppression ligne.

Génération des phases Φ_L et Φ_R

Il est rappelé (voir la chronogramme figure 4) que les phases Φ_{1P} et Φ_{2P} , Φ_{1M} et Φ_{2M} , Φ_{1L} et Φ_{2L} doivent se croiser au-dessus de 70 % de leur amplitude. Cette configuration provoque en général une dissymétrie entre la durée de l'état haut de Φ_1 et de Φ_2 . La dynamique sera optimale si l'état haut de Φ_{1L} est plus long que l'état haut de Φ_{2L} ; cependant, la situation inverse ne perturbe pas notablement le fonctionnement du composant, et cette particularité ne s'applique pas à Φ_P ou Φ_M .

D'autre part, il est possible d'appliquer sur la broche Φ_R la phase Φ_{2L} , sous réserve que les phases Φ_{1L} et Φ_{2L} aient leurs croisements situés entre 70 % et 90 % de l'amplitude.

CONSIGNES D'UTILISATION

Valeurs limites absolues d'utilisation

Température de stockage : -25°C à $+125^{\circ}\text{C}$,

Température de fonctionnement : -25°C à $+70^{\circ}\text{C}$,

Tensions maximales appliquées :

- Broches 6, 13, 14, 19, 22 : $-0,3\text{ V}$ à $+18\text{ V}$,
- Broches 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 15, 16, 17, 18, 23, 24 : $-0,3\text{ V}$ à $+12\text{ V}$,
- Broches 1, 11, 12, 20 : -5 V à 0 V .

Précautions

a) Charges électrostatiques

Le dispositif comporte des protections intégrées ; cependant, il convient de prendre les précautions suivantes contre les décharges électrostatiques susceptibles de le détériorer :

- stocker les circuits avec les broches court-circuitées ou sur une masse conductrice,
- manipuler les circuits avec des outils reliés à la masse,
- supprimer toute source de charges électrostatiques (vêtements en nylon, . . .),
- ne pas amorcer une lampe à arc à proximité alors que le DTC est en fonctionnement.

b) Fenêtré en verre

La vitre doit être parfaitement propre afin d'éviter toute dégradation de l'uniformité de l'image. Si elle présente des traces de poussière ou des trainées grasses (empreintes de doigts, par exemple), elle doit être frottée légèrement à l'aide d'un coton imbibé d'alcool, rincée à l'eau désionisée et séchée par un jet d'air ou d'azote sec.

D'autre part, le fonctionnement du senseur impose de recouvrir la zone mémoire d'un adhésif opaque.

c) Etage de sortie

Il convient de porter un soin particulier à ne pas court-circuiter la sortie vidéo avec V_S ou V_{DD} lorsque le photo-senseur est sous tension. Un court-circuit, même temporaire, entre ces broches risque de détruire l'étage de sortie.

CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT (T = 25 °C)

TABLEAU II - Polarisations continues

| Paramètre | Symbole | Valeurs | | | Unité | Remarques |
|--|----------|------------|--------------|--------------|-------|------------|
| | | Min. | Typ. | Max. | | |
| Tension drain de l'étage de sortie | V_{DD} | 13 | 14 | 17 | V | Note 1 |
| Tension de remise à niveau | V_{DR} | $V_{DD}-1$ | $V_{DD}-0,6$ | $V_{DD}-0,5$ | V | |
| Tension du substrat | V_{SS} | -4 | -1,5 | -0,5 | V | Note 1 |
| Tension d'entrée d'image | V_e | 6 | 12 | V_{DD} | V | |
| Tension de la diode d'entrée du registre | V_{De} | - | 0,5 | - | V | Notes 1, 2 |
| Tension de la grille d'entrée du registre | V_{Ge} | - | 8 | - | V | Notes 1, 2 |
| Tension de la grille de sortie du registre | V_{GS} | 3 | 5 | 8 | V | Note 1 |
| Tension de la source de l'étage de sortie | V_s | V_{SS} | 0 | 0 | V | Note 3 |
| Tension du point test | V_T | V_{SS} | 0 | 0 | V | Note 3 |
| Courant de l'amplificateur | I_{DD} | - | 2 | - | mA | |

TABLEAU III - Phases de commande

| Paramètre | Symbole | Valeurs | | | Unité | Remarques |
|--|--|---------|------|-------|-------|--|
| | | Min. | Typ. | Max. | | |
| Niveau bas des phases | $V_{\Phi PB}, V_{\Phi MB}$ $V_{\Phi LB}, V_{\Phi RB}$ | 0,0 | 0,3 | 0,6 | V | |
| Niveau haut des phases : | | | | | | |
| - Tension pendant l'intégration | $V_{\Phi PIH}$ | 2 | 5 | 12 | V | Note 4 |
| - Tension des phases image pendant le transfert | $V_{\Phi PTH}$ | 9 | 10 | 12 | V | $C_{\Phi 1P} = C_{\Phi 2P}$ = 3000 pF |
| - Tension de la phase mémoire | $V_{\Phi MH}$ | 9 | 10 | 12 | V | $C_{\Phi 1M} = C_{\Phi 2M}$ = 3000 pF |
| - Tension de la phase registre | $V_{\Phi LH}$ | 9 | 10 | 12 | V | $C_{\Phi 1L} = C_{\Phi 2L}$ = 200 pF |
| - Tension de la phase de remise à niveau | $V_{\Phi RH}$ | 9 | 10 | 12 | V | Note 5 |
| Fréquence de transfert-mémoire | F_I | - | 250 | 1000 | kHz | |
| Fréquence de transfert mémoire-registre | F_M | - | 7.8 | F_I | kHz | |
| Fréquence de transfert registre et remise à niveau | F_L | - | 4 | 10 | MHz | |

PERFORMANCES ELECTROOPTIQUES

- Conditions générales de mesure :

$T = 25^{\circ}\text{C}$: - fonctionnement au standard TV
- polarisations typiques

- Conditions d'éclairément :

Lampe à filament de tungstène 2854 K + filtre IR Schott BG 38 de 2 mm d'épaisseur.

TABLEAU IV - Performances du dispositif photosensible

| Paramètre | Symbole | Valeurs | | | Unité | Remarques |
|--------------------------------------|------------|---------|---------|------|--|---|
| | | Min. | Typ. | Max. | | |
| Tension à la saturation | V_{SAT} | 200 | 400 | 1000 | mV_{CC} | Note 6 |
| Exposition à la saturation | Ex_{SAT} | — | 0,13 | — | $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ | Note 7 |
| Eclairément à la saturation | Ec_{SAT} | — | 20 | — | lux | Note 7 |
| Réponse | R | — | 3 20 | — | $\text{V}/\mu\text{J}/\text{cm}^2$ mV/lux | Voir la courbe de réponse spectrale, figure 5 |
| Rapport signal/bruit | S/B | — | 2000 | — | — | Note 8 |
| Uniformité de réponse | U | — | ± 5 | — | % | Note 9 |
| Tension d'obscurité | V_{SO} | — | 2 | — | mV | Note 10 |
| Uniformité de la tension d'obscurité | U_o | — | 3 | — | % V_{SAT} | |
| Résolution horizontale | R_H | — | 150 | — | lignes TV | Note 11 et figure 6 |
| Résolution verticale | R_V | — | 150 | — | lignes TV | |
| Impédance de sortie | Z | — | 1000 | — | ohms | |
| Niveau continu de sortie | V_{Ref} | — | 9 | — | V | |

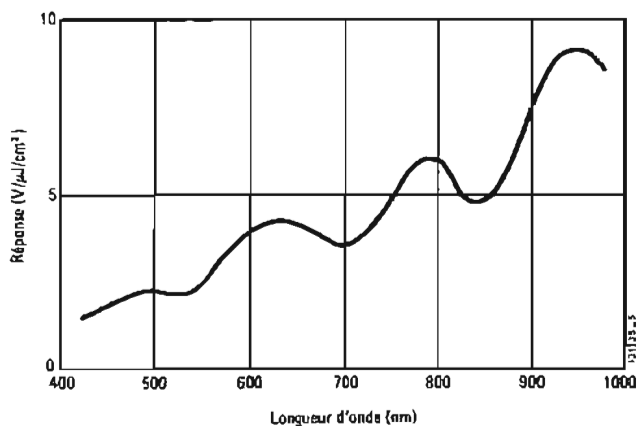


Figure 5 - Réponse spectrale typique

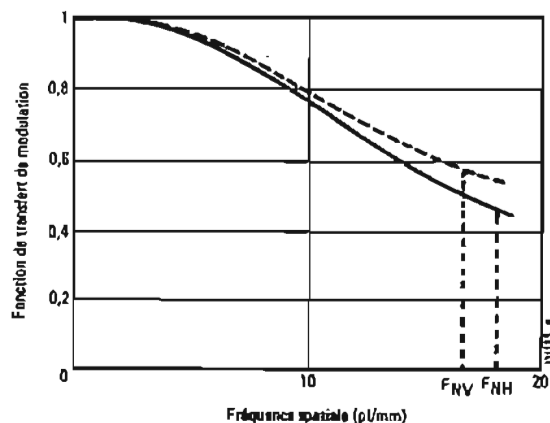


Figure 6 - Courbes FTM typiques

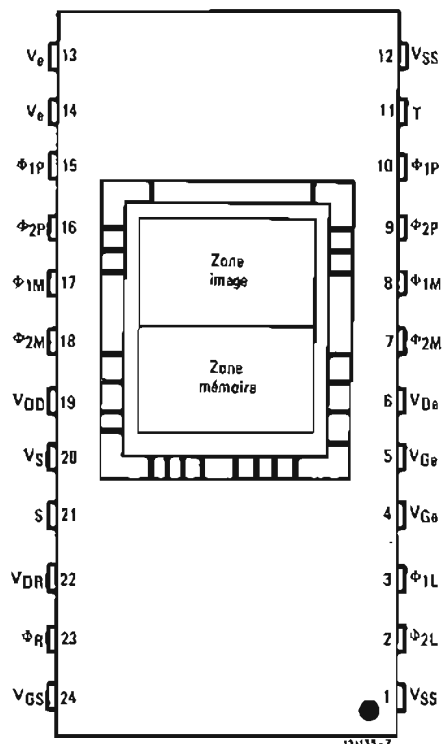


Figure 7 - Brochage

NOTES

- 1 - Tension à ajuster pour un fonctionnement optimal.
- 2 - Dans le cas d'une non-injection de charges dans le registre de lecture, les tensions à appliquer sont : $V_{De} = V_{DD}$ et $V_{Ge} = 0 V$.
- 3 - La broche correspondante peut être reliée indifféremment à V_{SS} ou 0 V.
- 4 - L'application sur Φ_p d'une tension réduite pendant l'intégration permet d'optimiser le fonctionnement en limitant la tension d'obscurité. Cependant, le fait d'appliquer le même niveau de tension pendant l'intégration et le transfert ne perturbe pas le fonctionnement du capteur.
- 5 - Il est rappelé que, sous certaines conditions : $\Phi_{2L} \equiv \Phi_R$.
- 6 - Tension maximale utile du signal vidéo correspondant au nombre maximal de charges pouvant être stockées dans le photoélément. Cette valeur est mesurée par rapport au niveau de référence du signal V_{Ref} .
- 7 - Exposition ou éclairage minimal produisant un signal vidéo saturé ; au-delà, le niveau du signal vidéo cesse de croître. La mesure est effectuée sur le photosenseur (après le filtre IR). Dans les conditions précitées : $1 \mu W/cm^2 = 1 \mu J/cm^2/s = 3,4 \text{ lux}$.
- 8 - Ce rapport est égal à la tension à la saturation divisé par le bruit efficace dans l'obscurité.
- 9 - C'est le rapport " $\Delta V_s / \bar{V}_s$ " où \bar{V}_s est la tension de sortie moyenne pour un éclairage égal à la moitié de l'éclairage à la saturation et ΔV_s la variation maximale de cette tension sur la trame.

Sont exclus de la mesure :

 - le premier et le dernier point de la ligne utile (N° 9 et N° 216),
 - la première et la dernière ligne de la trame utile (N° 1 et N° 144),
 - tous les pels hors image,
 - les pels défectueux.
- 10 - Niveau du signal vidéo lorsque le dispositif est dans l'obscurité ; ce paramètre croît avec le temps d'intégration et la température.
- 11 - Nombre de lignes TV par hauteur d'image, avec un contraste égal ou supérieur à 50 %.

SPECIFICATIONS RELATIVES AUX ELEMENTS DEFECTUEUX

Le dispositif TH X31135 est disponible en trois classes A, B et C, relatives au nombre et à l'importance des défauts locaux sur l'image. Si une qualité d'image élevée est généralement requise pour des applications impliquant une visualisation directe, des domaines tels que la reconnaissance de formes, dans lesquels interviennent des traitements de données sophistiqués, peuvent s'accommoder de dispositifs de qualité d'image inférieure. D'autre part, des dispositifs n'entrant pas dans ces classes, mais ayant des caractéristiques électrooptiques normales, peuvent être fournis pour évaluation.

La position des défauts est aléatoire ; leur orientation, liée à la structure du dispositif, est préférentiellement verticale. Un élément est considéré comme défectueux si son niveau de tension est situé à plus de 10 % par rapport à V_{SAT} , au-dessous ou au-dessus du niveau des pels voisins, la mesure étant effectuée à un niveau moyen de $V_{SAT}/2$.

| | TH X31135-A | TH X31135-B | TH X31135-C |
|---|-------------|-------------|-------------|
| | Max. | Max. | Max. |
| Nombre de zones défectueuses | 5 | 15 | 25 |
| Largeur des zones défectueuses (en nombre de pels adjacents) | 3 | 5 | 8 |
| Nombre de colonnes défectueuses | 0 | 2 | 4 |
| Largeur des colonnes défectueuses | 0 | 1 | 2 |

ELECTRONIQUE DE MISE EN OEUVRE

L'électronique de mise en œuvre du dispositif peut se diviser en trois fonctions principales :

- une partie "logique", qui permet d'engendrer, par divisions successives, à partir d'une horloge de référence, les phases de commande au niveau TTL ;
- une partie "interface", qui permet d'adapter le niveau TTL des phases aux niveaux de fonctionnement requis, ainsi que la génération des phases complémentaires et leurs croisements à l'état haut ;
- une voie vidéo, qui permet d'adapter le signal vidéo au standard du moniteur TV.

Dans le but de faciliter l'évaluation ou la mise en œuvre d'un système comportant un TH X31135 THOMSON-CSF peut fournir sur demande les cartes suivantes :

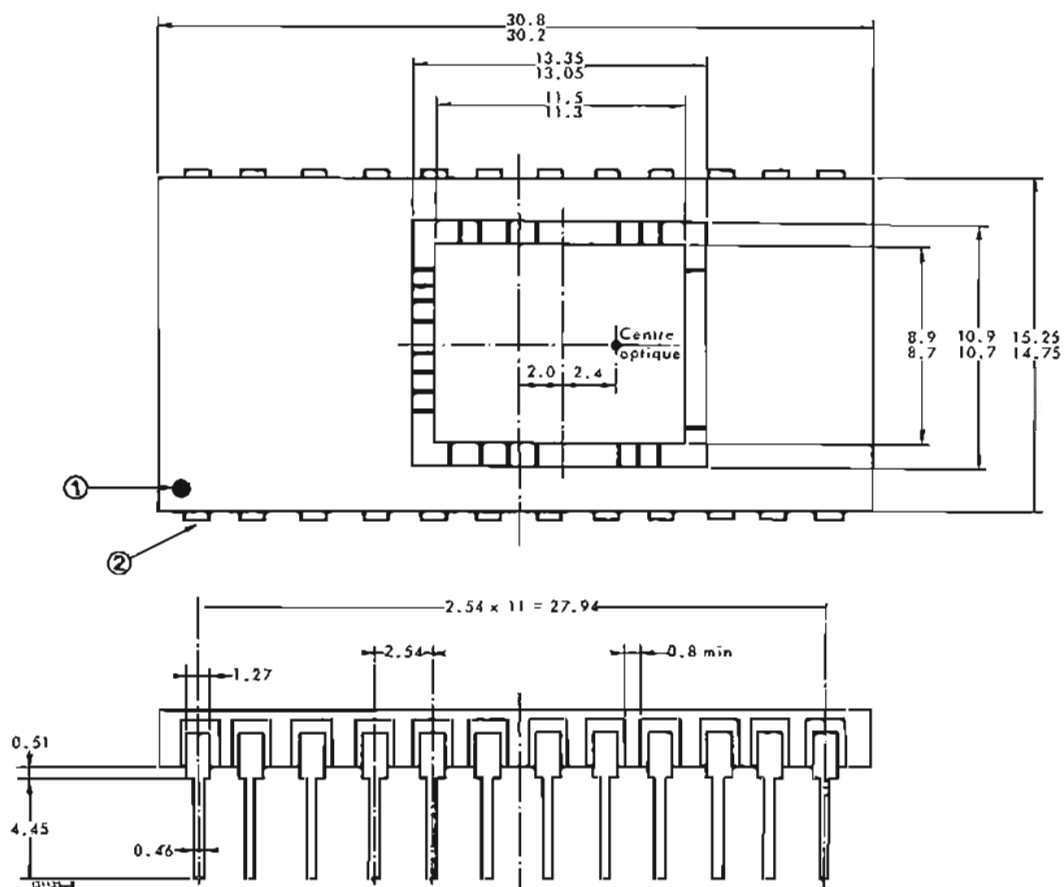
- 1 – TH X1038, associée aux cartes TH X5002 et TH X5003 pour réaliser l'évaluation du DTC photosensible ;
- 2 – TH X5001, associée aux cartes TH X5002 et TH X5003 pour réaliser la mise en œuvre, dans un but opérationnel, du DTC photosensible (caméra).

Les fonctions réalisées par ces cartes sont les suivantes :

- TH X1038 : préamplificateur vidéo + interface TTL/MOS + réglages de tous paramètres utiles.
- TH X5001 : préamplificateur vidéo + interface TTL/MOS.
- TH X5002 : générateur logique de synchro (déclenchement interne ou externe).
- TH X5003 : voie vidéo + conversion analogique/numérique (cette deuxième fonction est en option).

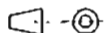
Les 3 cartes TH X5001, TH X5002 et TH X5003 ont des formats identiques et constituent un ensemble homogène permettant la réalisation d'une caméra à l'état-solide.

DESSIN D'ENCOMBREMENT



- ① Index
- ② Broche
- ③ Céramique noire

Cotes en mm.





THOMSON-CSF

DIVISION TUBES ELECTRONIQUES