Les Bus et Entrées/Sorties

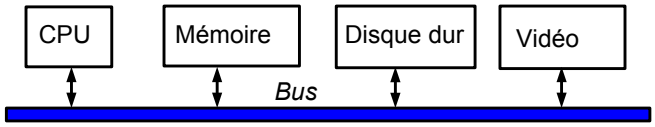
Eric Cariou

Université de Pau et des Pays de l'Adour
Département Informatique

Eric.Cariou@univ-pau.fr

Bus

- Les systèmes/éléments dans un ordinateur sont reliés par
  - Un ensemble de câbles/lignes faisant transiter les informations (signaux électriques : bits)
  - Ces câbles sont partagés par tous les éléments
- Bus
  - Relie plusieurs systèmes via le même câblage électrique



Lignes d'un bus

- Câbles : 3 ensembles pour un même bus
  - Lignes d'adresse
    - Pour identifier l'élément connecté sur le bus auquel on veut accéder
  - Lignes de données
    - Pour les données échangées entre les éléments via le bus
  - Lignes de contrôle
    - Pour gestion, contrôle du bus
      - Commande à réaliser : lecture, écriture …
      - Signal d'horloge de l'émetteur...
      - Assurer la validité des données et adresses sur les autres lignes...

Maîtres/esclaves

- On peut classer les éléments connectés à un bus en 2 catégories
  - Les esclaves
    - Ils sont passifs et répondent à des requêtes
      - Exemple : mémoire
  - Les maîtres
    - Ils sont actifs et initient des requêtes
    - Ils prennent le contrôle du bus
      - Exemple : processeur
    - Il ne peut pas y avoir 2 maîtres actifs simultanément
      - Besoin d'arbitrage

Transaction

- Transaction pour communication entre maître et esclave
  - Obtention du contrôle du bus par le maître
  - Envoi d'une adresse
    - Qui identifie l'esclave
      - Exemple : la mémoire centrale
    - Et identifie des éléments chez l'esclave
      - Exemple : une adresse en mémoire
  - Envoi d'une requête (lecture, écriture ...)
  - Envoi de données vers l'esclave
    - Ou/et envoi de données par l'esclave
  - Libération du bus

Transfert

- Transfert des données
  - Précision des adresses et des données
    - Lecture/écriture multiplexée
      - On envoie d'abord l'adresse
      - Puis on envoie/reçoit ensuite les données
    - Lecture/écriture non-multiplexée
      - Adresses et données sont envoyées en même temps
  - Envoi/réception des données
    - Donnée par donnée
    - Par blocs de données
      - On précise une adresse
      - On envoie/reçoit un bloc de données qui sera écrit/lu à partir de cette adresse et aux adresses contiguës

Contrôle d'accès au bus

- Arbitrage
  - Pour gérer l'accès au bus si plusieurs maîtres connectés
  - Définit la politique d'accès des maîtres
    - Un seul maître contrôle le bus à la fois
- Propriétés à respecter
  - Priorité
    - Certains maîtres sont plus prioritaires que d'autres
  - Équité
    - Tous les maîtres auront leur requêtes d'accès satisfaites au bout d'un temps fini

Contrôle d'accès au bus

- Arbitrage statique
  - Chaque maître obtient le droit de contrôle du bus à tour de rôle
  - Avantages
    - Très simple à mettre en oeuvre
  - Inconvénients
    - Passe la main aux maîtres ne désirant pas accèder au bus
    - Pas de gestion des priorités

Contrôle d'accès au bus

- Arbitrage dynamique
  - Quand un maître veut accéder au bus, il en fait la requête
  - La gestion des accès est alors faîte dynamiquement
    - Les maîtres font leur demande d'accès en envoyant un signal de contrôle particulier
  - Plusieurs variantes pour gérer des demandes simultanées d'accès
    - Centralisé
    - Par chaînage
    - Décentralisé

Contrôle d'accès au Bus

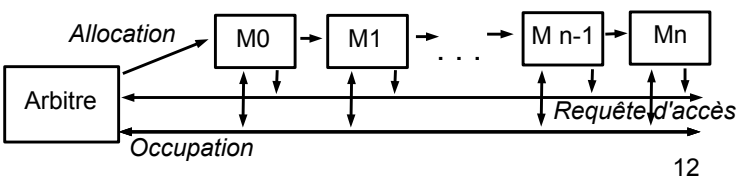
- Arbitrage centralisé
  - Un élément particulier centralise toutes les requêtes d'accès au bus des maîtres
    - Lignes spécialisées sur le bus pour ces requêtes
  - Il connaît les priorités de chacun
  - A partir de là, c'est lui qui donne l'accès au bus au maître le plus prioritaire
    - Lignes spécialisées sur le bus pour cette attribution

Contrôle d'accès au Bus

- Arbitrage par chaînage
  - Les maîtres forment une chaîne avec les plus prioritaires au début de la chaîne
  - Il y a une ligne de requête et une ligne d'occupation du bus
  - Un élément voulant accéder au bus envoie un signal sur la ligne de requête
  - L'arbitre envoie alors un jeton d'allocation le long de la chaîne
  - Le premier maître qui veut accéder au bus récupère l'allocation et utilise le bus
  - Il envoie un signal sur la ligne d'occupation pour préciser que le bus est utilisé

Contrôle d'accès au Bus

- Arbitrage par chaînage (suite)
  - Quand le maître actif à fini son opération, il désactive la ligne d'occupation
  - Si la ligne de requête est encore active, le maître renvoie un autre jeton d'allocation
  - Pour éviter la famine (un maître n'a jamais accès au bus)
    - On interdit à un maître venant d'accéder au bus de faire une nouvelle requête d'accès tant que la ligne de requête n'est pas inactive



Contrôle d'accès au Bus

- Arbitrage décentralisé
  - Plusieurs lignes/bit de priorité sont utilisées
    - 4 lignes : 16 niveaux de priorité
  - Si un élément veut contrôler le bus
    - Compare son niveau de requête à celui des requêtes en cours
    - Pourra déterminer s'il pourra contrôler le bus

Accès synchrone/asynchrone

- Émission d'informations sur les différentes lignes en 2 modes
  - Synchrone : signal d'horloge
    - Horloge partagée entre l'émetteur et le récepteur
      - Signal d'horloge généralement émis sur une ligne
      - On sait le type d'information qui passe à tel cycle d'horloge dans une transaction (donnée, adresse, contrôle)
  - Asynchrone : pas de signal d'horloge
    - Nécessité d'envoyer des informations de contrôle supplémentaires
      - Prévenir du début d'une émission
      - De la bonne réception de la part du récepteur (acquittement)
    - But : créer une synchronisation entre maître et esclave

Accès synchrone/asynchrone

- Synchrone
  - A réserver pour des petites distances : < 50 cm
    - Car problème de dispersion de signal d'horloge et de synchronisation sur longue distance
    - Utilisé généralement
      - Pour bus internes au CPU
      - Bus rapides (mais court)
- Asynchrone
  - Permet des bus plus longs
    - Plus lents que le synchrone
  - Permet de connecter des éléments fonctionnant à des vitesses différentes

Codage des données

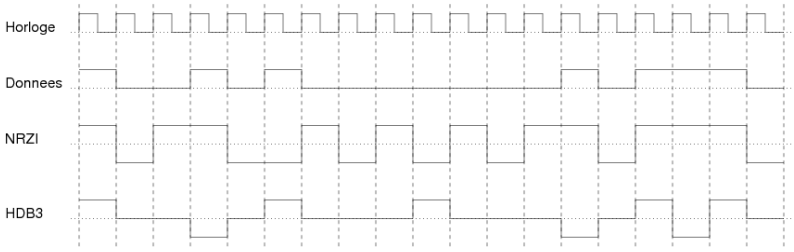
- Dans un composant électronique, le codage physique des données binaires se fait simplement
  - 0 est codé par l'absence de courant pendant un cycle d'horloge
  - 1 est codé par un voltage positif (+V) pendant un cycle d'horloge
- Ce codage n'est pas adapté pour toutes les transmissions
  - Sur une plus longue distance, pour des raisons électriques, la valeur moyenne du signal doit être nulle
    - On doit envoyer des -V en nombre équivalent aux +V
  - En asynchrone, le récepteur doit retrouver dans le signal de données la fréquence d'horloge d'émission et se synchroniser dessus pour lire correctement les données
    - Doit voir où commence un bit et trouver combien de temps dure un cycle d'horloge
    - N'est possible que si le signal varie régulièrement
  - Plusieurs codages existent pour gérer ces problèmes

Codage des données

- USB utilise un codage NRZI (Non Return to Zero Inverted)
  - Un bit envoyé est codé par +V ou -V, pas de courant nul
  - Un 0 inverse le voltage utilisé pour le bit précédent
    - Si +V, on envoie -V, si -V, on envoie +V
  - Un 1 est codé avec le même voltage que le bit précédent
  - Inconvénient : si une longue suite de 1, le signal ne varie pas et cela pose problème pour rester synchronisé en réception
    - Pour gérer cela, un 0 (une inversion) non compris dans les données est envoyé au bout de six 1 consécutifs
    - Envoi supplémentaire de données non utiles
- HDB3 est utilisé dans les réseaux télécoms en Europe
  - Un 0 est codé par l'absence de courant et un 1 par un voltage inversé du 1 précédent
  - S'il y a quatre 0 de suite, le quatrième est envoyé avec le voltage du 1 précédent pour faire varier le signal et ne pas le confondre avec un 0

Codage des données

- Exemple de codage de données pour NRZI et HDB3



- Il existe de nombreux autres codages : AMI, Manchester, ...

Performances

- Les performances du bus sont caractérisées par
  - Le largeur du bus
    - Nombre de bits/lignes du bus
  - La fréquence de fonctionnement du bus
    - Nombre d'émission/reception de bits par ligne par seconde
  - Type de transferts
    - Par bloc plus efficace pour grosses données
  - Synchronicité du bus
  - Nombre d'éléments que l'on peut connecter sur le bus
    - Partage de la bande passante ou attente de disponibilité du bus

Exemple : bus PCI

- PCI (Peripheral Component Interconnect)
  - Pour connexion de carte réseau, son, contrôleurs de disques ...
  - Fréquence : 33 Mhz ou 66 Mhz
  - Largeur : 32 ou 64 bits
    - Débit max théorique
      - 127 Mo/s en 33 Mhz et 32 bits
      - 509 Mo/s en 66 Mhz et 64 bits
  - Multiplexage adresses et données
    - Pas de lignes séparées pour données et adresses
  - Envoi synchrone par blocs de données
  - Arbitrage centralisé

Exemple : bus USB

- USB (Universal Serial Bus)
  - Connexion de périphériques extérieurs
    - Imprimantes, scanners, APN, disque dur ...
    - Connexion et déconnexion à chaud
  - Série
    - Une seule ligne pour émission des informations
  - Débit max, selon les versions
    - 1,5 Mo/s en version 1.1, 60 Mo/s en 2.0, 600 Mo/s en 3.0 et 1,2 Go/s en 3.1
  - 127 périphériques simultanés au plus
    - Bande passante partagée entre tous
  - Longueur max des câbles : 5 mètres

Entrées/Sorties

- Dispositif d'entrées/sorties
  - Clavier, souris, disque dur, ...
  - Un contrôleur d'entrées/sorties gère tout cela
- Gestion des entrées/sorties, 2 modes
  - Interrogatif (polling)
    - Le CPU interroge le contrôleur à intervalles réguliers pour connaître l'état d'une E/S
  - Interruptif
    - Le CPU est informé par le contrôleur qu'une tâche est à réaliser via l'envoi d'une requête d'interruption
    - Le CPU s'arrête et active le contrôleur qui réalise la tâche d'E/S

Entrées/Sorties

- Choix entre les 2 modes
  - Dépend de la nature du périphérique d'entrée/sortie
- Exemples
  - Souris
    - En polling, 60 fois par seconde (60 Hz)
    - Car même si la récupération de l'état de la souris prend plusieurs dizaines ou centaines de cycles d'horloge
      - 60 x nbCycles est négligeable devant quelques millions (les CPU ont des fréquences de plusieurs Ghz)
  - Disque dur
    - Avec interruption
      - Car débit très important, prend trop de temps de regarder si une opération de lecture est en cours ou pas