

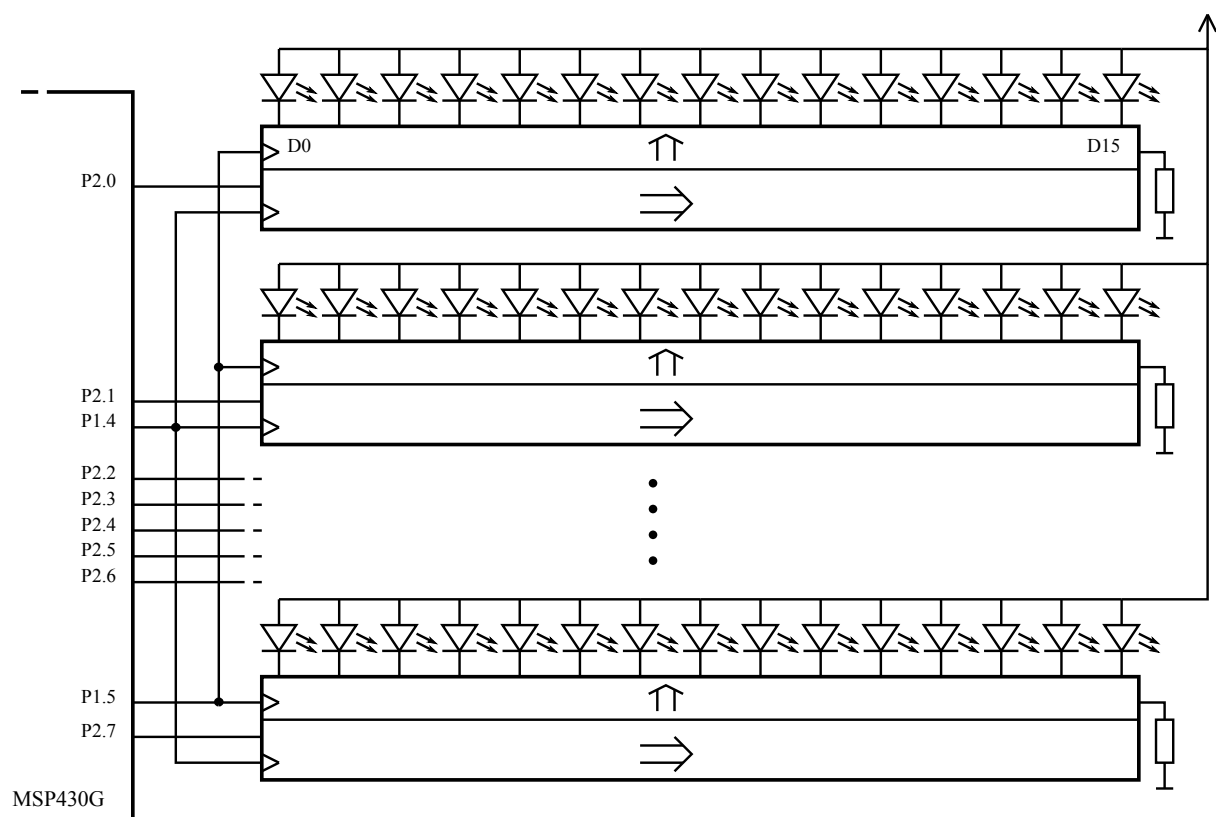
AFFICHEURS MATRICIELS MULTIPLEXÉS

Pierre-Yves Rochat, EPFL

rév 2016/07/09

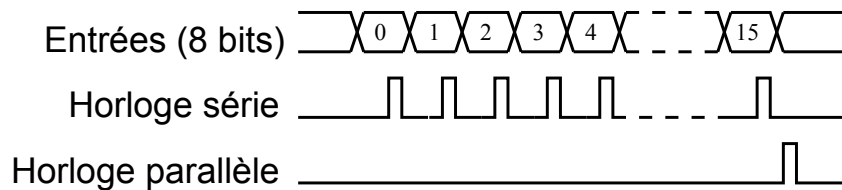
AFFICHEUR MATRICIEL ET SCHÉMA DE COMMANDE

Le schéma classique d'un afficheur matriciel nécessite simplement une sortie de registre par LED, comme le rappelle ce schéma :



Afficheur 8×16 pixels commandé par des registres

L'envoi des données dans les registres série-parallèle se fait selon le diagramme des temps suivant :



Envoi des données à l'afficheur

AUGMENTATION DU NOMBRE DE LED

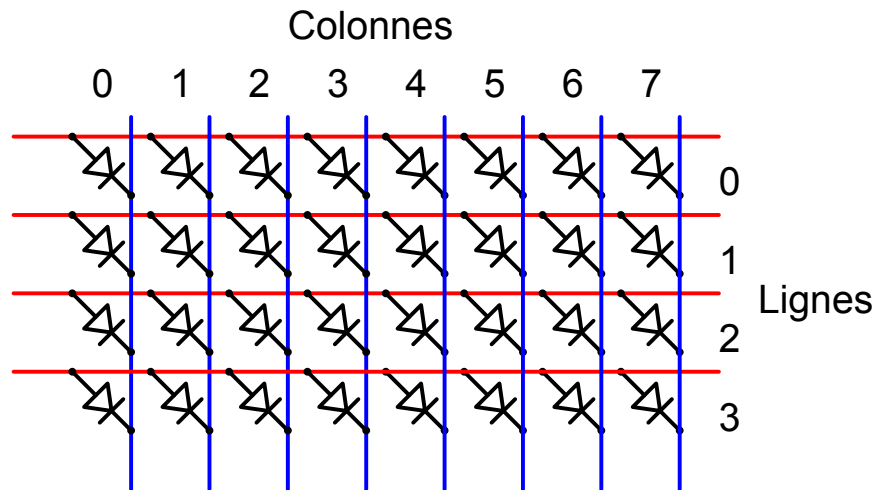
Lorsque le nombre de LED augmente, le nombre de registres augmente aussi. Ainsi un afficheur de 32×32 pixels nécessite 1024 sorties de registre. En utilisant le registre classique 74HC595 qui compte 8 sorties, il faut $1024 / 8 = 128$ circuits intégrés et 1 résistance par LED, c'est-à-dire 1024 résistances. Ces nombres sont multipliés par 3 pour un afficheur couleur RGB, où un pixel est formé de trois LED.

Avec l'usage de registres à 16 sorties du type SUM2016, dont les sorties sont à courant constant, une matrice de 32×32 pixels RGB nécessitera tout de même 192 circuits intégrés et 192 résistances.

Il existe une solution qui nécessite moins de registres : c'est l'usage du multiplexage temporel. Notons dès maintenant que cette solution aura des conséquences sur la luminosité de l'afficheur.

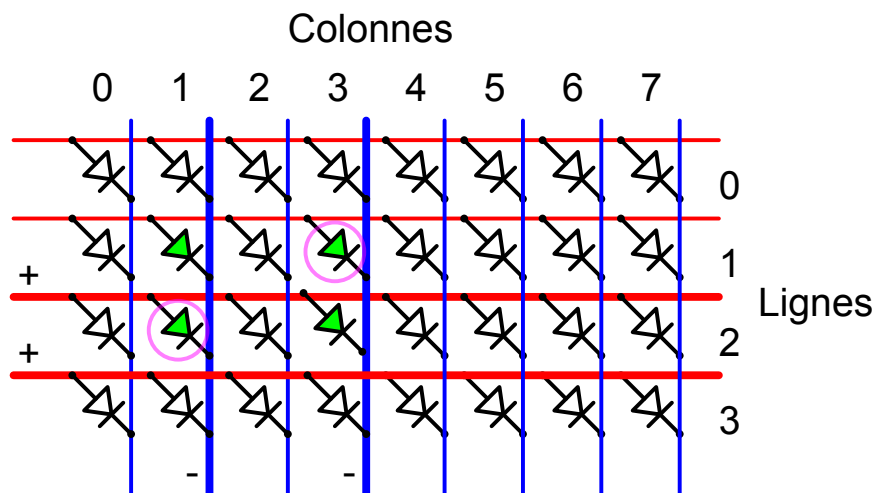
REGROUPEMENT DES ANODES ET DES CATHODES PAR DIRECTION

Pour simplifier le câblage, examinons la solution qui consiste à regrouper les anodes de LED alignées dans une direction et les cathodes des LED alignées dans l'autre direction. Pour illustrer simplement notre propos, choisissons de réaliser un petit afficheur matriciel de 4 lignes de 8 pixels. Voici comment les LED vont être connectées :

*Matrice de 4×8 LED*

MULTIPLEXAGE TEMPOREL

Il est impossible d'allumer en même temps certaines LED sans en allumer d'autres non souhaitées. Dans l'exemple suivant, on souhaite allumer les LED de coordonnées [1,1] et [3,2]. En alimentant les lignes et colonnes correspondantes, on voit qu'on allume aussi les LED [3,1] et [1,2] :

*Allumages non souhaités*

Mais il est possible de commander cette matrice de LED selon le principe du multiplexage temporel, présenté dans une leçon précédente. Le multiplexage temporel consiste à afficher successivement certaines parties de l'afficheur, à une vitesse telle que l'œil ne s'en rende pas compte. Voici le diagramme des temps correspondant :

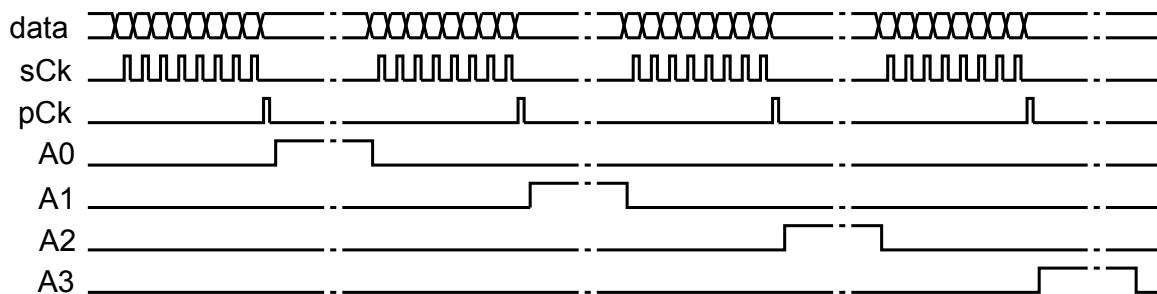
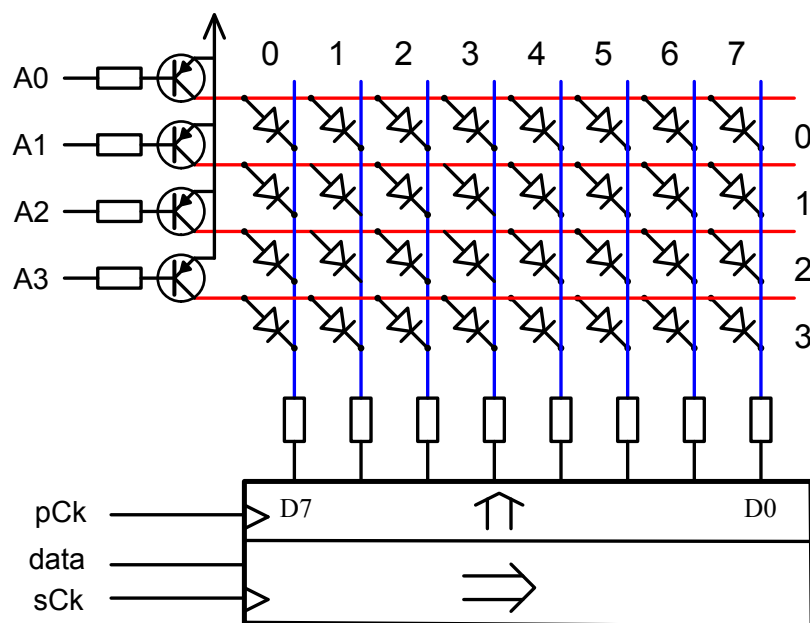


Diagramme des temps d'un afficheur 4×8 multiplexé

ainsi que le schéma correspondant :



Afficheur 4×8 multiplexé

Pour un cycle complet de la matrice, le registre série-parallèle doit être chargé pour chacune des lignes, nécessitant chaque fois huit coups d'horloge série et un coup d'horloge

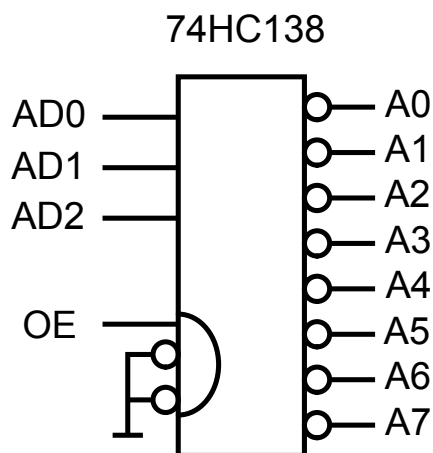
parallèle. Une fois les données d'une ligne présentes sur la sortie du registre, les anodes de la ligne correspondante doivent être sélectionnées. Pour un rafraîchissement de la matrice à 100 Hz, il faudra prévoir un temps d'affichage de $100 / 4 = 25$ ms pour chacune des quatre lignes.

On voit sur le schéma que le nombre de registres a diminué : dans ce cas, il n'en reste qu'un. Par contre, il est nécessaire de pouvoir sélectionner les lignes séparément. D'autre part, il faut placer un élément d'amplification, pour pouvoir fournir un courant suffisant pour l'ensemble des LED de la ligne. Nous avons utilisé ici un transistor PNP, mais très souvent, c'est un transistor MOS à canal P qui est utilisé.

Notons que dans ce montage, tous les signaux sont actifs à zéro. En effet, c'est bien une tension de 0 V qui permet de faire conduire le transistor PNP, en appliquant une tension négative entre sa base et son émetteur. C'est aussi une tension négative à la sortie du registre qui va allumer la LED correspondante sur la ligne sélectionnée.

DÉMULTIPLEXEUR OU DÉCODEUR

Pour éviter le grand nombre de signaux de sélection des lignes, un *démultiplexeur* est souvent utilisé. Ce circuit combinatoire est aussi appelé *décodeur*. Ses entrées correspondent aux valeurs binaires. Une seule de ses sorties peut être activée à un instant donné. Le circuit intégré 74HC138 est très souvent utilisé :



Décodeur à 8 sorties 74HC138

Le fait que les sorties soient actives à zéro convient bien pour la commande des transistors PNP. L'entrée **OE** (*Output Enable*) permet d'activer l'affichage.

COURANT NOMINAL ET COURANT MAXIMAL

Le multiplexage offre une diminution du nombre de composants nécessaires à l'électronique de commande, mais il diminue l'intensité lumineuse de l'afficheur. Cet effet peut être partiellement compensé en augmentant le courant dans les LED. En effet, on peut jouer sur le fait que le courant nominal des LED peut être dépassé lorsque ce courant n'est pas permanent, ce qui est toujours le cas sur un afficheur multiplexé. Le courant pouvant aller jusqu'à une valeur proche du **courant maximal** accepté par la LED, l'intensité instantanée est sensiblement augmentée. On utilise très souvent 150 % du courant nominal.

COMPARAISONS DES ARCHITECTURES

Un multiplexage par deux ne diminue que très peu l'intensité lumineuse. Il était très souvent utilisé dans les modules constituant les panneaux des écrans vidéos géants. Il divise par deux le nombre de registres, mais nécessite l'usage d'amplificateurs sur les anodes. Avec la baisse du prix des registres, cette solution est de moins en moins utilisée.

Par contre, les valeurs 4, 8 et 16 se rencontrent fréquemment, vu que le prix de revient d'un module diminue lorsque la valeur du multiplexage augmente. Mais il faut bien rester conscient de l'incidence du multiplexage sur la luminosité de l'afficheur, en particulier lorsque celui-ci doit être utilisé à l'extérieur (*outdoor*).

Il faut aussi noter un autre point faible des afficheurs multiplexés. En cas de panne d'une LED, l'affichage peut être affecté sur des LED voisines.

Avec un peu d'habitude, on peut reconnaître la valeur du multiplexage en observant le circuit imprimé d'une matrice à LED. La géométrie de la matrice permet de calculer le nombre de LED présentes, en tenant compte des LED de chaque couleur pour chaque pixel. Le comptage des registres se fera en repérant et en comptant les circuits intégrés. En divisant le nombre de LED par le nombre de sorties de registres, on aura la valeur du multiplexage. Une confirmation pourra être obtenue en observant les amplificateurs qui commandent les anodes, se présentant souvent sous forme de circuits intégrés à 8 broches, contenant chacun deux transistors P-MOS. La présence des décodeurs 74HC138 sera une confirmation supplémentaire du multiplexage. On trouvera en plus très souvent des circuits 74HC245, qui n'ont pas de rôle logique, mais qui servent à amplifier les signaux en-

tre le connecteur d'entrée et le connecteur de sortie. Les signaux sont en effet transmis d'une matrice vers la suivante par ce moyen.

PROGRAMMATION

La programmation des afficheurs matriciels multiplexés est similaire à celle des afficheurs matriciels non multiplexés. On utilise le principe de génération-rafraîchissement.

Avec un afficheur non multiplexé, il suffit d'attendre pour laisser un motif affiché un certain temps. Par contre, pour un afficheur multiplexé, il est nécessaire d'exécuter des cycles d'affichage en permanence, même si le contenu ne change pas.

Nous pouvons donc centrer notre programme sur une procédure qui effectue un cycle complet d'affichage des lignes de l'afficheur. La durée d'un cycle est constante, par exemple 10 ms pour un rafraîchissement à 100 Hz. Le temps d'exécution de cette procédure peut donc devenir la base de temps pour le séquençement des animations.

Pour faciliter l'écriture du programme, on passe le nombre de cycles à exécuter à la procédure d'affichage :

```

1  uint8_t matrice[4];
2
3  void CyclesMatrice(uint16_t nbCycles) {
4      uint16_t n, x, y;
5      for (n=0; n<nbCycles; n++) {
6          for (y=0; y<4; y++) {           // envoi et affichage des 4 lignes
7              for (x=0; x<8; x++) {       // envoi des 8 bits d'une ligne
8                  if (matrice[y] & (1<<x) {
9                      DataClear;          // un 0 allume les LED
10                 } else {
11                     DataSet;
12                 }
13                 SerClockSet; SerClockClear; // envoie un coup d'horloge série
14             }
15             ParClockSet; ParClockClear;   // envoie un coup d'horloge parallèle
16             AttenteLigne();               // affichage de la ligne durant 25 ms
17         }
18     }
19 }
```

Pour le reste, la programmation d'un afficheur multiplexé est la même que celle d'un afficheur non multiplexé. Par exemple, la procédure qui affiche un point qui rebondit sur les bords devient la suivante :

```

1 void Ping() {
2     int16_t x=0;
3     int16_t y=0;
4     int8_t sensX=1;
5     int8_t sensY=1;
6     do {
7         AllumePoint(x,y);
8         CyclesMatrice(DELAI); // l'affichage fait office de délai
9         EteintPoint(x,y);
10        x+=sensX;
11        if(x==(MaxX-1)) sensX=(-1);
12        if(x==0) sensX=1;
13        y+=sensY;
14        if(y==(MaxY-1)) sensY=(-1);
15        if(y==0) sensY=1;
16    } while (!(x==0)&&(y==0));
17 }

```

Les deux lignes qu'on trouvait dans le programme pour un afficheur non multiplexé :

```

1 AfficheMatrice();
2 Attente(DELAI);

```

sont ici remplacées par :

```

1 CyclesMatrice(DELAI);

```

où la valeur *DELAI* est exprimée en nombre de fois le temps du cycle complet, par exemple 10 ms.