

	SYSTÈMES NUMÉRIQUES
	Projet

Objectifs et organisation

Ce TP vous fait concevoir, de l'énoncé au circuit simulé, un système combinatoire de tri de briques à 4 entrées et 3 sorties.

À l'issue du TP, vous saurez :

- traduire un cahier des charges en table de vérité ;
- écrire des fonctions logiques sous forme canonique puis les simplifier par tableaux de Karnaugh ;
- dessiner un logigramme avec des portes à 2 entrées ;
- câbler et valider ce logigramme dans le simulateur en ligne Wokwi.

Matériel : un ordinateur avec un navigateur récent et un compte gratuit sur wokwi.com, à créer en début de séance.

Prérequis : algèbre de Boole, théorèmes de De Morgan, tableaux de Karnaugh à 4 variables.

Énoncé : l'usine de briques

Dans une usine de briques, chaque brique passe un contrôle qualité selon 4 critères : le poids p , la longueur L , la largeur l et la hauteur h .

Le contrôle classe les briques en trois catégories :

- **Qualité A** : le poids p et au moins deux dimensions sont correctes.
- **Qualité B** : le poids p seul est incorrect, ou bien le poids est correct mais au moins deux dimensions sont incorrectes.
- **Qualité C** : le poids p est incorrect ainsi qu'une ou plusieurs dimensions.

Convention imposée : chaque variable d'entrée vaut 1 si le critère est correct et 0 s'il est incorrect. Chaque sortie A, B, C vaut 1 si la brique appartient à la catégorie correspondante.

Signal	Rôle	Valeur 1	Valeur 0
p	Entrée : poids	correct	incorrect
L	Entrée : longueur	correcte	incorrecte
l	Entrée : largeur	correcte	incorrecte
h	Entrée : hauteur	correcte	incorrecte
A, B, C	Sorties : catégorie	brique dans la catégorie	brique hors catégorie

Parties 1 à 3 : de la table de vérité aux équations simplifiées

Partie 1 : établir la table de vérité

Complétez la table ci-dessous pour les 16 combinaisons d'entrées. Le numéro de ligne N est la valeur décimale du mot binaire p L I h (p = poids fort).

N	p	L	I	h	A	B	C
0	0	0	0	0			
1	0	0	0	1			
2	0	0	1	0			
3	0	0	1	1			
4	0	1	0	0			
5	0	1	0	1			
6	0	1	1	0			
7	0	1	1	1			
8	1	0	0	0			
9	1	0	0	1			
10	1	0	1	0			
11	1	0	1	1			
12	1	1	0	0			
13	1	1	0	1			
14	1	1	1	0			
15	1	1	1	1			

1. Vérifiez que, pour chaque ligne, une et une seule des sorties A, B, C vaut 1. Que pouvez-vous en déduire sur le cahier des charges ?
2. Combien de lignes donnent A = 1, B = 1 et C = 1 ?

Partie 2 : donner les fonctions logiques

1. Écrivez A, B et C sous forme canonique disjonctive (somme de mintermes¹), puis en notation $\Sigma m(\dots)$ ².
2. Exprimez chaque fonction en une phrase « en français » et vérifiez qu'elle correspond au cahier des charges.

Partie 3 : simplifier les fonctions

1. Tracez un tableau de Karnaugh à 4 variables pour chacune des sorties A, B et C (lignes : p L, colonnes : l h, en code de Gray).
2. Effectuez les regroupements et donnez l'expression simplifiée de chaque sortie.
3. Factorisez A et C. Pour C, utilisez le théorème de De Morgan pour faire apparaître une porte NAND.
4. Montrez que B peut s'écrire uniquement en fonction de A et C. Quel est l'intérêt de cette écriture pour le câblage ?

Partie 4 : dessiner le logigramme

Dessinez sur papier le logigramme réalisant A, B et C à partir des équations simplifiées de la partie 3.

Contraintes de conception :

- portes à **2 entrées maximum** (AND, OR, NAND, XOR) et inverseurs NOT, comme dans la bibliothèque Wokwi ;
- une fonction à 3 entrées se réalise en cascade de deux portes à 2 entrées ;
- mutualisez les termes communs : un signal déjà calculé peut alimenter plusieurs portes ;
- placez les entrées p, L, l, h à gauche et les sorties A, B, C à droite, et nommez chaque signal intermédiaire.

Indiquez sous votre schéma le nombre total de portes utilisées. Visez au plus 12 portes.

Partie 5 : câbler et simuler le logigramme dans Wokwi

Vous allez reproduire votre logigramme dans Wokwi, puis vérifier les 16 lignes de votre table de vérité en simulation.

-
- 1 Un **minterme** est un produit logique (ET) qui contient **toutes** les variables d'entrée, chacune une seule fois, soit sous forme directe, soit complémentée. Il vaut 1 pour **une seule** combinaison des entrées, celle qui correspond à une ligne précise de la table de vérité: Pour la construire, on prend une ligne où la sortie vaut 1 : chaque variable à 1 s'écrit telle quelle, chaque variable à 0 s'écrit complémentée.
 - 2 La notation $\Sigma m(\dots)$ est simplement une écriture abrégée de la somme de mintermes. Le Σ signifie « somme », c'est-à-dire le OU logique, le m signifie « mintermes », et les nombres entre parenthèses sont les numéros des lignes de la table de vérité où la sortie vaut 1

5.1 Créer le projet

1. Ouvrez wokwi.com, créez un compte et connectez-vous (sans compte, impossible de sauvegarder).
2. Créez un nouveau projet, par exemple à partir du modèle Arduino Uno, puis supprimez la carte Arduino : sélectionnez-la et appuyez sur Suppr.
3. Renommez le projet « TP Briques – NOM Prénom » et sauvegardez-le (Save).

5.2 Repères sur l'interface

Action	Comment faire
Ajouter un composant	Bouton « + » de l'éditeur ; les portes sont dans la section Logic , tout en bas de la liste
Tracer un fil	Cliquer sur une broche, puis sur la broche d'arrivée ; un clic intermédiaire crée un coude
Dupliquer	Sélectionner le composant, touche D
Faire pivoter	Sélectionner le composant, touche R
Supprimer	Sélectionner le composant ou le fil, touche Suppr
Simuler	Bouton vert Play ; bouton Stop pour revenir à l'édition

5.3 Placer les entrées

1. Ajoutez 4 interrupteurs à glissière (Slide Switch) et alignez-les à gauche, dans l'ordre p, L, I, h.
2. Ajoutez un symbole VCC et un symbole GND (section Logic).
3. Pour chaque interrupteur, reliez une broche latérale à VCC, l'autre à GND : la broche centrale fournit alors un 1 ou un 0 franc.
4. N'oubliez aucune entrée de porte : une entrée laissée en l'air rend la simulation fausse.

5.4 Placer les sorties

1. Ajoutez 3 LED à droite pour A, B et C.
2. Reliez l'anode (A) de chaque LED à la sortie de la fonction correspondante et sa cathode (C) à GND.
3. Dans l'onglet diagram.json, donnez une couleur à chaque LED en modifiant l'attribut "color" : "green" pour A, "orange" pour B, "red" pour C.

5.5 Câbler les portes

1. Ajoutez les portes de votre logigramme une par une depuis la section Logic.
2. Câblez d'abord les termes communs, puis A, puis C, puis B.
3. Gardez un schéma lisible : fils courts, croisements limités, portes alignées par étage.

5.6 Valider en simulation

1. Lancez la simulation avec le bouton Play.
2. Parcourez les 16 combinaisons en basculant les interrupteurs dans l'ordre de la table (N = 0 à 15).
3. Pour chaque ligne, comparez les LED allumées à votre table de vérité. Une seule LED doit être allumée à la fois.
4. En cas d'écart, arrêtez la simulation, corrigez le câblage ou l'équation, et recommencez.
5. Lisez les éventuels avertissements affichés par Wokwi sous le schéma et expliquez-les.

5.7 Rendre le travail

Sauvegardez, cliquez sur Share et copiez le lien du projet dans votre compte rendu.

Compte rendu et questions bonus

Le compte rendu, individuel, regroupe les livrables suivants :

- ☐ la table de vérité complète (partie 1) ;
- ☐ les formes canoniques de A, B et C (partie 2) ;
- ☐ les trois tableaux de Karnaugh avec les regroupements et les équations simplifiées (partie 3) ;
- ☐ le logigramme papier et le nombre de portes (partie 4) ;
- ☐ une capture d'écran du circuit Wokwi en simulation et le lien de partage du projet (partie 5) ;
- ☐ un tableau de validation : pour chaque ligne N, la sortie attendue et la sortie observée.

Questions bonus :

1. Réalisez le même circuit uniquement avec des portes NAND à 2 entrées. Combien de portes faut-il ?
2. Remplacez les 4 interrupteurs par un Arduino Uno qui génère automatiquement les 16 combinaisons sur 4 broches de sortie, relit A, B, C sur 3 broches d'entrée et affiche dans le moniteur série « OK » ou « ERREUR » pour chaque ligne.
3. L'usine ajoute une catégorie D (« rebut ») : poids incorrect et au moins deux dimensions incorrectes. Modifiez la table de vérité et le circuit en conséquence.

[Dépot de votre compte-rendu](#)

Date limite 15 novembre à 23h59