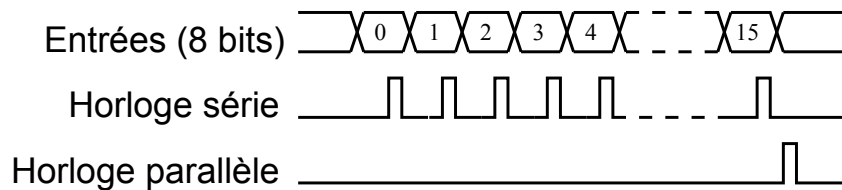




L'envoi des données dans les registres série-parallèle se fait selon le diagramme des temps suivant :



*Envoi des données à l'afficheur*

## AUGMENTATION DU NOMBRE DE LED

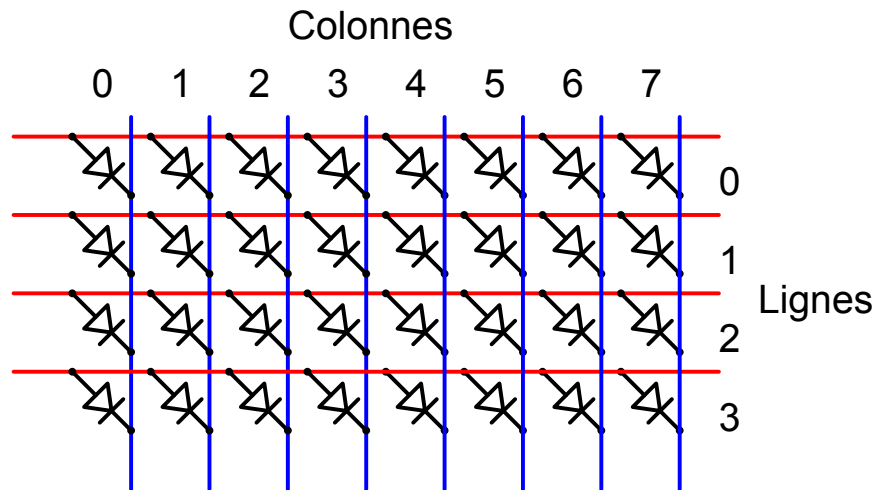
Lorsque le nombre de LED augmente, le nombre de registres augmente aussi. Ainsi un afficheur de 32 fois 32 pixels nécessite 1024 sorties de registre. En utilisant le registre classique 74HC595, il faut 128 circuits intégrés et 1024 résistances. Ces nombres sont multipliés par 3 pour un afficheurs couleur 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 x 32 pixels RGB nécessitera tout de même 192 circuits intégrés et 192 résistances.

Il existe une solution qui limite beaucoup le nombre des 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

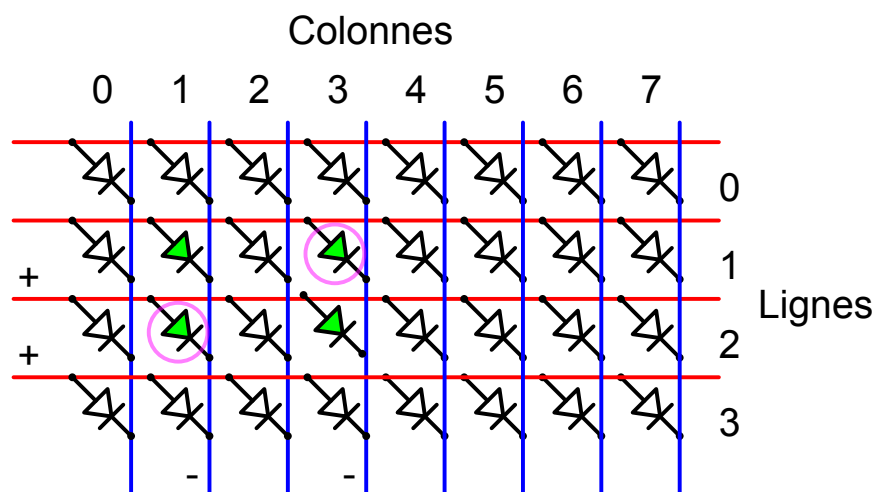
Pour simplifier le câblage, examinons la solution qui consiste à regrouper les anodes de LED alignées dans une direction et les cathodes des LED alignées dans l'autre direction. Pour illustrer simplement notre propos, choisissons de réaliser un petit afficheur matriciel de 4 lignes de 8 pixels. Voici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



Matrice de 4x8 LED

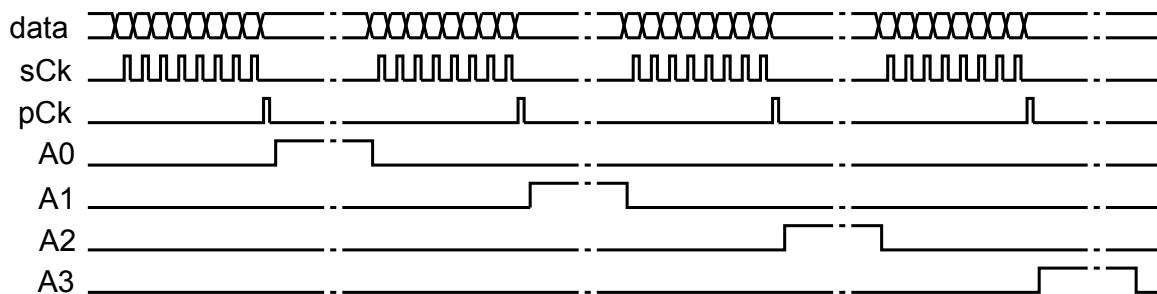
## MULTIPLEXAGE TEMPOREL

Il est impossible d'allumer en même temps certaines LED sans en allumer d'autres LED 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] :



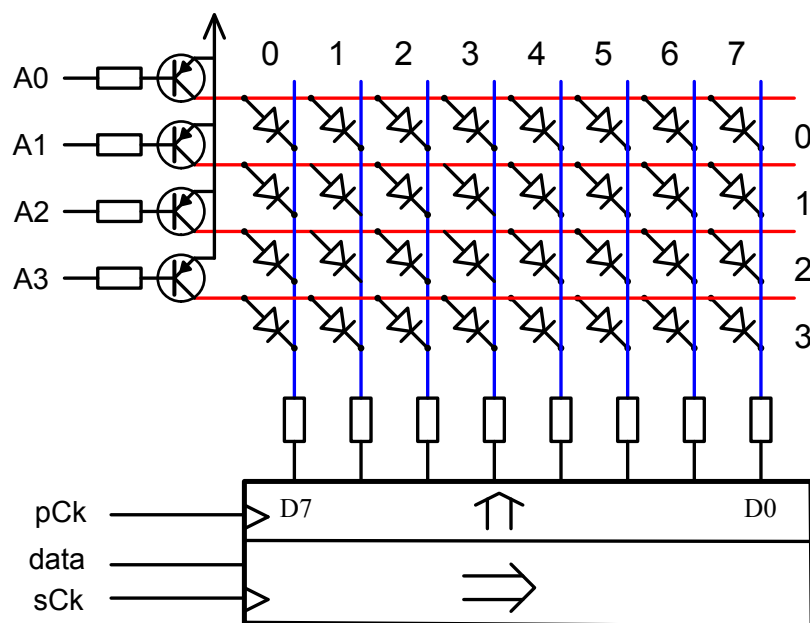
Allumages non souhaités

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 4x8 multiplexé*

ainsi que le schéma correspondant :



*Afficheur 4x8 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

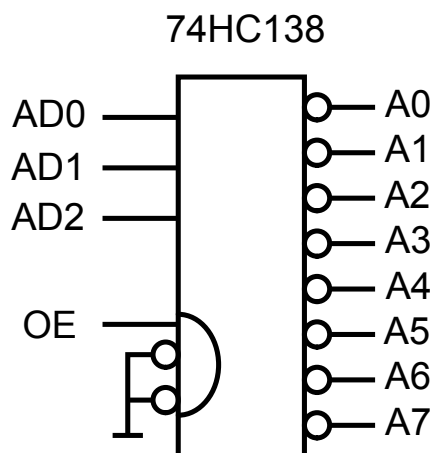
parallèle. Une fois les données d'une ligne présentes sur la sortie du registre, les anodes de la ligne correspondante doit être sélectionnée. Pour un rafraîchissement de la matrice à 100 Hz, il faudra prévoir un temps d'affichage de 25 ms pour chacune des quatre lignes.

Ou 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 de placer un élément d'amplification, pour pouvoir fournir un courant suffisant pour l'ensemble les LED de la ligne. Nous avons utilisé ici un transistor PNP. Un transistor MOS à canal P est très souvent 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.

## MULTIPLEXEUR

Pour éviter le grand nombre de signaux de sélection des lignes, un multiplexeur est souvent utilisé. Ce circuit combinatoire est aussi appelé un 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 résultante de l'afficheur. Cet effet est en partie limité par l'augmentation possible du 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 perd que très peu d'intensité. Il était très souvent utilisé dans les modules constituant les panneaux utilisés pour les écran 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 revient d'un module diminue lorsque le chiffre 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 point faible des afficheurs multiplexés. Dans cas d'une 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 le chiffre du multiplexage. Une confirmation pourra être obtenue en observant des 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 entre le connecteur d'entrée et le connecteur de sortie. Les signaux sont effet transmis d'une matrice vers la suivante pas ce moyen.

## PROGRAMMATION

Le 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 affiché un motif un certain temps. Par contre, pour un afficheur multiplexé, il est nécessaire d'exécuter des cycles d'affichage en permanence, même si le contenu le 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 environ 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) DataClear; else DataSet;
9                  SerClockSet; SerClockClear; // envoie un coup d'horloge série
10             }
11         }
12         ParClockSet; ParClockClear; // envoie un coup d'horloge parallèle
13         AttenteLigne(); // affichage de la ligne durant 25 ms
14     }
15 }
16 }
```

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  }
```

```

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

```

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

```

1  AfficheMatrice();
2  Attente(DELAI);

```

sont ici remplacées par :

```

1  CycleMatrice(DELAI);

```

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