

CIRCUITS COMBINATOIRES

Introduction

- Un décodeur est un circuit possédant n entrées de contrôle c_i et 2^n sorties de données d_j . Toutes les sorties d'un décodeur sont à zéro, à l'exception de la sortie d_j dont le numéro j est codé par les n valeurs de contrôle : $j = \sum_{i=0}^{n-1} c_i 2^i$.
- Un codeur effectue l'opération inverse : il suppose que seule une entrée vaut 1, et produit en sortie le numéro de cette entrée, codé en binaire.
- Un multiplexeur est un circuit possédant n entrées de contrôle c_i , 2^n entrées de données m_j et une sortie s . La valeur de la sortie s recopie la valeur de l'entrée m_j dont le numéro j est codé par les n valeurs de contrôle : $j = \sum_{i=0}^{n-1} c_i 2^i$.
- Un démultiplexeur effectue l'opération inverse : il a des entrées de contrôle, n'a qu'une entrée e et des sorties de données m_0, \dots, m_{2^n-1} . La sortie m_j vaut la valeur de e , les autres sorties valent 0.
- On construit facilement un multiplexeur à partir d'un décodeur. Pour cela, on relie les entrées de contrôle c_i du multiplexeur à réaliser au décodeur, et on relie chaque entrée m_j et chaque sortie d_j issue du décodeur aux deux entrées d'une porte AND. On relie ensuite toutes les sorties de ces 2^n portes AND à une porte OR, dont la sortie est la sortie s du multiplexeur. Les commandes c_i du décodeur servent à sélectionner la porte AND qui sera passante, et donc à répercuter l'entrée m_j vers la porte OR et la sortie s .
- On peut utiliser un multiplexeur à n entrées de contrôle pour câbler toute fonction logique à n variables binaires. Pour cela, on relie les 2^n entrées de données du multiplexeur, soit à la masse pour obtenir un 0, soit au générateur V_{cc} pour obtenir un 1, pour la combinaison d'entrées considérée.

Exercice 1 : Amplificateur audio

Un centralisateur HiFi numérique possède plusieurs entrées (Radio, CD, Télé, ...) que l'on sélectionne à l'aide d'un bouton, et plusieurs sorties (Graveur, Haut-parleur, casque, ...), que l'on sélectionne à l'aide d'un autre bouton. Chaque bouton fournit une valeur codée sur 3 bits pour préciser l'une l'entrée, l'autre la sortie choisie.

Question 1

Établissez le circuit du centralisateur, prenant en entrées les différentes entrées audio numériques et les valeurs des deux boutons, et en sorties les différentes sorties audio numériques.

Question 2

Comment établir plusieurs *canaux* ? C'est-à-dire qu'on a plusieurs utilisateurs qui utilisent l'amplificateur en même temps, chacun ayant ses deux boutons de sélection entrée et sortie pour choisir quoi écouter où.

Question 3

Faites l'analogie avec des lignes téléphoniques, par exemple entre la France et les États-Unis, pour lesquelles il n'y a qu'un nombre limité de canaux disponibles.

Exercice 2 : Sonnette d'immeuble

Une sonnette d'immeuble est composé d'un panneau avec 2^n boutons et 2^n sonnettes réparties dans différents étages.

Pourquoi n'est-il pas intéressant de brancher directement chaque bouton sur chaque sonnette ?
Comment faire pour utiliser seulement n fils diffusés aux différents étages ?

Exercice 3 : Câblage d'une mémoire ROM avec des multiplexeurs

On dispose de puces mémoire ROM de 8 Mbits : elles prennent en entrée une adresse sur 20 bits, et produisent en sortie une valeur sur 8 bits. On ne s'intéresse pas à la composition interne, qui dépend fortement de la technologie courante.

Question 1

On veut fabriquer un module mémoire 64 Mbit produisant des mots de 64 bits. Combien de bits d'adresse devons-nous utiliser ? Réalisez le circuit.

Question 2

À partir du module mémoire précédent, on veut fabriquer une barrette mémoire 1Gbit produisant des mots de 64 bits. Combien de bits d'adresses devons-nous utiliser ? Réalisez le circuit.

Question 3

(pour aller plus loin)

C'est un peu dommage de faire travailler tous les modules mémoires (ce qui consomme de l'énergie) et ne garder qu'un des mots lus. On ajoute à nos modules mémoire 64 Mbit une entrée E (enable) : quand elle est à 0, le module ne fait pas de lecture mémoire, et toutes ses sorties restent à zéro ; quand elle est à 1, module fait la lecture mémoire et produit le mot lu en sortie.

Refaites la barrette mémoire 1Gbit différemment pour profiter de cette entrée E.

Exercice 4 : Câblage d'un afficheur 7 segments

Tracez et expliquez le schéma d'un circuit permettant de représenter les chiffres de 0 à 9 sur un afficheur à diodes « à 7 segments ».

En particulier :

- dites combien de fils de données sont nécessaires pour piloter cet afficheur ;
- donnez la table de vérité des 7 segments en fonction des valeurs des fils d'entrée (Il n'est pas nécessaire de toutes les faire ; réaliser les deux premières permettra de vérifier si l'idée a été comprise)
- réalisez le schéma correspondant, en utilisant différentes stratégies

Exercice 5 : Décaleur

Question 1

Un circuit décaleur à gauche 1 bit décale simplement les bits d'un cran vers la gauche : pour m entrées e_j et m sorties s_j , on a pour j entre 1 et m $s_j = e_{j-1}$, et $s_0 = 0$. Décrit ainsi, ce circuit est trivial et peu

utile, il suffit de brancher les sorties sur les entrées. Il est plus intéressant de disposer d'un fil d'entrée E que l'on met à 1 si le décalage doit être fait, et 0 si le décalage ne doit pas être fait. Réalisez un circuit prenant en compte cette entrée E .

Question 2

On souhaite maintenant que le décaleur puisse décaler d'un nombre variable de bits, spécifié par n entrées de commande b_i codant le nombre de bits duquel décaler l'entrée vers la gauche. Réalisez ce circuit.