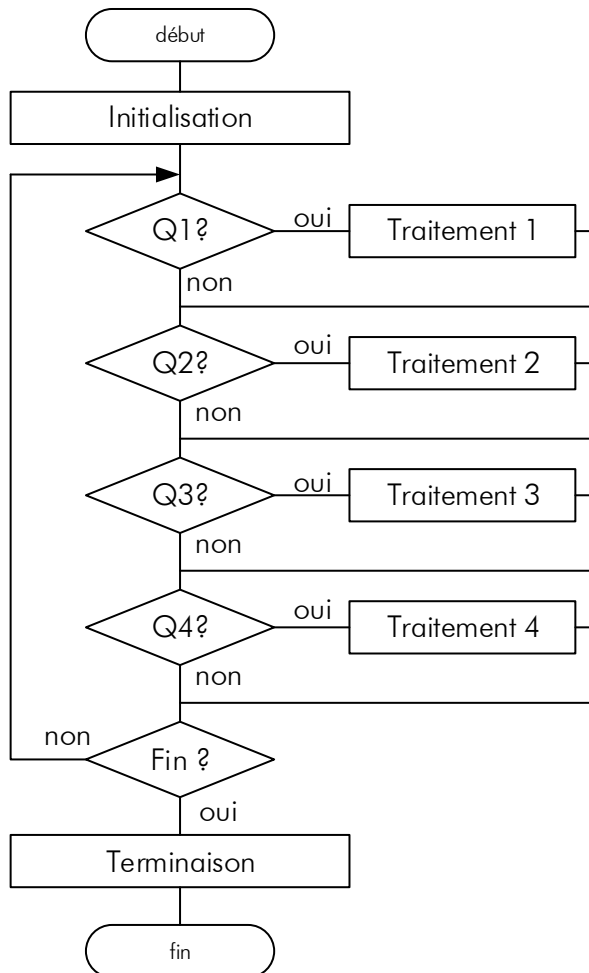


## Exercice N°1

Nous avons le système avec 4 périphériques utilisant le traitement par interrogation décrit par le diagramme suivant :



Opération Temps d'exécution

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| Initialisation                   | 5 s       |
| Interrogation 1 (Q1)             | 4 $\mu$ s |
| Traitement 1                     | 5 ms      |
| Interrogation 2 (Q2)             | 4 $\mu$ s |
| Traitement 2                     | 20 ms     |
| Interrogation 3 (Q3)             | 4 $\mu$ s |
| Traitement 3                     | 1 ms      |
| Interrogation 4 (Q4)             | 4 $\mu$ s |
| Traitement 4                     | 5 ms      |
| Interrogation (Fin de la boucle) | 4 $\mu$ s |
| Terminaison                      | 100 ms    |

1. Donner une estimation du temps de réponse maximum pour chacun des périphériques.
2. Donner le temps minimum et le temps maximum d'exécution d'une boucle.
3. Si le périphérique 2 est désactivé (exemple : le périphérique débranché), donner une estimation du temps de réponse maximum pour chacun des périphériques encore actifs.
4. On ajoute au système un mécanisme d'interruption. Il y a une seule interruption. Elle se produit de façon cyclique à chaque milliseconde. Le traitement complet d'une interruption dure 10  $\mu$ s. Dans ce cas, donner une estimation du temps de réponse maximum pour chacun des périphériques encore actifs (le périphérique 2 est encore désactivé).

## Exercice N°2

Considérez un système avec un processeur dont la fréquence d'opération est de 100 MHz. En consultant les spécifications du processeur, vous obtenez les informations suivantes :

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| Sauvegarde du contexte               | 45 cycles |
| Récupération du contexte             | 21 cycles |
| traitement du vecteur d'interruption | 30 cycles |

Votre système doit traiter des interruptions qui se produisent à intervalle régulier de 10  $\mu$ s, sans n'en manquer aucune. De plus, chaque macro-instruction (assembleur) prend 4 cycles.

1. Quel est le nombre maximal d'instructions permis dans la fonction de traitement des interruptions?
2. Supposons qu'un programme d'arrière-plan prend 50% du temps du processeur. Quel est le nombre maximal d'instructions permis?
3. Vous déterminez que 40 instructions sont nécessaires. Toujours avec un programme d'arrière-plan qui prend 50% du temps du processeur, quel est le nombre maximum d'interruptions possible dans une seconde?

## Exercice N°3

Un programme en temps réel fonctionne de la façon suivante : sur détection d'un événement, le programme principal appelle le sous-programme correspondant identifié "fonction j"; les fonctions "fonction d'interruption i" sont exécutées à chaque activation respective d'une ligne d'interruption. Les temps de traitement du tableau ci-dessous ont été mesurés par chronométrage.

| Pseudo-code                                             | Temps de traitement | Période d'exécution T |
|---------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| /* Programme principal */<br>fonction d'initialisation; | 10 s                |                       |
| /* Boucle d'interrogation */ {                          |                     |                       |
| Interrogation événement 1?                              | 2 $\mu$ s           |                       |
| fonction 1;                                             | 2 ms                |                       |
| Interrogation événement 2?                              | 2 $\mu$ s           |                       |
| fonction 2;                                             | 25 ms               |                       |
| Interrogation événement 3?                              | 2 $\mu$ s           |                       |
| fonction 3;                                             | 1 ms                |                       |
| Interrogation événement 4?                              | 2 $\mu$ s           |                       |
| fonction 4;                                             | 5 ms                |                       |
| Interrogation sortie?                                   | 2 $\mu$ s           |                       |
| sortie;                                                 | 100 ms              |                       |
| retour à boucle d'interrogation                         | 1 $\mu$ s           |                       |
| /* Fin du programme principal */                        |                     |                       |
| fonction d'interruption 1;                              | 20 $\mu$ s          | 100 $\mu$ s           |
| fonction d'interruption 2;                              | 40 $\mu$ s          | 125 $\mu$ s           |
| fonction d'interruption 3;                              | 50 $\mu$ s          | 1 ms                  |

L'événement 2 est généré par l'action sur un bouton poussoir ; quelle est la durée minimale du maintien du bouton enfoncé ?

## Exercice N°4

On veut ajouter à un système en temps réel une fonction qui permettra de vérifier les températures provenant de 16 capteurs. Le bloc de capteurs génère 128 interruptions par secondes. L'ordinateur sur lequel la fonction sera installée a une fréquence d'opération de 1 MHz et un processus en arrière-plan occupe 90 % du temps du processeur. En sachant que :

- Latence d'interruption : 8 cycles
- Sauvegarde du contexte : 40 cycles
- Récupération du contexte : 35 cycles
- Traitement du vecteur d'interruption : 50 cycles

Évaluez le nombre de cycles disponibles pour chaque interruption.

## Exercice N°5

Considérer un système préemptif dont l'ordonnancement est basé sur les priorités et que l'ordonnanceur est appelé seulement à la fin du quantum d'exécution (« time slice ») de 10 ms. Les caractéristiques des tâches sont :

| Tâche | Priorité    | Temps de calcul |
|-------|-------------|-----------------|
| 1     | Basse (3)   | 40 ms           |
| 2     | Haute (1)   | 20 ms           |
| 3     | Moyenne (2) | 30 ms           |

La tâche 1 démarre en premier; puis, les tâches 2 et 3 sont respectivement devenues prêtes, 2 ms et 4 ms après la tâche 1. Aucune autre tâche n'est exécutée.

1. Si vous négligez le temps de changement de contexte, quel est le temps nécessaire pour compléter chaque tâche? [Nous voulons l'intervalle de temps entre le réveil de la tâche et la fin de son exécution].
2. Si chaque changement de contexte demande 1 ms, quel est le temps nécessaire pour compléter chaque tâche? [Négliger le premier changement de contexte et le temps du séquenceur, s'il n'y a pas de changement de contexte].

# CORRIGE

## Exercice N°1

1. Les périphériques ont le même temps de réponse maximal, qui est le temps d'exécution de la boucle :

$$T_{R\max} = \sum \text{Interrogations} + \text{Traitement} = 31,02 \text{ ms}$$

2. Temps minimum d'exécution de la boucle :  $T_{R\max} = \sum \text{Interrogations} = 20\mu\text{s}$

$$\text{Temps minimum d'exécution de la boucle : } T_{R\max} = \sum \text{Interrogations} + \text{Traitement} = 31,02 \text{ ms.}$$

3.  $T'_{R\max} = T_{R\max} - \text{Traitement} = 11,02 \text{ ms}$

4. Le temps réponse maximum pour chaque périphérique est le temps d'exécution de la boucle qu'on note  $P_b$ .

$$\sum \frac{C_{\text{Int}}}{P_{\text{Int}}} + \frac{T'_{R\max}}{P_b} = 1 \Rightarrow \frac{10}{1000} + \frac{11,02}{P_b} = 1 \text{ d'où } P_b = 11,131 \text{ ms}$$

## Exercice N°2

$$T_{\text{cycle}} = 0,01\mu\text{s} ; T_{\text{Instr}} = 0,04\mu\text{s} ; L = T_{\text{Sauv.}} + T_{\text{Récup.}} + T_{\text{Vect.}} + 1T_{\text{Inst}} = 100 \times 0,01 = 1\mu\text{s}$$

1.  $C_{\max} = 10 - 1 = 9\mu\text{s}$  ; le nombre d'instructions maximal =  $\frac{9}{0,04} = 225$

2.  $\frac{C+L}{P} = 0,5 = \frac{C+L}{10\mu\text{s}} \Rightarrow C = 5 - 1 = 4\mu\text{s}$  d'où le nombre d'instructions =  $\frac{4}{0,04} = 100$  instructions

3.  $P = 2(C_{40} + L) = 2(0,04 \times 40 + 1) = 5,2\mu\text{s}$

$$\text{Nombre d'interruptions maximal} = \frac{1000000}{5,2} = 192307 \text{ interruptions/seconde}$$

## Exercice N°3

La durée minimale de maintien du bouton est égale à la durée d'exécution de la boucle, qu'on note  $P_b$ .

$$C_b = 33,011 \text{ ms}$$

$$\sum \frac{C_{\text{int}}}{P_{\text{int}}} + \frac{C_b}{P_b} = 1 \Rightarrow \frac{C_b}{P_b} = 1 - \frac{20}{100} - \frac{40}{125} - \frac{50}{1000} = 0,430 \text{ d'où } P_b = \frac{C_b}{0,43} = \frac{33,011}{0,43} = 76,77 \text{ ms}$$

## Exercice N°4

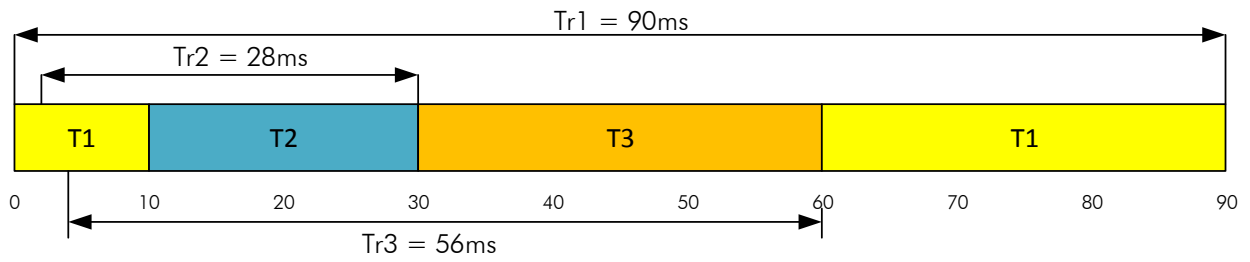
$$\text{La période échantillonnage d'un capteur } P_c = \frac{16}{128} = \frac{1}{8} \text{ s}$$

$$\sum \frac{C_c + L}{P_c} = \frac{16(C_c + L)}{P_c} = 0,1 \text{ avec } L = 8 + 35 + 40 + 50 = 133\mu\text{s}$$

$$\text{d'où } C_c = \frac{P_c}{16} - L = \frac{0,1}{8 \times 16} - 133\mu\text{s} = 781\mu\text{s} - 133\mu\text{s} = 648\mu\text{s}$$

## Exercise N°5

1.



2.  $Tr1 = 93\text{ms}$  ;  $Tr2 = 29\text{ms}$  ;  $Tr3 = 58\text{ms}$