

Chapitre A4 : Les microcontrôleurs

1- Introduction

Les microcontrôleurs sont aujourd'hui implantés dans la plupart des applications grand public ou professionnelles, il en existe plusieurs familles.

La société Américaine Microchip Technologie a mis au point dans les années 90 le microcontrôleur CMOS : le PIC (Peripheral Interface Controller). Ce composant encore très utilisé à l'heure actuelle, est un compromis entre simplicité d'emploi, rapidité et prix qui revient.

2- Classification des PICs de Microchip

Actuellement les modèles Microchip, sont classés en 3 grandes familles, comportant chacune plusieurs références. Ces familles sont :

- Base-line : les instructions sont codées sur 12 bits.
- mid-line : les instructions sont codées sur 14 bits.
- High-End : les instructions sont codées sur 16 bits.

3- Identification des PICs

Un PIC est généralement identifié par une référence de la forme suivante : **xx(L)XXyy-zz**

xx : famille du composant, actuellement « 12, 14, 16, 17 et 18 ».

L : tolérance plus importante de la plage de tension

XX : type de mémoire programme

C : EPROM ou EEPROM

CR : PROM

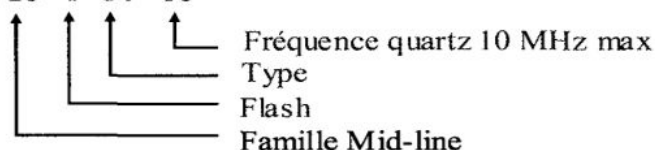
F : Flash

yy : Identificateur.

zz : vitesse maximale du quartz de pilotage.

Exemple :

PIC : 16 F 84 - 10



4- Tableau des comparaisons

	Mem prog en octets	RAM en octets	EEPROM en octets	Fmax en MHz	E / S	Boîtier
12C508	512x12	25	-	4	6	8 broches
16C72A	2048x14	128	-	20	22	28 broches
16F84	1024x14	68	64	20	13	18 broches
16F628	2028x14	224	128	20	16	18 broches
16F876	8192x14	368	256	20	22	28 broches
16F877	8192x14	368	256	20	33	40 broches

Tableau 1 : Caractéristiques de quelques pics.

5- LE BROCHAGE DU PIC 16F84

Ce microcontrôleur se présente sous la forme d'un boîtier DIL à 18 broches comme schématisé figure 5.

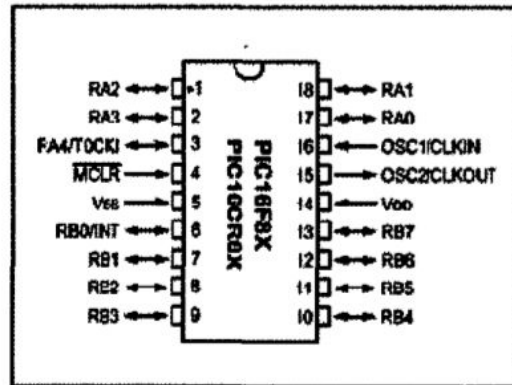
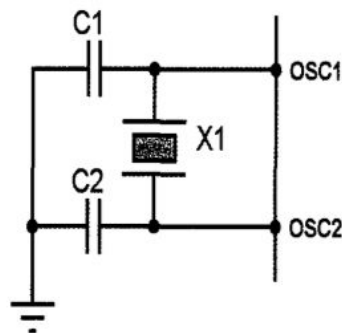


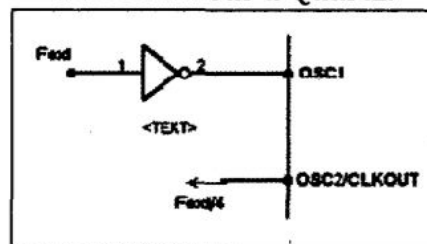
Figure 5 : Brochage du PIC 16F84.

- RA0 à RA4/T0CKI sont les pattes d'entrées/sorties du port A. RA4/T0CKI est commune avec l'entrée d'horloge externe du timer 0.
- RB0/INT à RB7 sont les pattes d'entrées/sorties du port B. RB0/INT est commune avec l'entrée d'interruption externe.
- Individuellement, chaque broche des ports A et B ne peut débiter plus de 20 mA ou absorber plus de 25 mA. Le total des intensités débitées par le port A ne peut dépasser 50 mA et par port B, 100 mA. Le total des intensités absorbées par le port A ne peut dépasser 80 mA et par le port B, 150 mA.

OSC1/CLOCKIN et OSC2/CLOCKOUT sont les pattes d'horloges. Plusieurs types d'horloges peuvent être utilisés: externe, à quartz ou à circuit RC. La figure 6 (a, b et c) montre les schémas de câblage en version RC et quartz. L'oscillateur à quartz présente une meilleure précision que l'oscillateur RC.



a : Oscillateur à Quartz.



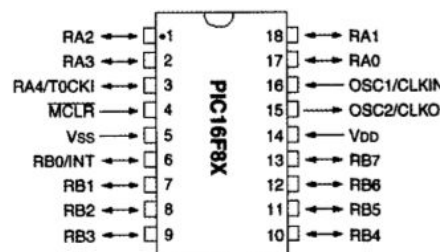
b : Horloge externe.



- La fréquence de l'horloge interne du PIC est obtenue en divisant par 4 la fréquence de l'horloge externe. Pour un quartz à 4 MHz, la fréquence interne est donc de 1 MHz et la durée d'un cycle est de 1 μs .
- MCLR/VPP est la patte de *Reset* et d'entrée de la tension de programmation. Les circuits PIC intégrant en interne le circuit de *Reset* automatique à la mise sous tension, cette broche doit être reliée à la V_{DD} en utilisation normale.
- V_{SS} et V_{DD} sont les pattes d'alimentation. V_{DD} doit être compris entre 2 et 6 V en utilisation normale. Lors de la programmation, V_{DD} doit être comprise entre 4,5 V et 5,5 V et V_{PP} comprise entre 12 V et 14 V.

Ce microcontrôleur, que nous surnommerons « le pic » pour des raisons de commodité, possède 13 broches configurables réparties sur deux ports : le port A et le port B.

Remarque: On ne peut affecter que deux valeurs différentes de configuration à chaque patte : un '1' pour la mettre en entrée, ou un '0' pour une sortie.



Le port A possède 5 broches (nommées RA0 à RA4), mais la quatrième, également appelée TOC, peut servir pour une éventuelle temporisation externe. Le port B, lui, possède 8 broches (RB0 à RB7) ; mais la broche RB0 peut également servir comme interruption éventuelle (un peu comme un garde sur un évènement). La broche 4, le MCLR barre, sert à indiquer au PIC s'il est en fonctionnement normal (un '1' logique) ou alors s'il est en cours de programmation (un '0' logique). Cette broche sert également à un éventuel Reset du PIC.

Ne reste que 4 broches : l'alimentation (la 5 (0 volts) et la 14(+5 volts)) l'oscillateur (pattes 16 et 15)

Voici enfin, les caractéristiques du PIC 16F84 fournit par Microchip :

- ④ Mémoire de programme : 1KO, type Flash
- ④ Mémoire de données RAM : 68 octets
- ④ Mémoire de données E²PROM : 64 octets
- ④ Niveau de la pile : 8
- ④ Jeux d'instruction RISC : 35 de 14 bits

- ▣ Temps d'exécution des instructions normales : 4* Tosc
- ▣ Temps d'exécution des instructions de saut : 8* Tosc
- ▣ Cause d'interruption : 4
- ▣ Fréquence max de travail : 10 MHz
- ▣ Lignes E/S numérique : 13
- ▣ Temporisateur : un pour l'utilisateur, un pour le Watchdog
- ▣ Tension d'alimentation : 2 à 6 V continu
- ▣ Tension de programmation : 12 à 14 V continu
- ▣ Boîtier : DIL 18

TRISA :

Le TRISA est le registre permettant de définir les entrées/sorties du Port A. En remplaçant RAx par leur valeur correspondante (1 pour une entrée, 0 pour une sortie), on obtient alors mot binaire à rentrer dans TRISA. Quand au bit 7, 6 et 5, on peut leur donner la valeur que l'on veut, selon que ça nous arrange ou non.

TRISB :

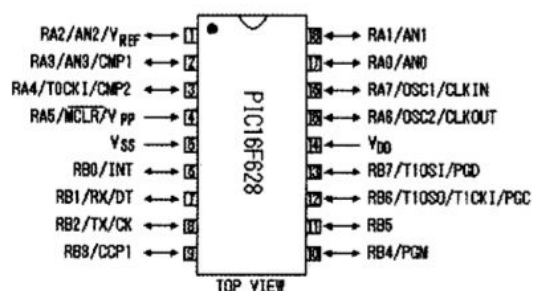
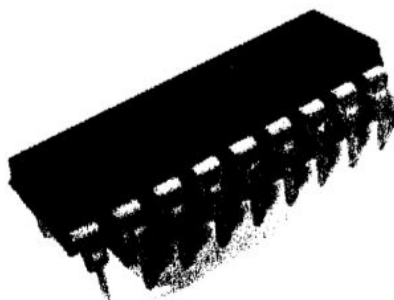
Le TRISB fonctionne de la même manière que le TRISA, mais avec 2 bits supplémentaires

Programmer le Port A et le Port B :

Configuration du port A							
1 : entrée							
0 : sortie							
-	-	-	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

Configuration du port B							
1 : entrée							
0 : sortie							
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

7- LE PIC 16F628



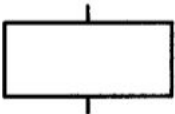
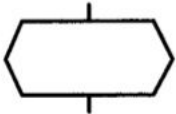
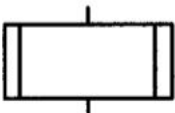
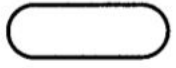
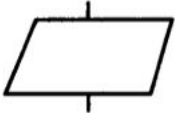
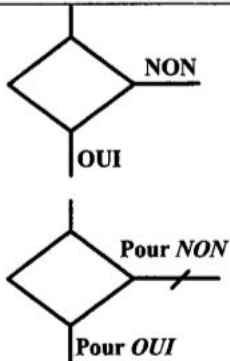
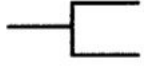
Avec un boîtier identique au 16F84, le 16F628 reprend les mêmes fonctions que son prédécesseur, en lui rajoutant des fonctions et des avantages au passage. De ce fait, les deux sont parfaitement identiques, et on pourra remplacer, dans un circuit donné, un 16F84 par un 16F628. Quand à sa programmation, elle est identique à celle d'un 16F84. Les améliorations notables sont :

- ▣ mémoire flash multipliée par deux
- ▣ mémoire E²PROM multipliée par deux
- ▣ jusqu'à 16 E/S disponible selon les utilisations (avec un min de 13)
- ▣ Deux timers 8 bit au lieu d'un

- Un timer 16 bits
- Deux comparateurs analogiques
- Une interface série
- Une référence de tension interne
- Un module de comparaison
- Dix sources d'interruptions au lieu de 4
- Une horloge interne

En effet, le simple fait d'avoir une mémoire doublée, permet déjà d'ouvrir de nouvelles possibilités d'applications, tout comme la présence des deux comparateurs analogiques

c) Principaux symboles utilisés.

Symbole	Désignation	Symbole	Désignation
	Symbole général "traitement" Opération ou groupe d'opérations sur des données, instructions, etc., ou opération pour laquelle il n'existe aucun symbole normalisé.		Préparation Opération qui détermine partiellement ou complètement la voie à suivre dans un embranchement ou un sous-programme. Symbole également utilisé pour préparer une décision ou mettre un aiguillage en position.
	Sous-programme Portion de programme considérée comme une simple opération.		Début, fin, interruption Début, fin ou interruption d'un organigramme, point de contrôle, etc..
	Entrée - Sortie : Mise à disposition d'une information à traiter ou enregistrement d'une information traitée.		SYMBOLES AUXILIAIRES Renvoi Symbole utilisé deux fois pour assurer la continuité lorsqu'une partie de ligne de liaison n'est pas représentée.
	Décision : Exploitation de conditions variables impliquant le choix d'une voie parmi plusieurs. Symbole couramment utilisé pour représenter une décision ou un aiguillage.		Commentaire Symbole utilisé pour donner des indications marginales.

! Exercices de compréhension :

Exercice N°1 :

En se référant au datasheet du **16F84A**, donner le nombre des entrées sorties:

**Exercice N°2 :**

Répondre par vrai ou faux sur les questions suivant :

- les broches du port A servent comme des entrées seulement
- Les broches du port A servent comme des entrées/sorties
- Les broches du port B servent comme des sorties seulement
- Les broches du port A servent comme des entrées
- Les broches du port A servent comme des sorties
- Les broches du port B servent comme des entrées/sorties

☐

☐

☐

☐

☐

☐

Exercice N°3 :

Compéter le paragraphe en utilisant les mots suivants :

Microcontrôleur - traitement de l'information - composants externes - (16) - Mid-Range - 84 14 bits - FLASH - (-04) - la fréquence d'horloge maximale - fréquence maximale d'horloge (4 MHz).

Un PIC « Programmable Interface Controller » est un, c'est à dire une unité de type microprocesseur à laquelle on a ajouté des périphériques internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout des

Sur le boîtier du PIC on peut lire la désignation suivante :

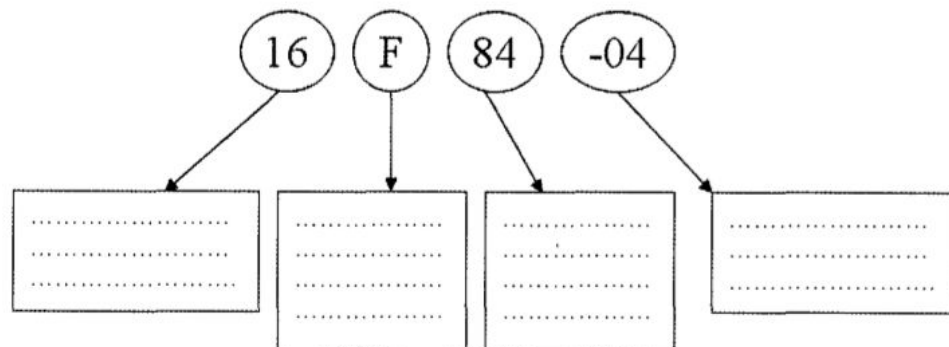
Les 2 premiers chiffres indiquent la catégorie du PIC, (.....) indique un PIC appartient à la famille « » qui utilise des mots de Vient ensuite une lettre (...) pour indiquer une mémoire de type Les derniers chiffres (...) identifient précisément le type du.....

Finalement, le suffixe (...) représente en MHz que le PIC peut recevoir.

NB: La famille des PICs est subdivisée en 3 grandes familles : La famille Base-Line, qui utilise des mots d'instruction de 12 bits, La famille Mid-Range, qui utilise des mots de 14 bits (et dont font partie les PICs 16F84), et la famille High-End, qui utilise des mots de 16 bits.

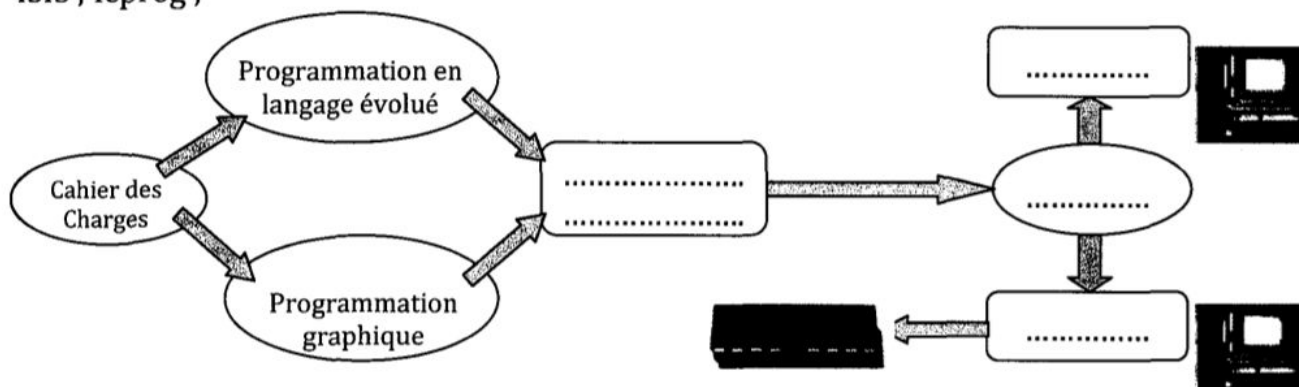
Exercice N°4

Compléter les cases :



Exercice N°5

1) Placer les indications suivantes sur le schéma : Fichier . Hex ; Compileur ; Simulation sur ISIS ; Icprog ;



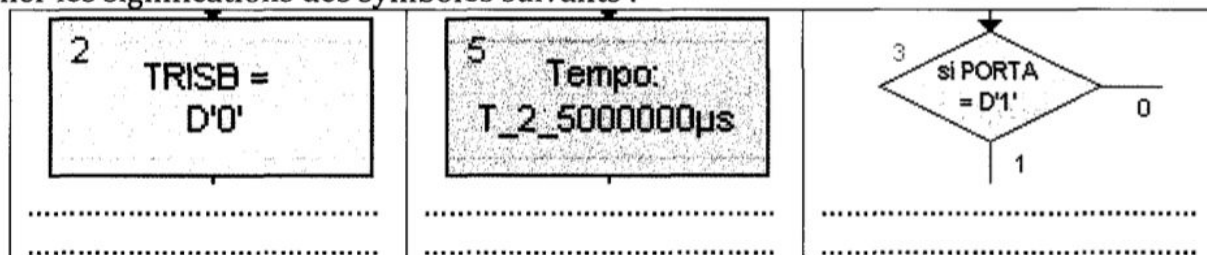
2) Quel est le rôle du logiciel **Logipic** ?

3) Quel est le rôle du logiciel **ISIS** ?

4) Quel est le rôle du logiciel **icprog** ?

Exercice N°6

Donner les significations des symboles suivants :



Exercices d'applications

Exercice 1 : Fonction OUI

On demande l'algorithme par le logiciel **LogiPic** et le schéma de câblage en vue de faire la simulation par **ISIS**

Tableau d'affectation

PIN	Désignation	Composants à partir d'ISIS
Rb1	Lampe	Led Green
RA0	Interrupteur	Switch
		Résistance: RES Alimentation: Power Masse: Ground

Exercice 2 : Fonction NON

On demande l'algorithme par le logiciel **LogiPic** et le schéma de câblage en vue de faire la simulation par **ISIS**

Tableau d'affectation

PIN	Désignation	Composants à partir d'ISIS
Rb1	Lampe	Led Green
RA0	Interrupteur	Switch
		Résistance: RES Alimentation: Power Masse: Ground

Exercice 3 : Fonction ET

On demande l'algorithme par le logiciel LogiPic et le schéma de câblage en vue de faire la simulation par ISIS	Tableau d'affectation		
	PIN	Désignation	Composants à partir d'ISIS
	Rb1	Lampe	Led Green
	RA1	Interrupteur	Switch
	RA2	Interrupteur	Switch
			Résistance: RES Alimentation: Power Masse: Ground

Exercice 4 : Fonction NAND

On demande l'algorithme par le logiciel LogiPic et le schéma de câblage en vue de faire la simulation par ISIS	Tableau d'affectation		
	PIN	Désignation	Composants à partir d'ISIS
	Rb0	Lampe	Led Green
	RA0	Interrupteur	Switch
	RA1	Interrupteur	Switch
			Résistance: RES Alimentation: Power Masse: Ground

Exercice 5 : Fonction NOR

On demande l'algorithme par le logiciel LogiPic et le schéma de câblage en vue de faire la simulation par ISIS	Tableau d'affectation		
	PIN	Désignation	Composants à partir d'ISIS
	Rb0	Lampe	Led Green
	RA0	Interrupteur	Switch
	RA1	Interrupteur	Switch
			Résistance: RES Alimentation: Power Masse: Ground

Exercice 6 : Fonction OU EXCLUSIF

On demande l'algorithme par le logiciel LogiPic et le schéma de câblage en vue de faire la simulation par ISIS	Tableau d'affectation		
	PIN	Désignation	Composants à partir d'ISIS
	Rb1	Lampe	Led Green
	RA0	Interrupteur	Switch
	RA1	Interrupteur	Switch
			Résistance: RES Alimentation: Power Masse: Ground

Exercice 7 : Fonction COÏNCIDENCE

On demande l'algorithme par le logiciel LogiPic et le schéma de câblage en vue de faire la simulation par ISIS	Tableau d'affectation		
	PIN	Désignation	Composants à partir d'ISIS
	Rb0	Lampe	Led Green
	RA0	Interrupteur	Switch
	RA1	Interrupteur	Switch
			Résistance: RES Alimentation: Power Masse: Ground

Exercice 8 : Fonction CLIGNATEUR

On demande l'algorithme par le logiciel LogiPic et le schéma de câblage en vue de faire la simulation par ISIS	Tableau d'affectation		
	PIN	Désignation	Composants à partir d'ISIS
	Rb1	Lampe	Led Green
			Résistance: RES Alimentation: Power Masse: Ground

Exercice 9 : FEU DE CARREFOUR 1

On demande l'algorithme par le logiciel LogiPic et le schéma de câblage en vue de faire la simulation par ISIS	Tableau d'affectation		
	PIN	Désignation	Composants à partir d'ISIS
	Rb0		TRAFFICLIGHTS
	Rb1		
	Rb2		

Exercice 10 : COMPTEUR modulo 12

On demande l'algorithme par le logiciel LogiPic et le schéma de câblage en vue de faire la simulation par ISIS	Tableau d'affectation		
	PIN	Désignation	Composants à partir d'ISIS
	Rb0	LED	Led Green
	Rb1	LED	Led Green
	Rb2	LED	Led Green
	Rb3	LED	Led Green
			Résistance: RES Alimentation: Power Masse: Ground

Problèmes

Problème 1 : Commande d'une lampe H par deux boutons poussoirs S_1 et S_2

Cahier des charges :

On désire commander une lampe H par deux boutons poussoirs S_1 et S_2 en utilisant microcontrôleur de type PIC 16F84A.

On donne :

Table de vérité :		
S_1	S_2	H
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$H = S_1 \overline{S_2} + \overline{S_1} S_2$$

Tableau d'affectation :	
Entrées / Sorties	Broches du μC
Entrée : Bouton poussoir S_1	RA0
Entrée : Bouton poussoir S_2	RA1
Sortie : Lampe H	RA2

Travail demandé :

1- Configurer les deux ports A et B en utilisant respectivement les registres TRISA et TRISB.

TRISA	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0

TRISB	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0

	Binaire	Décimal	Hexadécimal
TRISA			
TRISB			

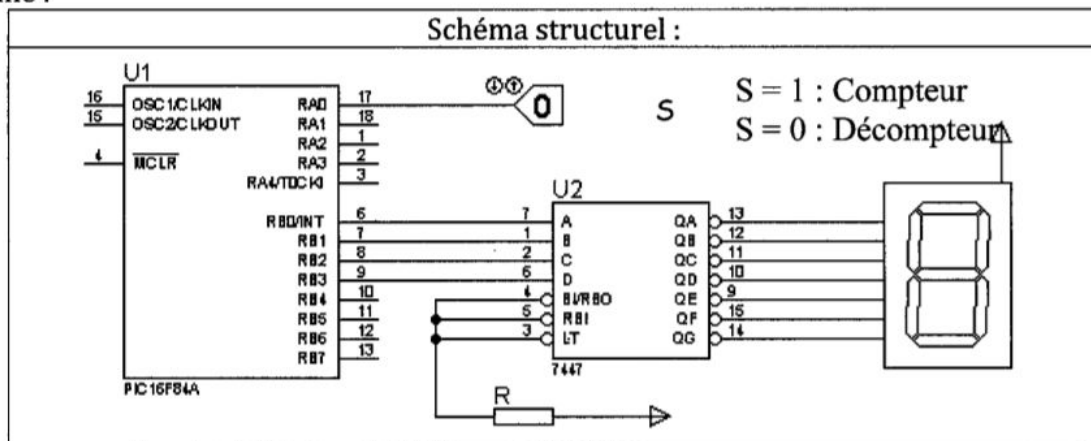
2. Déterminer l'algorithme.

Problème 2 : Compteur / décompteur modulo 10

Cahier des charges :

On désire réaliser un compteur_décompteur modulo 10 en utilisant un microcontrôleur de type 16F84A et un afficheur sept segments.

On donne :



Travail demandé :

1- Configurer les deux ports A et B en utilisant respectivement les registres TRISA et TRISB.

TRISA	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0

TRISB	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0

	Binaire	Décimal	Hexadécimal
TRISA			
TRISB			

2. Déterminer l'algorithme.