

SESSION DE 2007

**concours externe
de recrutement de professeurs agrégés**

section : génie électrique

composition d'électronique

Durée : 6 heures

Calculatrice électronique de poche – y compris programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

Dictionnaire technique anglais français autorisé.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout autre dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Si vous estimez que le texte du sujet, de ses questions ou de ses annexes comporte une erreur, signalez lisiblement votre remarque dans votre copie et poursuivez l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB. : *Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.*

Durant plusieurs décennies, l'écran à tube cathodique (ou CRT) a été la principale technologie pour les systèmes d'affichage électronique grand public et professionnel. A partir de 2002, les principaux constructeurs d'écrans cathodiques professionnels ont décidé d'abandonner progressivement la construction de ces derniers au profit des nouvelles technologies (LCD, plasma, etc.). L'étude portera sur un téléviseur à écran plat en technologie LCD TFT.

Les cristaux liquides

On pense que la découverte des cristaux liquides LCD (Liquid Crystal Display) s'est faite il y a 150 ans mais l'utilisation concrète de cette découverte ne fut appliquée que 120 ans plus tard. En 1973, Sharp introduit sur le marché la première calculatrice à technologie LCD. Ce premier développement technique reste la base des produits LCD courants.

Les cristaux liquides sont des molécules organiques qui ont la propriété de s'orienter selon un axe qui varie en fonction de l'intensité du champ électrique auquel on les soumet. A cette propriété, s'ajoute la capacité de transmettre la lumière et d'en changer l'orientation (ou la polarisation).

Rappelons que la lumière ondule dans les deux directions perpendiculaires à sa direction de propagation. Un filtre polarisant, grâce à de très fines rayures, permet de bloquer l'une de ces directions et de laisser passer les ondes lumineuses dans l'autre sens.

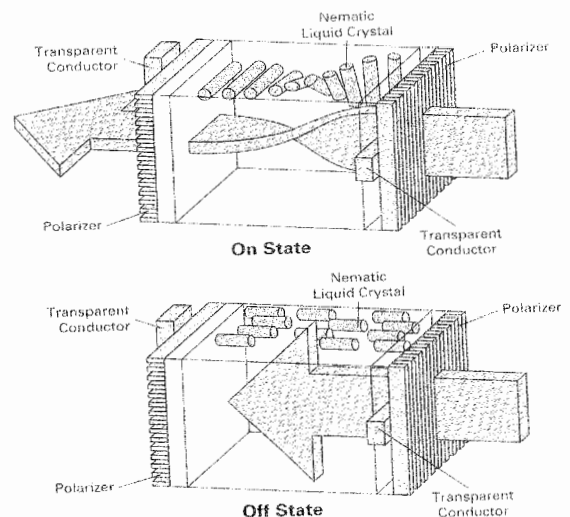
C'est sur ces deux principes que sont fabriqués les écrans LCD. On place les cristaux liquides entre deux filtres polarisants qui sont tournés de 90° l'un par rapport à l'autre.

A l'état normal, la lumière parvient d'abord au premier filtre polarisant. La polarisation de la lumière est ensuite tournée par les particules de cristaux liquides (grâce à leur effet rotatoire de 90°) pour lui permettre de traverser le second filtre : l'écran devient alors lumineux.

Si l'on soumet les particules à un champ électrique, elles changent de disposition, ce qui empêche la lumière de passer le second filtre, affichant ainsi un point noir.

Il existe deux types de technologie LCD: les écrans de type TN (Twisted Nematic) et ceux de type STN (Super Twisted Nematic).

Les STN ont plusieurs variantes. Leurs molécules de cristal liquide font subir une rotation supérieure à 90° à la lumière (entre 180° et 260°). Les polarisateurs sont décalés de 200° l'un par rapport à l'autre. Les STN améliorent ainsi la qualité d'affichage (contraste) par rapport aux TN.



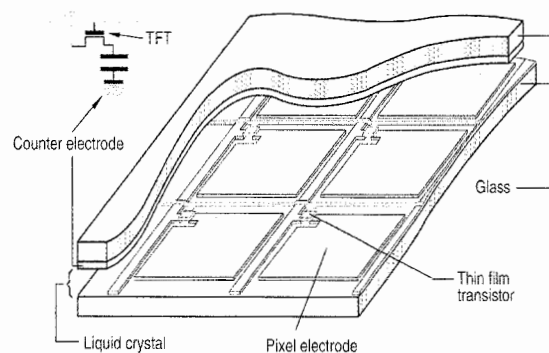
Les écrans LCD

Il existe deux grandes familles d'écrans plats à base de cristaux liquide les écrans passifs et les écrans à matrice active.

Dans les écrans à structure passive, chaque pixel n'est constitué que d'un cristal liquide. Ce dernier ayant un comportement capacitif stocke la tension jusqu'au balayage suivant. Mais du fait qu'il reste connecté à son circuit de commande il se décharge rapidement. Ainsi ce type de circuit se limite à des écrans de faible dimension ayant souvent des caractères déjà prédéfinis par la forme des électrodes des cristaux liquides comme on peut le voir sur la figure ci-contre.

Pour les écrans à matrices actives, on place un transistor, en général de type TFT en silicium amorphe, comme élément non linéaire dans la structure du pixel.

Ce transistor, passant pendant la sélection d'une ligne, est bloqué le reste du temps de balayage. Ce qui permet au cristal liquide modélisé ici par un condensateur de ne pas se décharger.

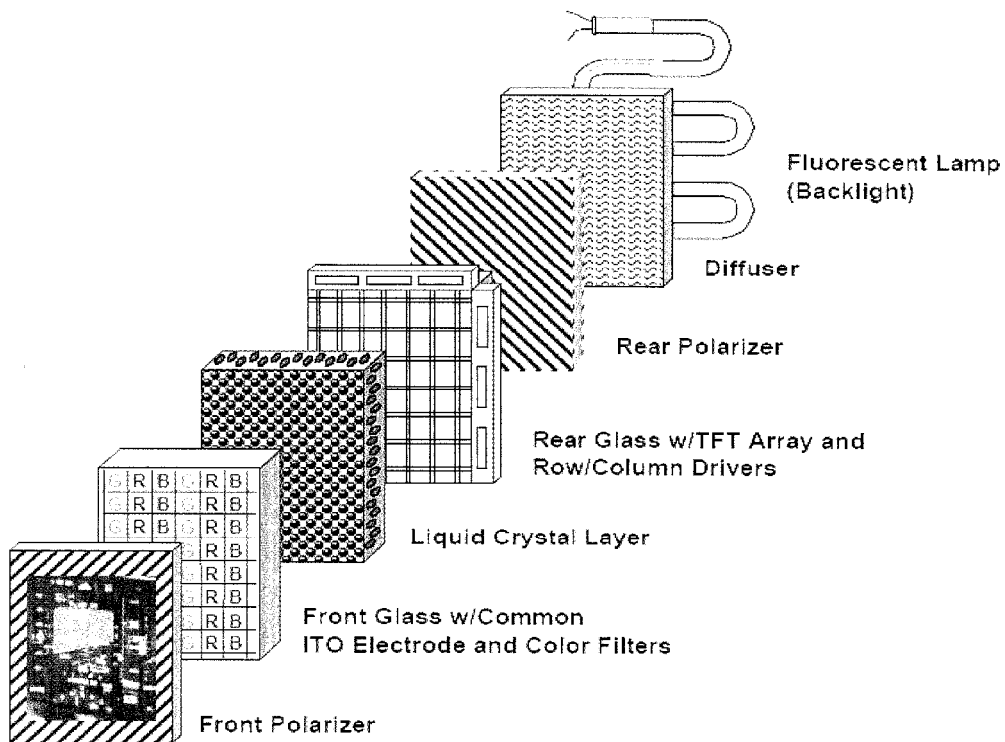


La couleur est réalisée par synthèse additive (Rouge, Vert, Bleu) comme pour les écrans à tube cathodique. Cela signifie que par exemple un écran couleur de type XVGA (1024*768 pixels) contient en réalité 3 fois plus de pixels que l'on nomme classiquement sous pixels. Cette coloration est faite par l'ajout d'un filtre coloré par-dessus le polariseur supérieur.

Par principe le cristal liquide n'est qu'un modulateur de lumière il nécessite donc une source de lumière complémentaire. Cette source peut être de plusieurs types :

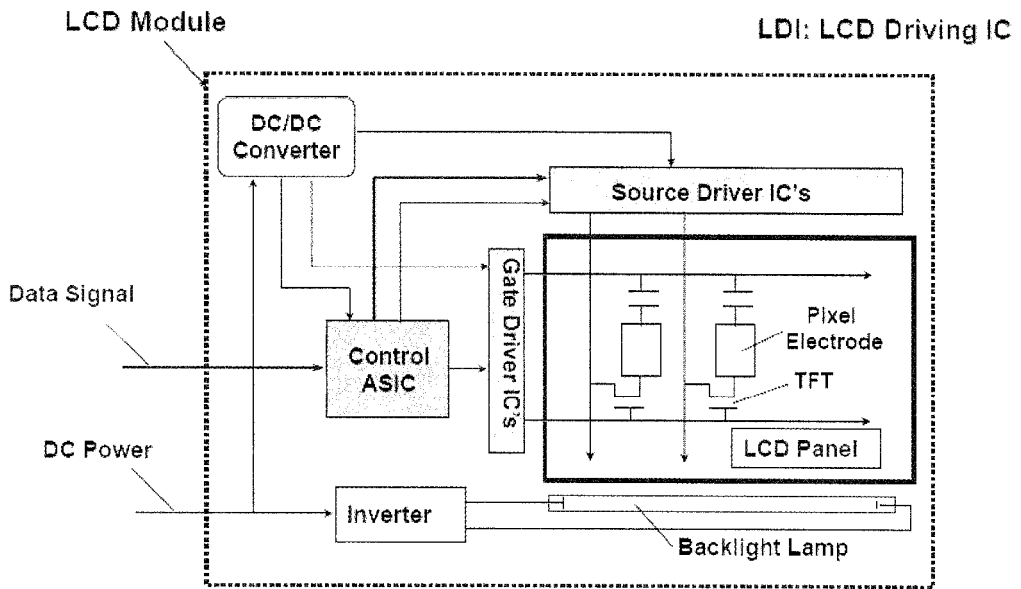
- On parle d'écran **réflectif** dans le cas d'une source externe à l'écran. La lumière ambiante traverse une première fois le cristal liquide ce réfléchit sur une couche d'aluminium situé après le polariseur inférieur et retransverse le LCD. Cette approche efficace en extérieur, ne peut fonctionner bien sur dans le noir.
- On parle d'écran **transmissif** si la source de lumière est interne à l'écran. Le cristal liquide contrôlant ainsi la transmission vers l'utilisateur de cette lumière. Cette approche fonctionne mal en cas d'utilisation de l'écran sous forte luminosité (à l'extérieur en plein jour, par exemple)
- Dans le cas d'une utilisation mixte, comme pour les portables on utilise des écrans **transflectifs** qui mixte les deux solutions précédentes. Chaque pixel est découpé en deux une partie transmet la lumière arrière l'autre réfléchit grâce à une couche métallique la lumière extérieure

La figure ci-dessous montre en exemple la structure d'un écran plat à cristaux liquide dans le cas le plus classique d'une structure **Transmissive**



D'un point de vue électronique la structure des écrans LCD à matrice active comprend, comme le montre la figure suivante, outre la matrice de pixel à proprement dit :

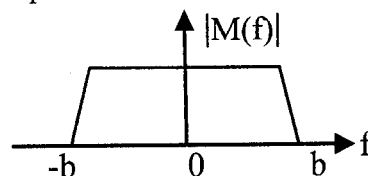
- Les drivers de sources (ou drivers colonne) qui fournissent l'information vidéo à chaque pixel d'une ligne.
Les drivers de grilles (ou drivers ligne) qui gèrent le fonctionnement de l'adressage matriciel ligne par ligne.
- Un circuit ASIC de contrôle qui commande les drivers à partir du signal vidéo « Data signal »
- Un éclairage arrière (« backlight Lamp ») via une lampe à néon alimentée par un onduleur.
- Un convertisseur Continu/Continu fournissant les différents niveaux de tension nécessaire à l'ASIC et aux drivers.



Sujet

I. Généralités sur la télévision analogique

- QI.1** Représenter le gabarit fréquentiel du signal support des informations image et son.
- QI.2** Le multiplexe image et son est transmis en modulation BLR (Bande Latérale Résiduelle)
- QI.2.1** Indiquer les raisons qui ont présidées à ce choix.
- QI.2.2** Préciser la constitution du spectre en BLR ainsi que la largeur théorique de la bande nécessaire.
- QI.2.3** Représenter les spectres du signal BLR et du signal démodulé relativement au message dont le spectre est représenté ci-contre.
- QI.3** La transmission de l'image se fait en multiplexant les informations de luminance et de chrominance. Déterminer la matrice transformant ces grandeurs pour permettre un affichage sur l'écran.
- QI.4** Déterminer le nombre de lignes utiles et le nombre de pixels par ligne.
- QI.5** En déduire la fréquence d'échantillonnage dans le cas d'un affichage numérique.

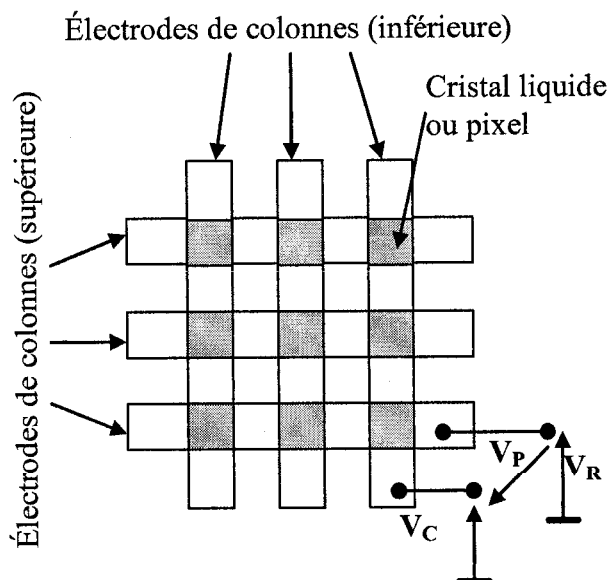


II. Adressage d'un écran à matrice Passive

Un écran est organisé en positionnant les cristaux liquides matriciellement, tel que décrit par la figure ci-contre. On réalise ainsi une structure dite à matrice passive. Le cristal liquide est positionné entre deux plaques de verre et deux polariseurs en position orthogonale. Les électrodes métalliques transparentes ont été réalisées par photolithographie sur le verre.

La tension V_R est appliquée sur les électrodes de ligne (inférieures) et la tension V_C sur les électrodes de colonnes (supérieures).

Nous supposons dans cette application avoir un écran de type réfléchissant c'est-à-dire fonctionnant uniquement par réflexion sur une couche d'aluminium de la lumière extérieure. Cette couche de métal est positionnée juste après le polariseur inférieur.



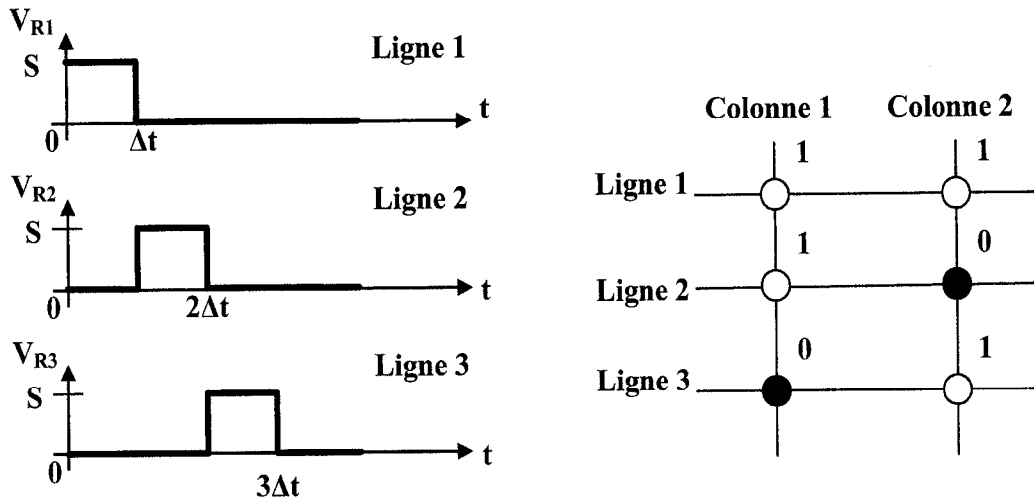
II.1 Forme d'onde des tensions

QII.1.1 Donner la valeur de la tension de seuil V_{thlcd} . Cette tension correspond arbitrairement au niveau de tension nécessaire pour avoir une transmission relative de 90%.

QII.1.2 Donner les conditions sur la tension aux bornes d'un cristal liquide V_p pour obtenir :

- Un point lumineux
- Un point noir

On supposera dans la suite de cette partie que seul les états noir, noté « 0 » et blanc, noté « 1 » sont possibles. On se limite en outre à un écran composé de 3 lignes et de 2 colonnes dont l'état est donné par la figure suivante. Le chronogramme des tensions de ligne V_r est représenté ci-dessous (S désigne la valeur tension au niveau haut):



Sachant que la tension de colonne (ou tension vidéo) vaut $V_c = \pm F$ ($F > V_{thled}$) suivant l'état du cristal liquide considéré.

QII.1.3 Tracer sur la feuille de réponse le chronogramme des tensions V_{c1} et V_{c2}

QII.1.4 Donner sur l'intervalle de temps $[0, 3\Delta t]$, les valeurs de la tension V_{p11} pour le pixel (ligne1/colonne1).

QII.1.5 Donner sur l'intervalle de temps $[0, 3\Delta t]$, les valeurs de la tension V_{p22} pour le pixel (ligne2/colonne2).

QII.1.6 Tracer sur la feuille de réponse le chronogramme des tensions V_{p11} et V_{p22} .

II.2 Optimisation du contraste

On se place maintenant dans le cadre d'un écran de type QVGA c'est dire comportant $n_l=240$ lignes et $n_c=380$ colonnes fonctionnant avec une fréquence d'image de $F_i=50\text{Hz}$

QII.2.1 Donner la valeur du temps de sélection de ligne Δt .

QII.2.2 Déterminer la valeur efficace V_{on} de la tension d'un cristal liquide à l'état « 1 »

QII.2.3 Donner la valeur efficace V_{off} de la tension d'un cristal liquide à l'état « 0 »

QII.2.4 En déduire le rapport de contraste V_{on}/V_{off}

QII.2.5 Donner la condition sur S/F permettant de maximiser le rapport de contraste et en déduire la valeur optimale de ce rapport.

On choisit la tension V_{off} égale à la tension de seuil du cristal liquide.

QII.2.6 Donner l'expression puis la valeur numérique de F

QII.2.7 Donner l'expression puis la valeur numérique de S

II.3 Limitation des écrans à matrice passive

En première approximation le cristal liquide peut se modéliser par la mise en parallèle d'un condensateur C_{lc} et d'une résistance R_{lc} . On supposera en outre que la résistance de sortie des circuits de commande de colonne et de ligne modélisés par une résistance unique $R_d=100\Omega$ (Modèle équivalent simplifié).

QII.3.1 Donner le schéma équivalent du circuit dans le cas d'un cristal liquide à l'état blanc « 0 » (laissant passer la lumière).

QII.3.2 Donner le temps de réponse d'un cristal liquide passant de l'état noir « 0 » à l'état blanc « 1 ». (On utilisera les données fournies en annexe).

QII.3.3 En comparant ce temps avec la réponse image en déduire le principal problème des écrans à matrice active. On supposera un pixel LCD de $50\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$

QII.3.4 En déduire, pour l'écran étudié dans cette partie, qu'on répond bien à la contrainte sur la stabilité de l'image qui impose une variation de la tension au bord du cristal liquide inférieure à 5%

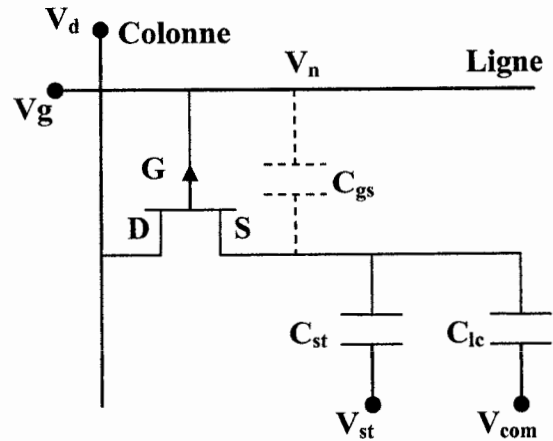
QII.3.5 Proposer des solutions permettant d'améliorer le contraste des écrans LCD.

III Conception d'un Pixel LCD actif

III.1 Étude simplifiée d'un pixel LCD

Il existe plusieurs structures possibles de pixel pour un écran à matrice active de type LCD. Dans tous les cas il se compose d'un transistor TFT en silicium amorphe d'un condensateur de stockage C_{st} et du cristal liquide à proprement parler. Comme nous l'avons vu précédemment ce dernier peut se modéliser en première approche par un simple condensateur que nous noterons C_{lc} .

La figure ci-contre montre le schéma électrique équivalent d'un pixel LCD



Avec :

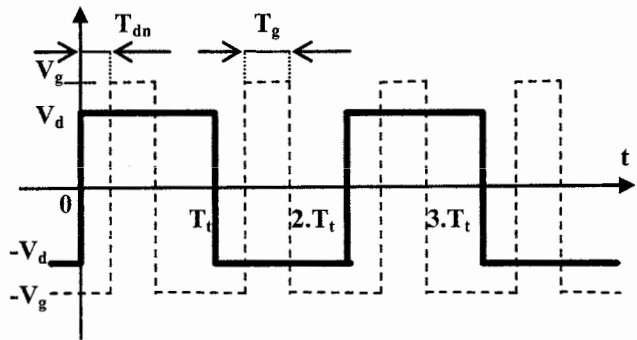
- V_g le potentiel de ligne ou de grille qui commande la mise en conduction du transistor.
- V_d le potentiel de colonne ou de drain.
- V_{com} le potentiel de l'électrode commune des filtres colorés.
- V_{st} le potentiel de l'électrode communes des capacités de stockage.
- V_n le potentiel au point N (source du transistor TFT)
- C_{gs} la capacité parasite équivalente du recouvrement entre la grille et la source.

Dans une première approche on fera les hypothèses simplificatrices suivantes :

- Le transistor TFT sera modélisé par une résistance R_{on} en mode passant et une résistance R_{off} en mode bloqué.
- On néglige la capacité parasite C_{gs} .
- Les potentiels V_{com} et V_{st} sont supposés nuls (connexion direct à la masse).

Les formes d'onde des potentiels V_d et V_g sont données par le chronogramme ci-contre.

Avec « T » la période correspondant à la durée de trame, « T_g » la durée de ligne, et « T_{dn} » le retard d'allumage des pixels de la $n^{ième}$ ligne par rapport au début de trame.



On se place ici dans le cadre d'un écran LCD de type VGA monochrome le nombre de lignes est donc de $N_l=480$ et le nombre de pixels par ligne de $N_p=640$. La fréquence de trame est $F_t=50\text{Hz}$.

On se place dans le cas d'une transition négative/positive de V_d .

- QIII.1.1** Donner l'expression et la valeur de durée de ligne « T_g ».
- QIII.1.2** En supposant que le chronogramme précédent correspond à la ligne $n=75$, donner l'expression et la valeur numérique de « T_{dn} »
- QIII.1.3** Donner l'équation de la constante de temps de charge du pixel T_{on}
- QIII.1.4** Donner l'expression et la valeur numérique d'un majorant de T_{on} permettant d'obtenir $V_n = 0,95.V_d$ en fin de charge du pixel
- QIII.1.5** Donner l'équation de la constante de temps de maintien du pixel T_{off} (durée entre 2 charges du pixel).
- QIII.1.6** Donner l'expression et la valeur numérique d'un minorant de T_{off} permettant d'obtenir une variation de 1% de V_n en fin de décharge du pixel.
- QIII.1.7** En supposant le courant off du transistor de l'ordre de $I_{off} = 1\text{pA}$ donner une estimation du courant I_{on} du transistor nécessaire pour le bon fonctionnement du pixel
- QIII.1.8** En se basant sur les caractéristiques électriques du TFT fournies dans la documentation, donner en la justifiant une valeur possible de V_g .
- QIII.1.9** Tracer la forme d'onde de V_n en complétant le chronogramme sur le document réponse.

III.2 Charge de la capacité d'un pixel LCD

On se place maintenant dans le cas le plus général avec V_{st} et V_{com} non nuls et C_{gs} non négligeable. On suppose en outre que l'on se trouve dans le cas d'une transition d'une valeur négative à une valeur positive de V_d .

QIII.2.1 Donner en fonction de V_n , la charge Q_n stockée au nœud N du pixel.

On suppose le transistor TFT fonctionnant en régime linéaire. Ces caractéristiques sont définies, comme pour un transistor MOS monocristallin classique, par les paramètres suivants :

- La longueur et la largeur du canal (respectivement W et L)
- La mobilité μ_0
- La capacité surfacique d'isolant de grille C_i
- La tension de seuil V_{th} .

On définit ainsi le courant de drain par : $I_d = \mu_0 \frac{W}{L} C_i [(V_{GS} - V_{th})V_{DS} - \frac{1}{2}V_{DS}^2]$

QIII.2.2 Donner l'expression du courant de drain I_d en fonction de V_g , V_n et V_d .

On posera C_{px} la capacité équivalente du pixel $C_{px} = C_{gs} + C_{lc} + C_{st}$.

QIII.2.3 Sachant que V_{st} et V_{com} sont des paramètres constants en fonction du temps en déduire la dérivée du potentiel V_n : $\frac{dV_n}{dt}$

QIII.2.4 Montrer que cette expression peut s'écrire sous la forme :

$$\frac{dV_n}{dt} = \frac{1}{2} \cdot \mu_0 \cdot \frac{W}{L} \cdot \frac{C_i}{C_{px}} [(V_g - V_t - V_n)^2 - (V_g - V_t - V_d)^2]$$

III.3 Décalage de tension

Comme nous l'avons déjà vu le cristal liquide ne peut fonctionner correctement avec une tension continue à ses bornes. La présence de la capacité parasite entre la grille et la source C_{gs} engendre au point N une variation de tension ΔV_n

QIII.3.1 En se plaçant dans le cas d'une transition négative à positive de V_d , donner l'expression de ΔV_n en fonction de V_g et des capacités du pixel.

QIII.3.2 En déduire en le justifiant le principal intérêt de la capacité de stockage C_{st} .

QIII.3.3 Sachant que l'on suppose un cristal liquide ayant une taille de $100 \times 200 \mu\text{m}$, donner la valeur de la capacité permettant de limiter ΔV_n à 2volt.

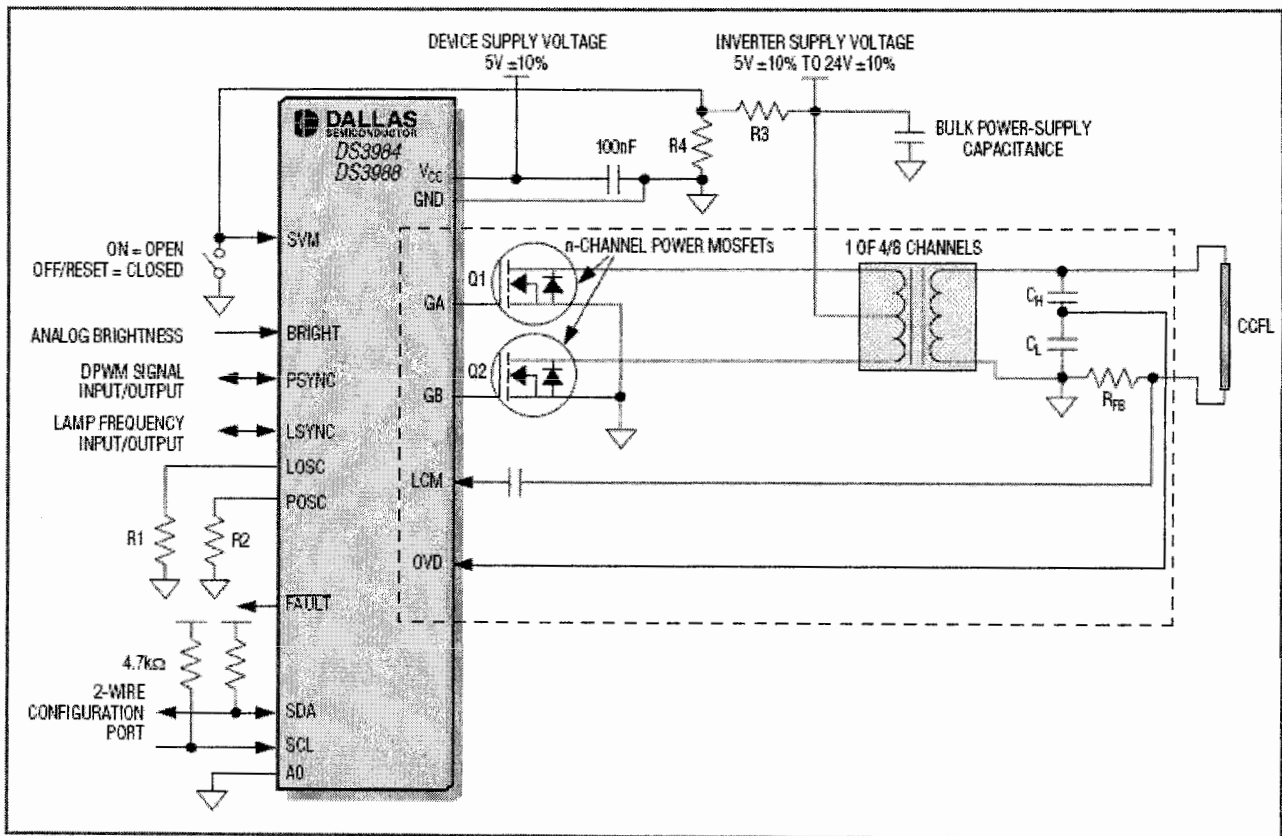
QIII.3.4 Justifier le choix de cette valeur en fonction des caractéristiques du cristal liquide fournies dans la documentation.

QIII.3.5 Tracer la forme d'onde de V_n , tenant compte de ΔV_n , en complétant le chronogramme sur le document réponse.

IV. Rétro éclairage

L'écran LCD possède une matrice passive (voir la présentation) il est donc nécessaire de régler la luminance par un rétro éclairage à l'aide de tubes à cathode froide (CCFL). Ces tubes sont alimentés en haute tension alternative à fréquence variable à partir de la source DC qui peut varier entre 5V et 24V. Cette partie a pour objectif l'étude du convertisseur de puissance DC/AC utilisé dans la réalisation de l'écran LCD.

La figure ci-dessous représente un convertisseur DC/AC pour un tube CCFL, nous nous intéresserons au fonctionnement du circuit passif (le transformateur) associé aux interrupteurs de puissance et à la charge.



Convertisseur DC/AC

Pour cette partie de l'étude, les interrupteurs (Dual Power Mosfet) seront considérés idéaux (transistor bloqué : circuit ouvert ; transistor conducteur : court circuit).

Pour le transformateur, les résistances et inductances de fuite des bobinages seront négligées, le matériau magnétique sera considéré comme parfait (pas de pertes fer et une perméabilité relative $\mu_r \gg 1$).

L'association de plusieurs interrupteurs de puissance se nomme une cellule de commutation. Cette cellule de commutation est insérée entre une source de tension continue (DC) bidirectionnelle en courant et une charge (le transformateur et sa charge) que l'on peut assimiler à une source de courant alternatif (AC).

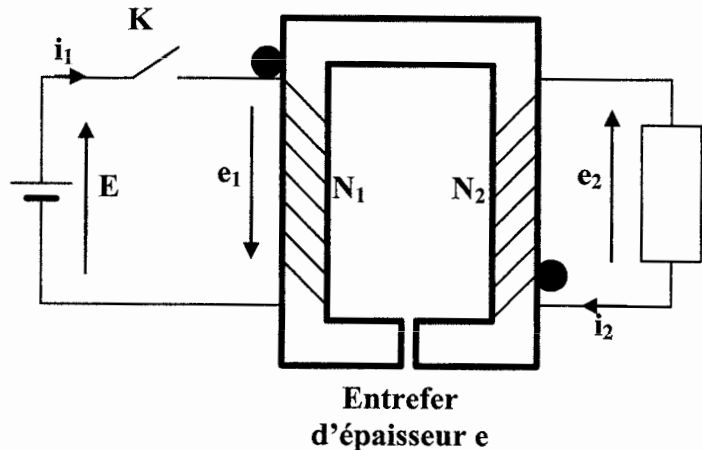
QIV Indiquer les différentes structures qui permettent d'assurer un transfert d'énergie entre la source DC et la charge (AC). On indiquera le nombre d'interrupteurs utilisés pour chaque structure (le transformateur peut comporter une ou deux bobines primaires et une bobine secondaire) et les contraintes que la structure impose au circuit magnétique.

IV.1 Étude avec une bobine primaire

Pour une première étude, nous allons analyser la solution avec une bobine primaire (représentée sur la figure ci-contre) sur une seule commutation, puis nous étudierons la solution retenue (représentée à la figure ci-dessus).

Hypothèse, le flux ϕ est nul au moment où l'interrupteur K est fermé, la réluctance du circuit magnétique ne dépend que des dimensions de l'entrefer (épaisseur e et surface S) :

$$\mathcal{R} = \frac{e}{\mu_0 \cdot S}$$



Entrefer d'épaisseur e

On appelle l'inductance propre primaire $L_1 = \frac{N_1^2}{\mathfrak{R}}$, l'inductance propre secondaire $L_2 = \frac{N_2^2}{\mathfrak{R}}$,

l'inductance mutuelle $M = \frac{N_1 \cdot N_2}{\mathfrak{R}}$ et $m = \frac{N_2}{N_1}$ le rapport de transformation.

QIV.1.1 Exprimer le flux Φ , le courant i_1 et la tension e_2 en fonction de t , L_1 , E , R , m .

QIV.1.2 Donner les équations du transformateur : K fermé

QIV.1.3 Que se passe-t-il lorsque l'interrupteur K s'ouvre à l'instant T_1 ?

QIV.1.4 Donner les équations du transformateur : K ouvert

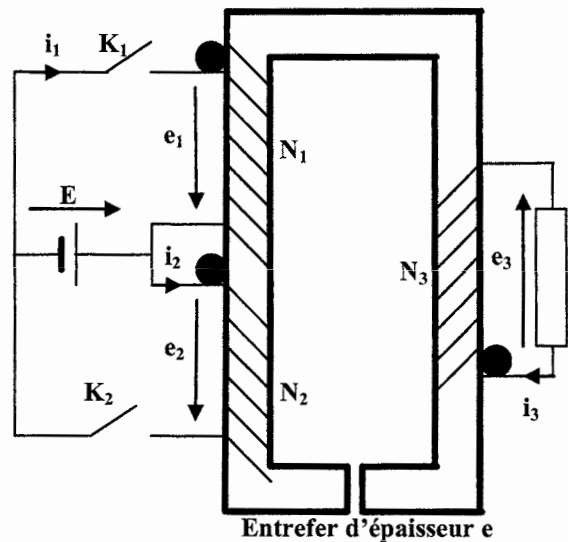
QIV.1.5 Conclure quant à l'amorçage du tube.

QIV.1.6 Tracer sur le document réponse les grandeurs suivantes : Φ , e_1 , i_1 , e_2 .

IV.2. Étude de la structure en demi pont

Dans la structure précédente, le circuit magnétique est très mal utilisé car le flux est essentiellement positif, pour utiliser la symétrie des caractéristiques magnétiques, il est ajouté une deuxième bobine primaire. La figure ci-contre représente une structure en demi pont.

Le début de l'étude reste identique à l'exemple précédent. Il est bien entendu interdit de fermer les deux interrupteurs en même temps.



On suppose la séquence suivante :

1. phase 1 : l'interrupteur K2 est fermé et K1 est ouvert $0 < t < T/2$
2. phase 2 : l'interrupteur K1 est fermé et K2 est ouvert $T/2 < t < T$

Hypothèse : $N_1 = N_2 = N$, $m = \frac{N_3}{N}$, $L = \frac{N^2}{\mathfrak{R}}$

QIV.2.1 Exprimer le flux Φ , le courant i_1 et la tension e_3 en fonction de t , L , E , R , m .

QIV.2.2 Donner les équations du transformateur : K2 fermé et K1 ouvert.

QIV.2.3 Donner les équations du transformateur : K1 fermé et K2 ouvert.

QIV.2.4 Tracer sur le document réponse les grandeurs suivantes : Φ , e_1 , i_1 , e_2 , i_3 .

La haute tension est obtenue durant les phases où les deux interrupteurs sont ouverts et le flux non nul (voir fonctionnement précédent).

Le réglage de la tension efficace aux bornes du tube CCFL, se fait par un contrôle de la durée de conduction des interrupteurs K1 et K2.

Dans un premier temps nous avons fait l'étude en supposant que le fonctionnement des deux interrupteurs était complémentaire. Dans une deuxième partie, nous envisageons un fonctionnement avec une phase supplémentaire durant laquelle les deux interrupteurs restent ouverts sur une durée δ .

QIV.2.5 Que se passe-t-il lorsque les deux interrupteurs sont ouverts (flux non nul)

QIV.2.6 Conclure quant à l'amorçage du tube.

QIV.2.7 Tracer sur le document réponse les grandeurs suivantes : Φ , e_1 , i_1 , e_2 , i_3 .

QIV.2.8 En régime permanent (cycle périodique), à $t = T$ le flux $\Phi_T = \Phi_0$, quelle est la condition sur Φ_0 pour obtenir dans ce fonctionnement un flux avec une valeur moyenne nulle ?

QIV.2.9 Montrez que durant la durée δ le flux est libre, et la tension aux bornes du tube CCFL peut s'écrire :

$$e_3 = R.m. \frac{E.T}{4.L} e^{-\frac{(t-T)}{\tau}} \quad \text{pour} \quad \frac{T-\delta}{2} < t < \frac{T+\delta}{2} \quad \text{avec} \quad \tau = \frac{L}{R}$$

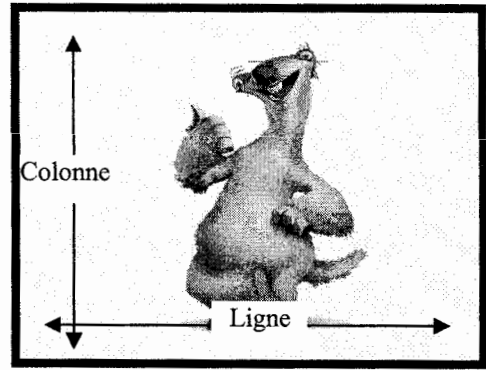
QIV.2.10 Calculer la valeur efficace dans le cas où l'on considère que la surtension reste constante.

QIV.2.11 Expliquer le rôle des entrées 0VDn et LCMn sur le circuit représenté sur la figure « Convertisseur DC/AC » (page 5)

V. Traitement numérique du flux vidéo

V.1 Traitement de l'image

Dans cette partie, nous nous intéresserons au traitement de l'image, aux outils fondamentaux et aux principes. Nous devons commencer par quelques définitions, l'image est considérée comme un système à deux dimensions, par exemple $a(x,y)$ est une fonction réelle qui désigne l'amplitude (éclairage) d'un point appartenant à un écran repéré par ses coordonnées réelles (ligne, colonne). Dans la suite, nous considérerons que la variable (a) est un nombre entier compris entre 0 (noir) et 255 (blanc) et que les coordonnées du point seront également des entiers dont la valeur dépendra de la définition de l'image.



L'écran LCD permet l'affichage d'une image numérique (échantillonnée) qui est répartie en ligne et en colonne. Dans la suite de notre questionnement, les images seront limitées aux teintes grisées et seront considérées comme fixes (ce qui représente une simplification importante de l'étude).

QV.1.1 L'image de la figure 3 est représentée par la matrice M_1 , notée $[M_1]$, calculer son histogramme.

QV.1.2 Représenter cet histogramme sur le document réponse.

QV.1.3 Montrer que la transformée de Fourier du signal $x^*(t)$ notée $X^*(f)$ s'écrit :

$$X^*(f) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x(nT) e^{-j2\pi fnT}$$

On rappelle qu'il existe également une transformée de Fourier inverse : $x(n) = \frac{1}{F_e} \int_{-F_e/2}^{F_e/2} X(f) e^{-j2\pi fnT} df$

Nous allons utiliser un filtre passe haut que l'on appelle « correction de contours » qui permet de mettre en évidence les transitions nettes sur l'écran LCD.

Soit le filtre dont la fonction de transfert échantillonnée est $H(z) = (1 - 10z^{-1} + z^{-2})$ où z^{-1} est

l'opérateur retard. En dimension 2 le filtre est une matrice symétrique $[h] = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -10 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$. Le gabarit de

ce filtre est représenté en dimension 2 sur la figure 5 de la documentation.

QV.1.4 Montrer le caractère passe haut du filtre $H(z)$.

QV.1.5 On applique ce filtre au signal représenté sur la figure 3 de la documentation et décrit par la matrice $[M_1]$, calculer la matrice du signal filtré $[S]$,

QV.1.6 Représenter l'image obtenue sur le document réponse.

Réalisation de la fonction « smooth »

Pour atténuer les transitions et les échos sur l'image, il est nécessaire d'utiliser un filtre passe bas. Nous allons synthétiser ce filtre à partir de son gabarit fréquentiel.

Pour l'étude, nous travaillerons sur un filtre non récursif à une dimension de fréquence de coupure normalisée égale à $0,25F_e$; la synthèse se fera à partir de l'échantillonnage et de la troncature par une fenêtre rectangulaire sur 17 échantillons de la réponse impulsionnelle.

QV.1.7 Calculer et représenter la réponse impulsionnelle sur le document réponse.

QV.1.8 Calculer et représenter la réponse fréquentielle sur le document réponse.

La troncature de la réponse impulsionnelle introduit des ondulations qui modifient considérablement le gabarit souhaité. Les coefficients de la réponse impulsionnelle tronquée sont donc modifiés par une fenêtre

de Hamming : $W(n) = 0,54 - 0,46 * \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right)$ avec N le nombre d'échantillons retenus.

QV.1.9 Calculer et représenter la réponse impulsionnelle sur le document réponse.

QV.1.10 Calculer et représenter la réponse fréquentielle sur le document réponse.

QV.1.11 La réponse impulsionnelle en dimension 2 est représentée à la figure 11, L'effet de ce filtre est représenté sur la figure 12, interpréter et commenter ces résultats.

Élimination des parasites

Certains parasites peuvent se traduire par des points aberrants sur l'écran par exemple un pixel isolé dont la valeur d'éclairement vaut 255 (Matrice M_2). L'opération d'élimination consiste alors à remplacer cette valeur aberrante par une valeur médiane des pixels qui entoure le point aberrant.

QV.1.12 Calculer la valeur du point aberrant $M_2(10,14)$.

Changement de format

Les écrans LCD sont susceptibles de travailler sous différents formats, pour réaliser cette opération il est nécessaire de sur échantillonner le signal à reproduire puis de procéder à une décimation du signal pour obtenir le format définitif.

Le sur échantillonnage consiste à introduire $(M-1)$ zéros entre deux échantillons sur le signal à filtrer. Soit $y(n) = x(n/M)$ pour $n = 0 \text{ mod}(M)$ et $y(n) = 0$ si $n \neq 0 \text{ mod}(M)$. Dans ces conditions le signal $y(n)$ comporte M fois plus d'échantillons qui sont délivrés à l'unité de traitement M fois plus vite.

QV.1.13 Montrer que le spectre du signal de base est répliqué M fois.

Avant de procéder à l'opération de décimation, il est impératif de filtrer le signal pour éliminer les composantes hautes fréquences dues à l'introduction des zéros. Pour sous échantillonner un signal $x(n)$

dans un rapport M , nous proposons d'effectuer un filtrage de gain M dans la bande $\left[\frac{-1}{(2M)} \leq f \leq \frac{1}{(2M)} \right]$

suivi d'une opération de décimation sur M valeurs. En vidéo, le temps de propagation de groupe doit être constant, on propose de synthétiser ce filtre par un échantillonnage du gabarit fréquentiel, le gain sera unitaire dans la bande passante, on prendra $M=4$. Le gabarit passe bas idéal sera échantillonné sur 17 échantillons espacés régulièrement.

QV.1.14 Calculer et représenter la réponse impulsionnelle du filtre non causal sur le document réponse.

QV.1.15 Calculer le temps de propagation de groupe afin de rendre ce filtre causal.

QV.1.16 Calculer et représenter la réponse fréquentielle réelle sur le document réponse.

QV.1.17 A l'aide de fonctions « mémoire » (retard), de fonctions « sommateur » et de fonctions « gain » proposer l'architecture de ce filtre.

V.2 Cryptage

Afin de protéger les contenus multimédia le protocole d'authentification HDCP (High-Bandwidth Digital Content Protection) a été implanté dans les téléviseurs. Il consiste en un échange entre un Émetteur HDCP et un Récepteur HDCP qui confirme à l'émetteur que le récepteur est autorisé à recevoir le contenu. Cette confirmation se fait par la démonstration par le récepteur qu'il connaît un ensemble de clés secrètes. Chaque composant HDCP est fourni avec un unique ensemble de clés secrètes, appelé Device Private Key.

Chaque composant HDCP contient une table de 40 clés de 56 bits qui constitue son Device Private Key et un identifiant. Cet identifiant, appelé Key Selection Vector (KSV), est associé au composant. C'est un mot binaire de 40 bits.

Le cryptage HDCP consiste en un OU-exclusif entre un flux pseudo aléatoire produit par le chiffreur HDCP et le contenu audiovisuel constitué de paquets de 24 bits avant d'entrer dans le décodeur TMDS (Time Minimized Differential Signaling). À la réception on effectue les opérations inverses.

L'un des composants du chiffreur est un « Module LFSR » (Linear Feedback Shift Register) constitué de quatre LFSR de longueurs différentes. Les sorties LFSRx Tapy (Combining Function Taps) contrôlent les brouilleurs (Shuffle).

QV.2.1 Proposer la structure (registre à décalage et XOR) associée au polynôme générateur LFSR0. Le registre à décalage sera codé de l'étage 12 à l'étage 0 ; la rétroaction se faisant sur l'étage 0 ;

QV.2.2 Indiquer l'état initial des registres à décalage.

QV.2.3 Compléter le document réponse.

QV.2.4 Donner l'équation de la sortie Dout du brouilleur (Shuffle).

QV.2.5 Compléter le document réponse.

QV.2.5 Décrire à l'aide d'un langage de haut niveau (C, VHDL) les structures suivantes :

- LFSR ;
- Shuffle ;
- Module LFSR

Documentation

Normes de télévision

Le système SECAM utilise une base de couleurs Y C_R C_B, détaillée ci-après :

- Y = 0,30R + 0,59V + 0,11B (bande passante : 6 MHz)
- C_R = -1,902.(R - Y) (bande passante : 1,2 MHz)
- C_B = 1,505.(B - Y) (bande passante : 1,2 MHz)

Le système SECAM adopte la transmission séquentielle de la chroma, ainsi une ligne transportera le ROUGE et la suivante le BLEU. Chaque composante de couleur possède sa fréquence porteuse :

$$Chroma(t) = \begin{cases} A \cos 2\pi \left[f_B + \Delta f_B \left(\int_0^t C_B dt \right) \right] \\ A \cos 2\pi \left[f_R + \Delta f_R \left(\int_0^t C_R dt \right) \right] \end{cases} \quad avec \begin{cases} f_B = 4,25 MHz \\ f_R = 4,406 MHz \end{cases}$$

En réception LL' (norme française), les canaux occupent un espace spectral de 8Mhz. Les porteuses **son** et **image** sont espacées de 6,5 MHz et sont modulées en amplitude. Les canaux TV utilisés sur le territoire Français permettent la diffusion des programmes de télévision codés SECAM, en Norme L en Métropole et en norme K1 dans les Territoires et Départements d'Outre-Mer. Le format géométrique de l'image est de 4/3.

Le balayage définit l'ordre de scrutation de l'ensemble des pixels constituant l'image. Il se fait en lignes de gauche à droite, la suite des lignes étant formée de haut en bas; l'origine est le coin supérieur gauche. Il est à remarquer que le signal issu de cette analyse peut être analogique dans le cas de l'analyse d'un milieu continu, la discrétisation n'étant réalisée que dans le sens vertical. Le nombre total de lignes est :

- 625 en norme CCIR
- 525 en norme NTSC

Sur ce nombre total, l'image réelle ne constitue qu'une portion réduite, le reste étant consacré au retour trame qui correspond à un temps libre nécessaire physiquement à certains équipements (tube cathodique T.V.) pour revenir en situation initiale de balayage. Le retour correspond à environ 45 lignes pour les deux standards. Le temps consacré à une ligne est de :

- 64 microsecondes en CCIR
- 63.556 microsecondes en NTSC

Bandes IV et V				
Canal	Porteuse Image (MHz)	Porteuse Son (MHz)		
		L,K1	G,H	I
37	599,25	605,75	604,75	605,25
38	607,25	613,75	612,75	613,25
39	615,25	621,75	620,75	621,25
40	623,25	629,75	628,75	629,25
41	631,25	637,75	636,75	637,25
42	639,25	645,75	644,75	645,25
43	647,25	653,75	652,75	653,25
44	655,25	661,75	660,75	661,25
45	663,25	669,75	668,75	669,25
46	671,25	677,75	676,75	677,25
47	679,25	685,75	684,75	685,25
48	687,25	693,75	692,75	693,25
49	695,25	701,75	700,75	701,25

Données complémentaires sur le cristal liquide

Ces informations sont extraites de données du constructeur et fournissent des informations sur le comportement dynamique d'un cristal liquide de type Super Twisted Nematic.

Pour tracer ce cycle on suppose le cristal liquide chargé attaqué par une source de tension dont la résistance de Thévenin est de 1Ω .

Le cristal liquide considéré a les caractéristiques physiques suivantes :

- Surface de $100\ \mu\text{m}^2$
- Épaisseur $5\ \mu\text{m}$
- Permittivité électrique relative $\epsilon_r=15$

On supposera le cristal liquide fonctionnant comme un condensateur plan en première approximation.

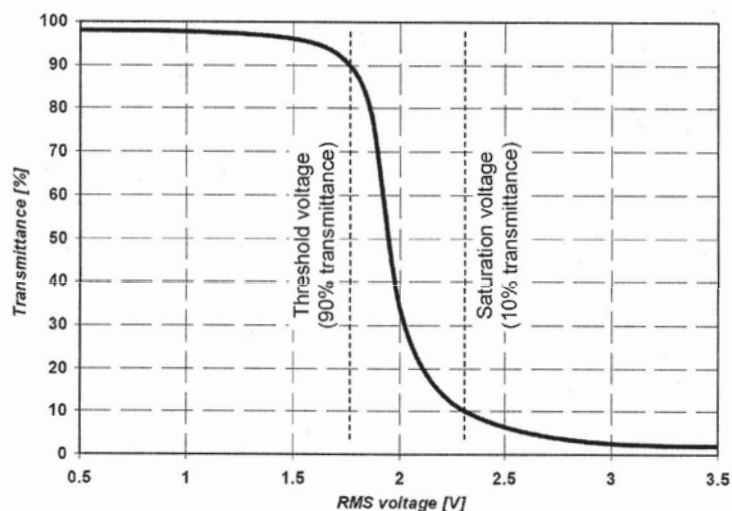
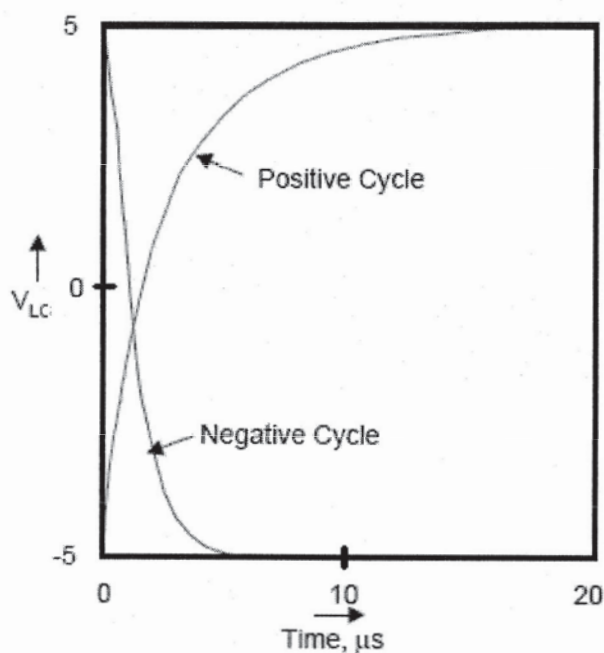


Figure 2. Example of TN LCD Cell Transmittance Characteristics

An example of the TN LCD cell optical characteristics can be seen in Figure 2. The goal of the drive scheme is to keep the RMS voltage on invisible segments (V_{OFFRMS}) below the threshold voltage (V_T) and the RMS voltage on the visible segments (V_{ONRMS}) above the saturation voltage (V_S).

2.5 Voltage Waveforms for Driving LCDs

2.5.1 Statically Driven LCDs

There is nothing static about the waveforms required to drive the LCD, even though this type is called “statically driven”. This is because the LCD requires a pure AC voltage waveform to be applied to the electrodes to prevent damage caused by the impurity ion migration. Waveforms needed to drive this type of display are shown in Figure 5.

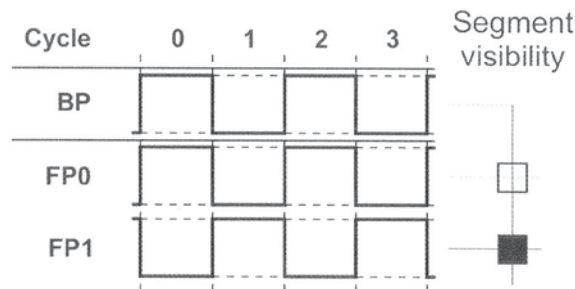


Figure 5. Waveforms for Statically Driven LCDs

When the same AC waveform is connected to both the backplane electrode and a frontplane electrode, the particular segment will be invisible, as there is no voltage across the cell. The frontplane electrodes connected to segments that should be visible receive the waveform shifted by 180 degrees.

The optimal frequency of the driving waveforms are usually specified by the LCD manufacturer. The LCD represents a capacitive load and, therefore, the current flowing through the cell rises with the waveform frequency. Therefore, the goal is to drive the display at the lowest possible frequency without affecting its optical parameters and long term reliability. The minimum frequency is around 30 Hz for most LCDs.

2.5.2 Dynamically Driven LCDs

The fact that the segments are organized into a matrix with multiple frontplane electrodes connected to a single pin makes the situation more complicated. For example, when displaying the digit “4” on the LCD shown in Figure 4, one of the FP_1 segments must be visible and the other one must be invisible. Therefore, it is necessary to create a voltage greater than V_S between FP_1 and BP_2 , while keeping the voltage between FP_1 and BP_1 below V_T .

How the waveforms must look to achieve this is far from obvious. However, it is quite clear that the waveforms must have more than two discrete voltage levels. All manufacturers of LCDs and LCD drivers use the same or very similar terms to describe the properties of the waveforms. We will discuss these terms first.

The process of refreshing an LCD with n backplanes and m frontplanes is similar to the aforementioned keyboard operation. The driver will select one particular backplane BP_x (corresponding to a column on a keyboard) and drive the appropriate voltage levels to all frontplanes FP_1 – FP_m (corresponding to keyboard rows). The remaining backplanes (BP_1 – BP_{x-1} , BP_{x+1} – BP_n) are driven to a non-selected voltage level. This process is then repeated for all backplane electrodes of the display. Therefore, the full refresh cycle of the display will have n phases, one for each backplane electrode. The cells corresponding to the visible segments are driven to the “active” voltage level only in one (selected) phase of the refresh cycle and to an “inactive” voltage level in the remaining (non-selected) phases. This is why the number of phases of the refresh cycle (which equals to the number of backplane electrodes) is typically expressed as a **duty** ratio $1/n$.

The requirement that the LCD cells must be driven with a pure AC voltage is resolved by inverting the voltages in every other refresh cycle.

The voltage across an LCD cell during one of the inactive phases depends on how many discrete voltage levels the display driver uses. The voltage across the LCD cell during the inactive phases is usually expressed as a fraction of the supply voltage of the driving device and is called a **bias** (b). The number of discrete voltage levels used by the driver is normally equal to $b+1$. LCD manufacturers typically use the reciprocal of b and call it the bias ratio ($1/b$).

In this terminology, the waveforms in Figure 5 have a 1/1 duty ratio (because there is only one phase in every refresh cycle) and a 1/1 bias ratio (as there are two voltage levels used). Specifying the bias ratio does not make much practical sense, as there are no inactive phases in the refresh cycle. Note that the cell voltages are reversed in the odd and even refresh cycles.

The duty and bias parameters are properties of the driving waveforms. Each type of LCD display has its own optimal waveform parameters associated with it, but this does not mean that waveforms with different parameters would fail to work. The subject of the suitability of different waveforms for driving different types of LCDs is discussed in Section 2.7.

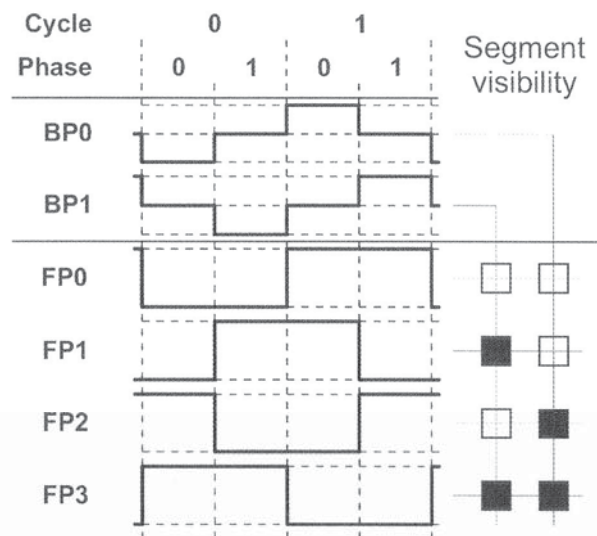


Figure 6. Waveforms for Dynamically Driven LCDs with 1/2 Duty and 1/2 Bias Ratios

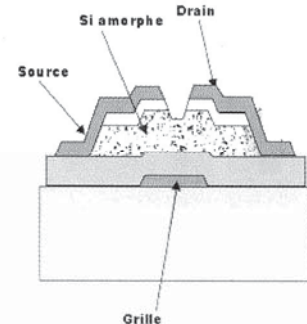
It is possible to derive multiple different driving waveforms, which are equally good at driving the display. The waveforms presented in this application note represent a few of the many examples.

Figure 6 shows waveforms with 1/2 duty and 1/2 bias ratios. There are two backplane electrodes and each refresh cycle has two phases. The backplane electrode BP_0 has a “selected phase” in phase 0 and a “non-selected phase” in phase 1 (i.e. the duty ratio of 1/2). The voltage across the BP_0 - FP_x cells in the non-selected phase 1 is equal to 1/2 of the supply voltage; hence, the bias ratio of 1/2.

Caractéristique d'un transistor TFT en silicium amorphe

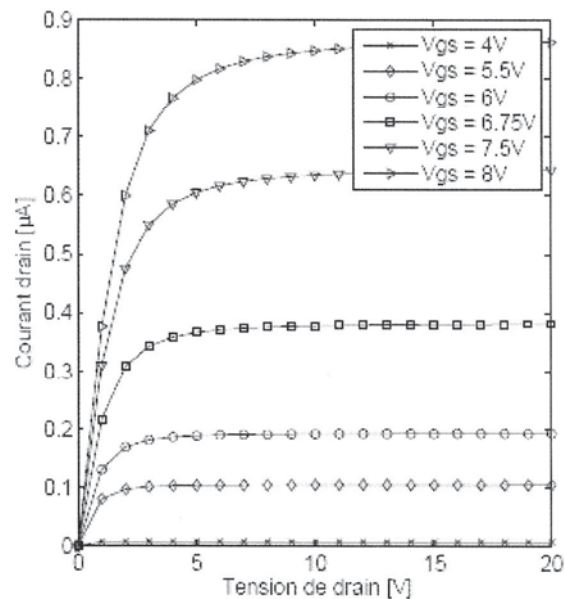
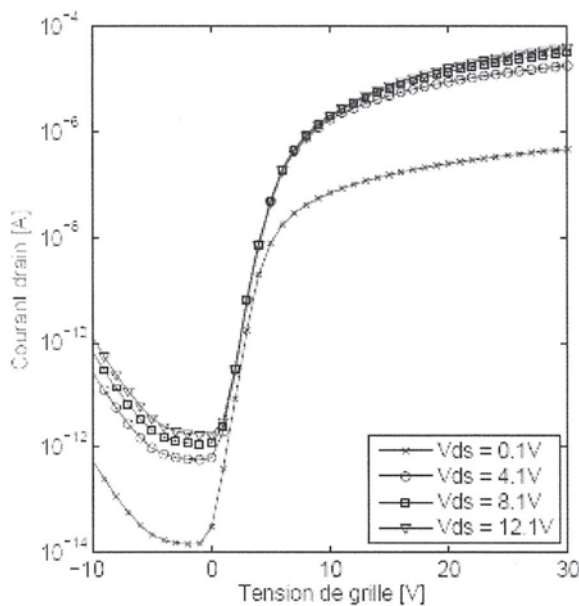
Le transistor en couches minces (ou « Thin Film Transistor ») est modélisé dans une première approche par un condensateur métal/diélectrique/semi-conducteur aux bornes du quel est appliquée une tension à travers le contact de grille. Selon la polarisation, on crée une zone d'accumulation, d'inversion ou de déplétion. Le courant est collecté en appliquant une tension entre deux contacts métalliques appelés source et drain.

Lorsque l'on applique une tension au niveau de la grille, on accumule des électrons ou des trous à l'interface avec le diélectrique et on crée donc un canal conducteur. La concentration des porteurs accumulés varie de façon exponentielle en fonction de la différence d'énergie $E_C - E_F$ entre la bande de conduction et le niveau de Fermi. Pour cette raison, le canal effectif se trouve sur une longueur de quelques nanomètres seulement.



On peut donc voir un TFT comme une « porte » qui s'ouvrirait pour laisser passer le courant entre le drain et la source lorsque l'on applique une tension suffisante sur la grille.

Un transistor est donc caractérisé par sa tension de seuil : elle correspond à la valeur minimale de la tension de grille au-delà de laquelle le transistor commute et laisse passer le courant entre le drain et la source.

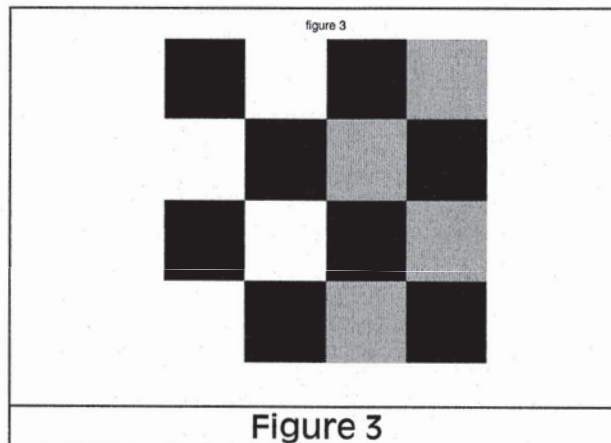
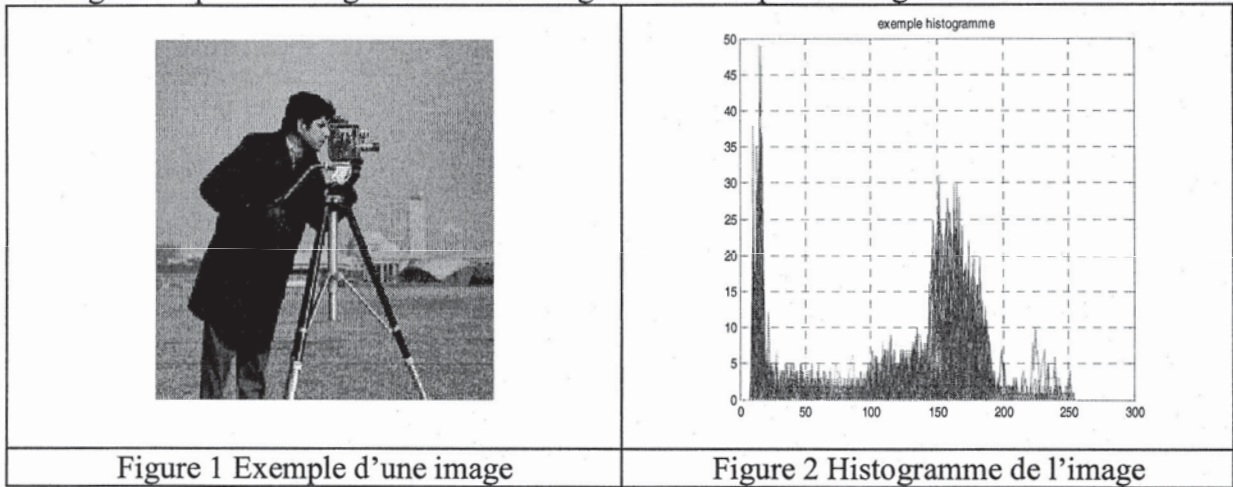


Paramètres	valeurs
Mobilité	$\mu_0=0,5\text{cm/V.s}$
Tension de seuil	$V_{th}=2\text{V}$
Capacité de surfacique grille	$C_i=1\text{nf/cm}^2$

Documents relatifs à la partie V

Histogramme d'une image :

Une image est représentée figure 1 et son histogramme est représenté figure 2



0	0	0	0	255	255	255	255	0	0	0	0	179	179	179	179
0	0	0	0	255	255	255	255	0	0	0	0	179	179	179	179
0	0	0	0	255	255	255	255	0	0	0	0	179	179	179	179
0	0	0	0	255	255	255	255	0	0	0	0	179	179	179	179
255	255	255	255	0	0	0	0	179	179	179	179	0	0	0	0
255	255	255	255	0	0	0	0	179	179	179	179	0	0	0	0
255	255	255	255	0	0	0	0	179	179	179	179	0	0	0	0
255	255	255	255	0	0	0	0	179	179	179	179	0	0	0	0
0	0	0	0	255	255	255	255	0	0	0	0	179	179	179	179
0	0	0	0	255	255	255	255	0	0	0	0	179	179	179	179
0	0	0	0	255	255	255	255	0	0	0	0	179	179	179	179
0	0	0	0	255	255	255	255	0	0	0	0	179	179	179	179
255	255	255	255	0	0	0	0	179	179	179	179	0	0	0	0
255	255	255	255	0	0	0	0	179	179	179	179	0	0	0	0
255	255	255	255	0	0	0	0	179	179	179	179	0	0	0	0
255	255	255	255	0	0	0	0	179	179	179	179	0	0	0	0

Matrice M_1

Transformée de Fourier et transformée discrète d'un signal x(t)

Les signaux à traiter seront considérés déterministes, à énergie finie et avec une bande passante limitée, ils peuvent se présenter sous un format analogique ou numérique.

Le signal $x^*(t)$ est un signal discret issu d'un signal analogique $x(t)$. Il existe une transformée de

Fourier du signal $x(t)$ notée $\overline{X(f)}$: $\overline{X(f)} = \int_{-\infty}^{\infty} x(t).e^{(-j2\pi f.t)} dt$. Sa transformée de Fourier inverse :

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \overline{X(f)}.e^{(j2\pi f.t)} df$$

Le signal $x(t)$ est échantillonné par un train d'impulsion de fréquence F_e noté $\delta_T(t)$

$$x^*(t) = x(t).\delta_T(t) \quad \text{avec} \quad \delta_T(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t-n\Delta) \quad \text{Où} \quad \Delta = \frac{1}{F_e} \quad \text{et} \quad \delta(t) \quad \text{la distribution de Dirac.}$$

0	0	0	255	0	0	0	0	255	0	0	255	0	0	0	0
0	0	0	255	0	0	0	0	255	0	0	255	0	0	0	0
0	0	0	255	0	0	0	0	255	0	0	255	0	0	0	0
255	255	255	255	0	0	0	0	255	255	255	255	0	0	0	255
0	0	0	0	255	255	255	255	0	0	0	0	255	255	255	0
0	0	0	0	255	0	0	255	0	0	0	0	255	0	0	0
0	0	0	0	255	0	0	255	0	0	0	0	255	0	0	0
0	0	0	0	255	255	255	255	0	0	0	0	255	255	255	0
255	255	255	255	0	0	0	0	255	255	255	255	0	0	0	255
0	0	0	255	0	0	0	0	255	0	0	255	0	0	0	0
0	0	0	255	0	0	0	0	255	0	0	255	0	0	0	0
255	255	255	255	0	0	0	0	255	255	255	255	0	0	0	255
0	0	0	0	255	255	255	255	0	0	0	0	255	255	255	0
0	0	0	0	255	0	0	255	0	0	0	0	255	0	0	0
0	0	0	0	255	0	0	255	0	0	0	0	255	0	0	0
0	0	0	0	255	0	0	255	0	0	0	0	255	0	0	0

Matrice [S]

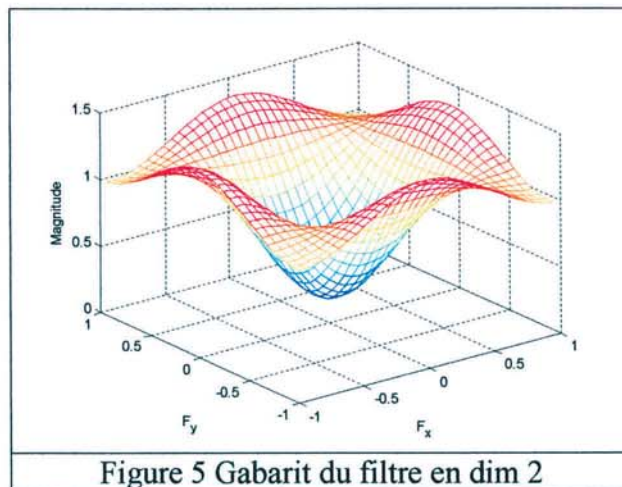
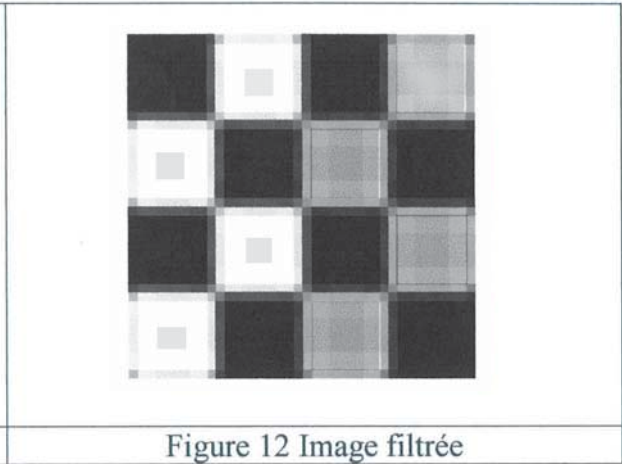
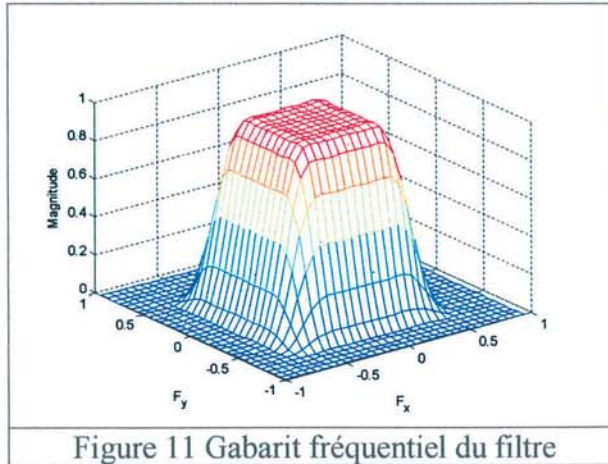


Figure 5 Gabarit du filtre en dim 2

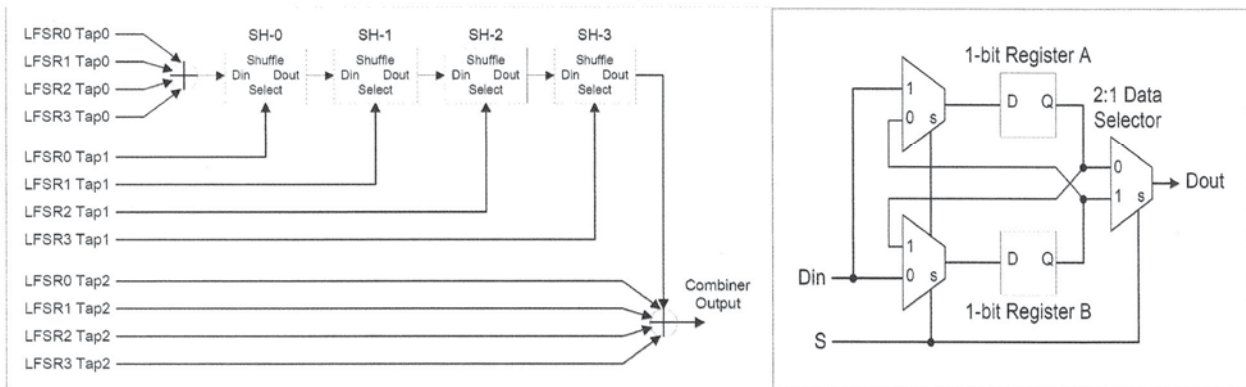


0	0	0	0	128	128	128	128	0	0	0	0	90	90	90	90
0	0	0	0	128	128	128	128	0	0	0	0	90	90	90	90
0	0	0	0	128	128	128	128	0	0	0	0	90	90	90	90
0	0	0	0	128	128	128	128	0	0	0	0	90	90	90	90
128	128	128	128	0	0	0	0	90	90	90	90	0	0	0	0
128	128	128	128	0	0	0	0	90	90	90	90	0	0	0	0
128	128	128	128	0	0	0	0	90	90	90	90	0	0	0	0
128	128	128	128	0	0	0	0	90	90	90	90	0	0	0	0
0	0	0	0	128	128	128	128	0	0	0	0	90	90	90	90
0	0	0	0	128	128	128	128	0	0	0	0	90	255	90	90
0	0	0	0	128	128	128	128	0	0	0	0	90	90	90	90
0	0	0	0	128	128	128	128	0	0	0	0	90	90	90	90
128	128	128	128	0	0	0	0	90	90	90	90	0	0	0	0
128	128	128	128	0	0	0	0	90	90	90	90	0	0	0	0
128	128	128	128	0	0	0	0	90	90	90	90	0	0	0	0
128	128	128	128	0	0	0	0	90	90	90	90	0	0	0	0

Matrice M_2

LFSR	Polynôme	Combining Function Taps		
		0	1	2
3	$x^{17} + x^{15} + x^{11} + x^5 + 1$	5	11	16
2	$x^{16} + x^{15} + x^{12} + x^8 + x^7 + x^5 + 1$	5	9	15
1	$x^{14} + x^{11} + x^{10} + x^7 + x^6 + x^4 + 1$	4	8	13
0	$x^{13} + x^{11} + x^9 + x^5 + 1$	3	7	12

	Bit Field	Initial Value
LFSR3	[16]	Complement of input bit 47
	[15:0]	Inputs bits [55 :44]
LFSR2	[15]	Complement of input bit 32
	[14:0]	Inputs bits [39:25]
LFSR1	[13]	Complement of input bit 18
	[12:0]	Inputs bits [24:12]
LFSR0	[12]	Complement of input bit 6
	[11:0]	Inputs bits [11:0]
Shuffle Network	Register A	0
	Register B	1



Module LSFR

Shuffle

Input bit	b55	b54	b53	b52	b51	b50	b49	b48
	1	0	0	1	1	1	1	0
	b47	b46	b45	b44	b43	b42	b41	b40
	1	1	0	0	0	1	1	1
	b39	b38	b37	b36	b35	b34	b33	b32
	1	1	0	0	0	1	1	0
	b31	b30	b29	b28	b27	b26	b25	b24
	1	0	0	1	0	1	0	1
	b23	b22	b21	b20	b19	b18	b17	b16
	0	0	0	1	1	1	1	1
	b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8
	1	1	1	0	0	0	0	0
	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
	1	0	1	1	0	0	1	0

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE,
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

NOM : _____

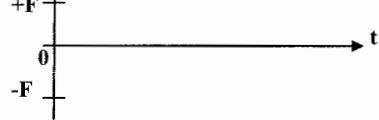
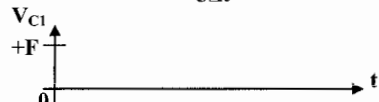
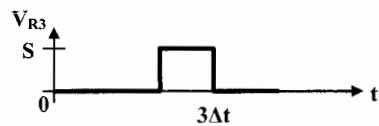
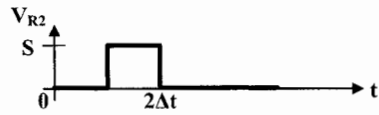
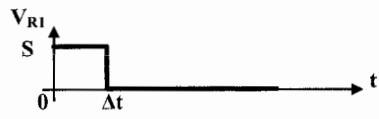
(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : _____ N° du candidat

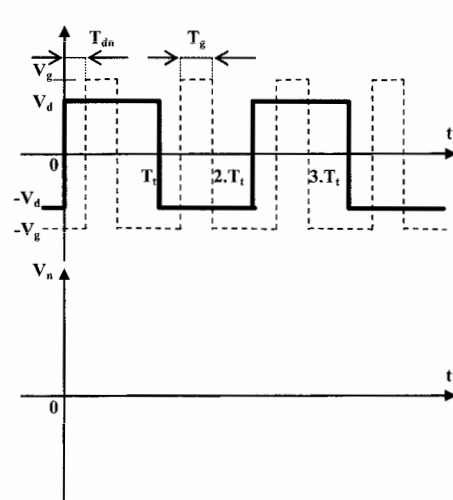
(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

4A92-11

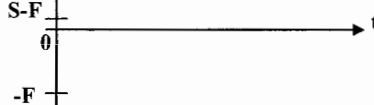
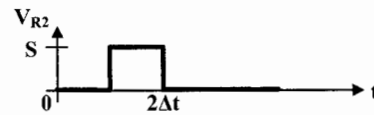
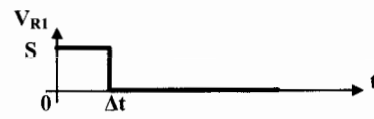
QII.1.3



QIII.1.9



QII.1.6

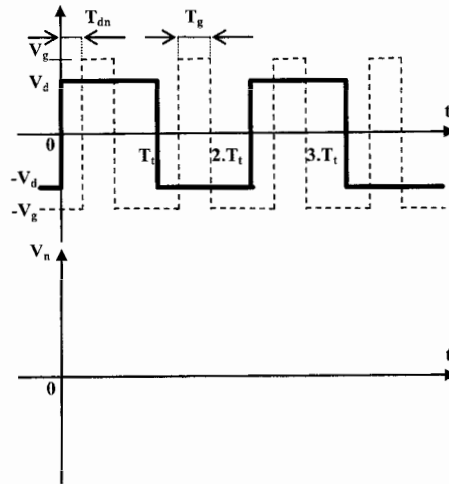


NE RIEN ÉCRIRE

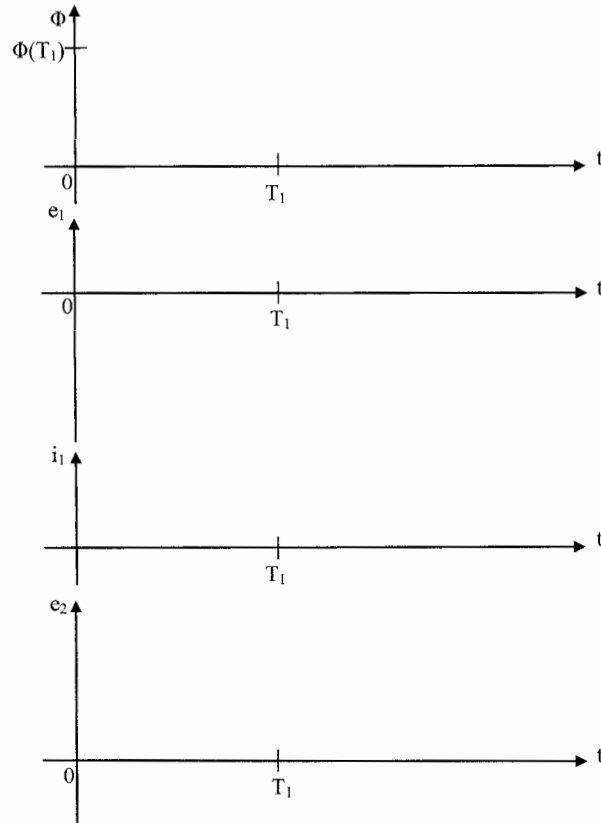
DANS CE CADRE

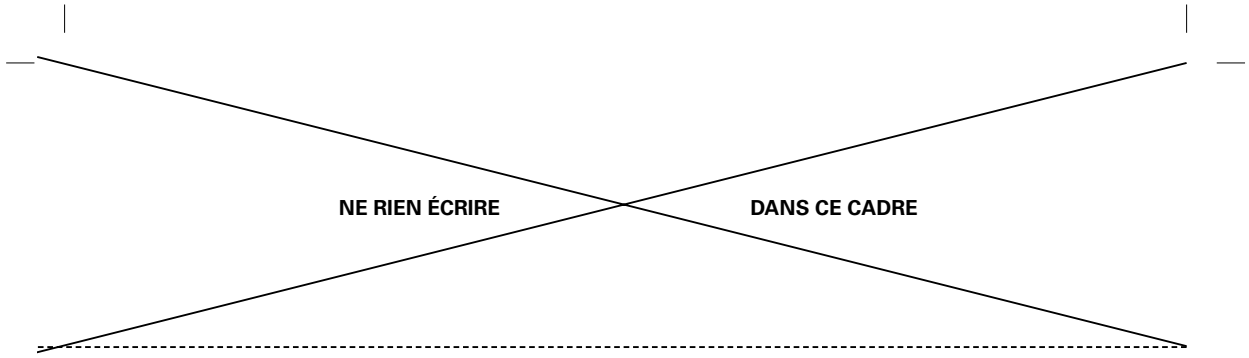
-2-

QIII.3.5



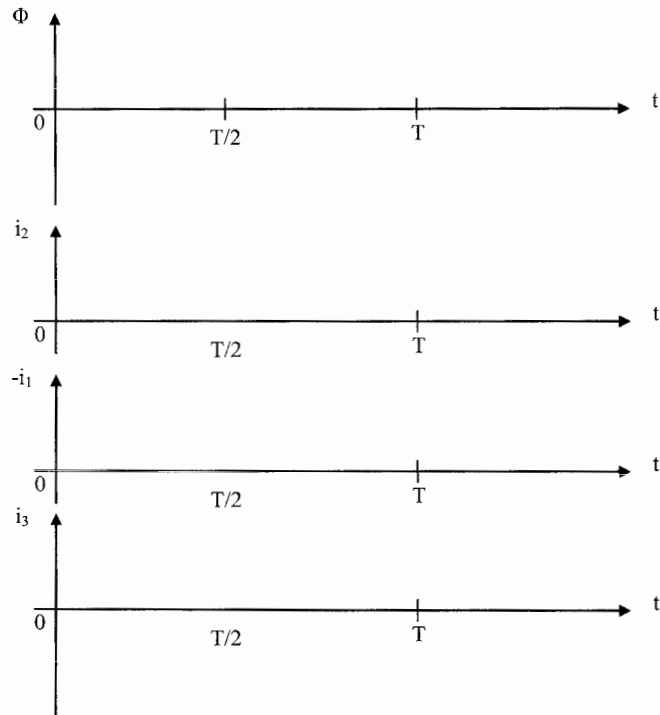
QIV.1.6





- 3 -

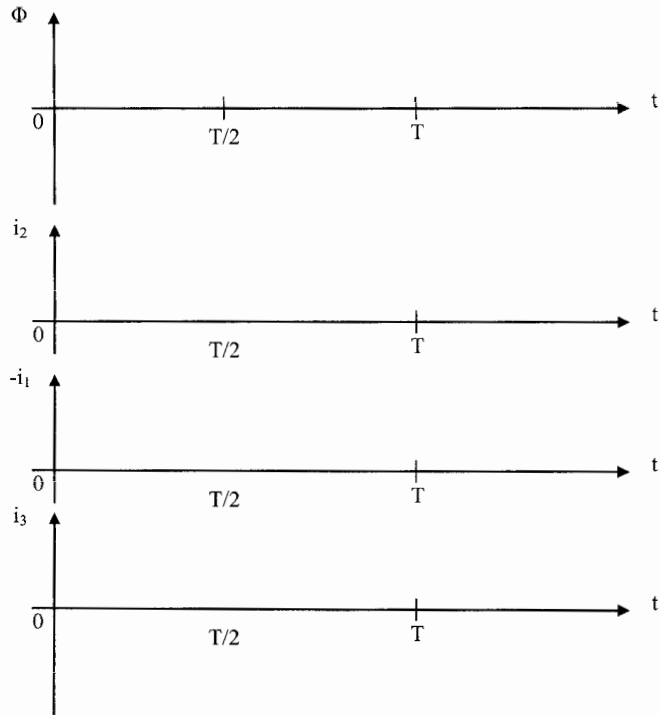
QIV.2.4



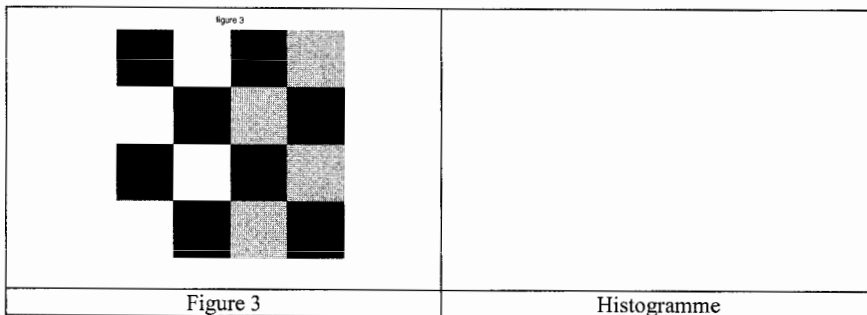
Tournez la page S.V.P.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

QIV.2.7



QV.1.2

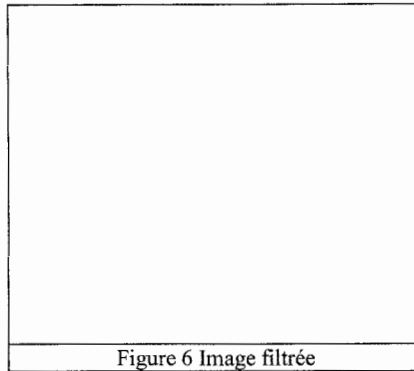


NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

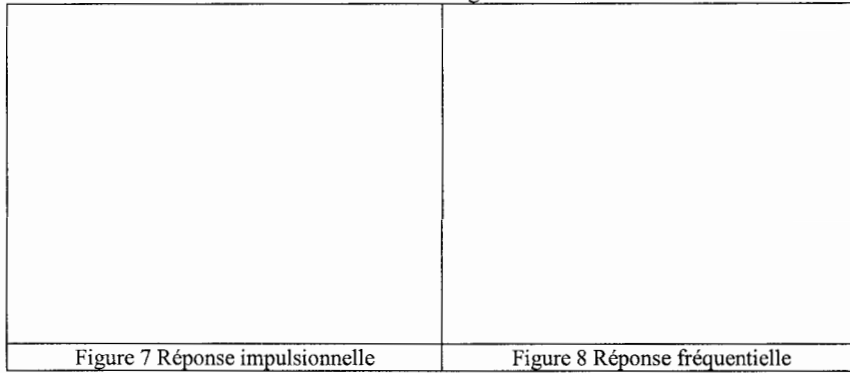
- 5 -

QV.1.6



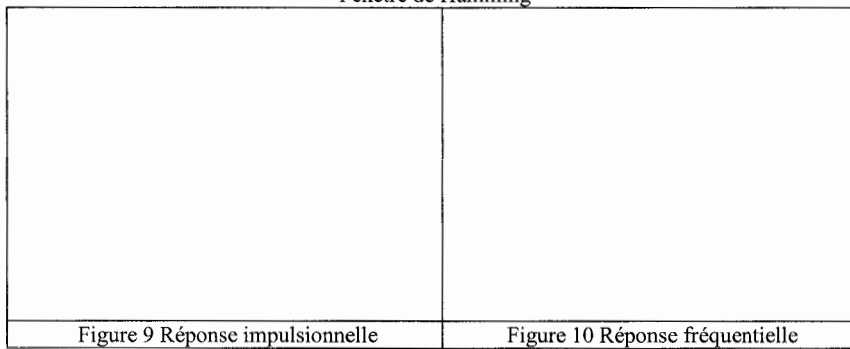
QV.1.7 & QV.1.8

Fenêtre rectangulaire



QV.1.9 & QV.1.10

Fenêtre de Hamming



Tournez la page S.V.P.

