

# Tutorat microprocesseur

Corentin GIELEN, Florian DERLIQUE, Miaoqi WANG, Maxence NEUS

May 11, 2021

# Contents

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introduction</b>   | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Architecture Matérielle</b>                              | <b>4</b>  |
| 2.1      | Matériel . . . . .  | 4         |
| 2.2      | Mise en place de l'architecture . . . . .                   | 4         |
| 2.2.1    | Interface utilisateur . . . . .                             | 5         |
| 2.2.2    | Appareils de mesure . . . . .                               | 5         |
| 2.2.3    | Sorties utilisateur . . . . .                               | 5         |
| <b>3</b> | <b>Architecture Code</b>                                    | <b>6</b>  |
| 3.1      | Initialisation . . . . .                                    | 6         |
| 3.2      | Structure globale . . . . .                                 | 8         |
| 3.3      | Changement de la vitesse limite par l'utilisateur . . . . . | 10        |
| <b>4</b> | <b>Limites</b>  | <b>10</b> |
| 4.1      | Limite de l'utilisation du WatchDog à 0.5s . . . . .        | 10        |
| 4.2      | Approximation numérique . . . . .                           | 11        |

# 1 Introduction

Nous avons à réaliser un radar de contrôle routier. Le radar doit pouvoir réaliser les fonctions suivantes :

1. Mesurer la vitesse d'un véhicule qui entre dans sa zone d'action
2. Permettre de changer la vitesse maximale autorisée à l'aide d'un clavier
3. Nous avons aussi ajouté des afficheurs 7 segments pour afficher la vitesse alors qu'elle est tapée.
4. Si la vitesse mesurée est supérieure à la vitesse maximale, activer le flash et envoyer la vitesse mesurée sur l'imprimante série

On nous demande ici en plus, de ne flasher que lorsque le véhicule se trouve à une distance de moins de 30m du radar afin que l'appareil photo puisse avoir une bonne vue de la plaque d'immatriculation. Cette restriction nous a posé quelque problème que nous détaillerons plus tard dans la partie sur les limites du système.

## 2 Architecture Matérielle

### 2.1 Matériel

Nous avons à notre disposition les éléments suivants :

- Un télémètre qui fournit un signal analogique proportionnel à la distance entre le radar et la voiture qui donne une valeur entre 0V pour une distance de 0m et 5v pour une distance de 100m
- Un détecteur de présence qui passe de l'état 0 à l'état 1 lorsqu'une voiture entre dans le champ de mesure du télémètre
- Un flash que l'on peut déclencher directement sur un pin digital
- Une imprimante série pour imprimer les vitesses mesurées
- Les composants standards

### 2.2 Mise en place de l'architecture

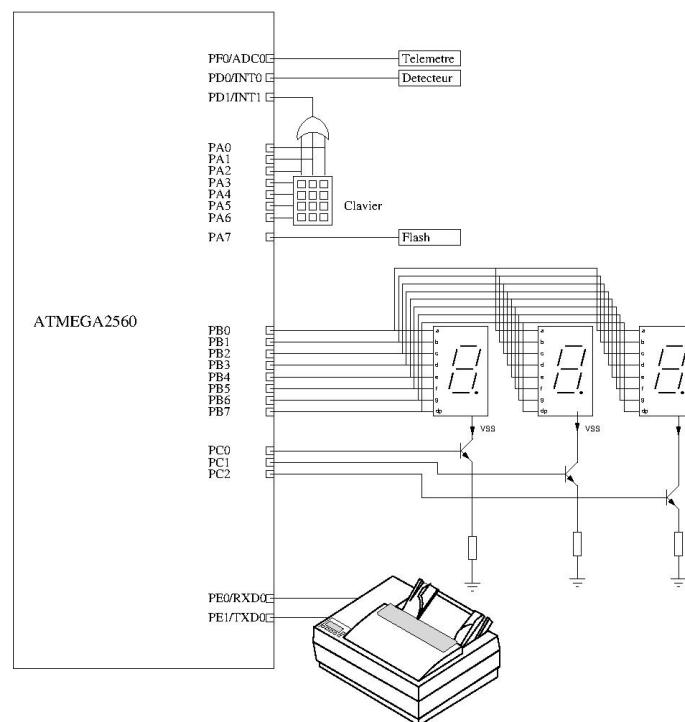


Figure 1: schema de cablage

### **2.2.1 Interface utilisateur**

Pour réaliser la fonction 2, nous avons besoin de permettre à l'utilisateur de rentrer une nouvelle valeur pour la vitesse maximale autorisée. Pour ce faire, nous avons incorporer un clavier 12 touches (0-9, Valider, Annuler) et 3 afficheurs 7 segments multiplexés pour afficher la valeur entrée à l'utilisateur. Le clavier est branché sur les pins PA[0:6] avec une porte OU qui permettra par la broche PD1/INT1 de travailler par interruption pour la lecture du clavier.

Pour ce qui est des afficheurs 7 segments, ils sont reliés au port B pour la valeur à afficher et multiplexé par les pins PC[0:2] qui font la conection des bases des afficheurs à la masse via des transistors et des résistances de tirage.

### **2.2.2 Appareils de mesure**

Comme le Télémètre nous fournis une valeur analogique, nous avons choisis de le relier à la broche PF0/ADC0 pour pouvoir réaliser une conversion dessus. Nous avons choisis d'utiliser le détecteur de présence par intéruption, nous le relierons donc à la broche PD0/INT0.

### **2.2.3 Sorties utilisateur**

Pour le flash, nous l'avons relié à la dernière broche inutilisée du port A, PA7, nous supposons qu'un appareil photo déclanchable par un front montant est relié à la même broche pour pouvoir prendre une photo de l'automobiliste qui est en excès de vitesse.

L'imprimante série est reliée à l'interface USART0 (PE0/RXD0;PE1/TXD1), L'imprimante fonctionne à 1200 bauds, 8bits de message, 1 bit stop et pas de parité, son initialisation sera développée dans la section 3.

## 3 Architecture Code

### 3.1 Initialisation

Le convertisseur analogique numérique (ADC) est mis en place de sorte qu'il réalise des conversions sur demande en lisant sur la broche PF0/ADC0 en envoyant une interruption à la fin de la conversion.

---

```
//ADC (conversion ADC0, single conversion)
ADMUX = 0b0010 0000
ADCSRA = 0b1000 1111
ADCSRB = 0x00
```

---

ADMUX:

| REFS1 | REFS0 | ADLAR | MUX4 | MUX3 | MUX2 | MUX1 | MUX0 |
|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| 0     | 0     | 1     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |

REFS[1:0] : On prends la référence sur 5V.

ADLAR : On choisit de ne lire que les bits de poids fort, on choisit donc d'aligner à gauche.

MUX[4:0] : On fait la conversion sur ADC0, soit l'adresse MUX = 0 0000.

ADCSRA:

| ADEN | ADSC | ADATE | ADIF | ADIE | ADPS2 | ADPS1 | ADPS0 |
|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| 1    | 0    | 0     | 0    | 1    | 1     | 1     | 1     |

ADEN : On active l'ADC.

ADCS; ADATE; ADIF : Utilisés lors de l'utilisation de l'ADC donc pas utiles pour l'initialisation.

ADIE : Interrupt Enable.

ADPS[2:0] : Prescaler, on veut que l'ADC fonctionne entre 50 *kHz* et 200 *kHz*, la clock de l'ATMEGA étant à 16 *Mhz*, une division par 128 nous donne une fréquence acceptable (soit ADPS[2:0] = 000)

Nous utiliserons un WatchDog pour temporiser nos mesures, celui ci est ici réglé pour envoyer des interruptions toute les 0.5s (Ce choix est discuté dans la partie limites).

---

```
//Watchdog (interruptions toute les 0.5s)
WDTCR = 0x10 // enable change
WDTCR = 0b0101 0101
```

---

WDTCSCR:

| WDIF | WDIE | WDP3 | WDCE | WDE | WDP2 | WDP1 | WDP0 |
|------|------|------|------|-----|------|------|------|
| 1    | 0    | 0    | 0    | 1   | 1    | 1    | 1    |

WDIF : Interrupt Flag, en lecture uniquement.

WDE; WDIE = 01 - Interrupt mode.

WDP[3:0] = 0101 - Timing de 0.5s.

Pour envoyer les mesures à l'imprimante nous devons utiliser la liaison série de l'ATMEGA comme décrit en 2.2.3, nous avons calculé la valeur de UBRR grâce à la formule donnée dans la documentation  $UBRR = \frac{f_{osc}}{16 * BAUD} - 1$  qui nous donne UBRR = 832, soit 0x340 à répartir sur les registres UBRRLO et UBRRHO.

---

```
//printer (envoi uniquement, pas de verification, conforme
      au CDCF)
UBRR (f = 16MHz) = 832
UBRRHO = 0x03
UBRRLO = 0x40

UCSR0A = 0x00
UCSR0B = 0b0000 1000
UCSR0C = 0b0000 0110
```

---

On règle ici les afficheurs et le clavier comme décrit en 2.2.1.

---

```
//Clavier et afficheurs
DDRA = 0b0001 1111
DDRB = 0x0111 1111
DDRC = 0b0000 0111
```

---

On reprends ici les différents vecteurs d'interruptions utilisés ainsi que les noms des sous-routines associées.

---

```
//vecteurs d'interruption
.org 0x0002
    JMP IRQ_detecteur
.org 0x0004
    JMP IRQ_clavier
.org 0x0018
    JMP IRQ_Watchdog
.org 0x003A
    JMP IRQ_conversion
```

---

## 3.2 Structure globale

Afin de réaliser les mesures de vitesses, nous n'avons à notre disposition que la position du véhicule, nous allons donc avoir besoin de mesurer la distance entre le radar et le véhicule à un intervalle régulier pour pouvoir par la suite calculer la vitesse.

Le processus de mesure commence lorsque le véhicule entre dans la zone de mesure du télémètre et que le détecteur de présence envoie un signal d'interruption qui amène à l'appel de la procédure d'interruption *IRQ\_detecteur*.

---

```
// detection d'une voiture par le detecteur de presence
IRQ_Detecteur:
    si cpt_detection==0 alors saut init_watch // si le
        capteur est en front montant on initialise le
        WatchDog
    //si non on reinitialise le WatchDog
    WDTCSR<-0b00010000
    WDTCSR<-0b00000000
    cpt_detection <- 0
    RETI
init_watch:
    WDTCSR<-0b00010000
    WDTCSR<-0b01001101
    cpt_detection=1
    RETI
```

---

Cette procédure a pour but de démarrer ou d'arrêter le WatchDog selon si le véhicule qui a été détecté entrait ou sortait de la zone de mesure (l'interruption est réglée pour être déclenchée sur front montant comme descendant), cette dis-



inction est faite grâce à une variable *cpt\_detection* qui est mise à 1 lorsqu'un vehicule est présent dans la zone et à 0 lorsque ce n'est plus le cas.

Par la suite, le WatchDog va maintenant déclancher des interruptions toute les 0.5s sur la procédure *IRQ\_WatchDog* comme defini lors de l'initialisation. Voyons maintenant ce que fait cette procédure:

---

```
//interruption du watch_dog
// quand le watch_dog est activer on active la prise de
  mesure
IRQ_WDT :
  ADCSRA<-0b11001111
  RETI
```

---

Ici tout ce que fait la procédure c'est lancer une conversion sur ADC0 afin de mesurer la distance du radar au vehicule, lorsque cette mesure sera faite, le convertisseur analogique numérique lancera une interruption qui déclanchera la procédure *IRQ\_conversion*.

---

```
IRQ_CONVERSION:
mesure <- ADC
si(cpt_mesure) == 0 alors saut cpt0 // c'est a dire c'est
  la premiere mesure de vitesse
si(cpt_mesure) == 1 alors saut cpt1 // c'est la 2 eme
  mesure de vitesse

cpt0:
Pos1<-mesure // alors on stocke la valeur mesure par la
  conversion entre 0 et 255
cpt_mesure <- 1
RETI

cpt1:
pos2<-mesure
if(Pos1-Pos2)>vitesse_limite saut distflash // si la
  vitesse et superieur a la limite et que la voiture est
  a plus de 30m du tel
cpt_mesure <- 0
RETI

distflash:// si la vitesse est superieur on attends que la
```

```

distance au radar soit inferieur a 30m
posflash<-76// 76 en annalogique soit 255/100*30 pour
avoir les 30m
si posflash<76 alors saut port_serie
ADCSRA<-0b11001111

port_serie:
call flash
call imprime
RETI

```

---

Cette procédure a pour but global de prendre une première mesure de vitesse au début de la zone de mesure, et si cette mesure de vitesse est supérieure à la vitesse maximale autorisée, alors le convertisseur analogique numérique est lancé en free running mode et le radar flashera le vehicule lorsque la mesure de position sera inférieure à 30m on lance la procédure de flash et d'envoi de la vitesse mesurée à l'imprimante. Ce choix est expliqué plus en détail dans la partie 4.1.

Cette vitesse est d'abord convertie en  $km/h$  à partir de la mesure en  $m/s$  qui est utilisée en interne et ensuite envoyée caractère par caractère à l'imprimante.

### 3.3 Changement de la vitesse limite par l'utilisateur

La vitesse limite autorisée doit pouvoir être modifiée à tout moment par l'utilisateur à l'aide du clavier, nous afficherons également la saisie sur les 3 afficheurs durant la durée de la saisie et nous désactiverons les afficheurs lorsque la saisie a été validée. Cette saisie sera stockée dans 3 variables (une pour chaque digit) ce qui facilitera la saisie et nottament la correction.

## 4 Limites

### 4.1 Limite de l'utilisation du WatchDog à 0.5s

Comme nous l'avons dit en 3.1, le choix de l'intervalle entre les mesures à 0.5s entraîne des limites pour certaines vitesses qui peuvent passer à travers la zone de flash des 30m et donc dans certains cas éviter d'être flashé en roulant à une vitesse assez précise.

Cette limite peut être quantifiée sous quelques conditions:

- La première mesure est faite à exactement 100m du radar.
- Chaque mesure qui suit est faite à exactement 0.5s d'intervalle.

- Chaque calcul de vitesse se fait sur deux mesures, desquelles la seconde doit se retrouver dans la zone des 30m pour être flashé

Dans ces conditions, un rapide script (en annexe) nous permet de déterminer les plages de vitesses qui ne pourrait pas être mesurées avec ce système, on obtient les plages suivantes :

- $[33.4; 35]$   $m/s$  soit  $[120; 126]$   $km/h$
- $[50; 69.9]$   $m/s$  soit  $[180; 251]$   $km/h$
- $[100.2; +\infty[$   $m/s$  soit  $[360.7; +\infty[$   $km/h$

Comme on peut le constater, ces plages sont problématiques car parfaitement atteignable par un véhicule sur une autoroute (particulièrement les 2 premières). Notre solution pour palier à ce problème est celle implémentée en 3.2, l'attente en free running mode que le véhicule puisse être flashé fait que la seule façon d'éviter le radar serait de traverser la zone des 30m en moins de temps qu'il n'en faut à l'ATMEGA pour réaliser une conversion, ce qui fait que la vitesse minimale pour y parvenir devient bien trop élevée pour qu'un véhicule terrestre puisse l'atteindre.

## 4.2 Approximation numérique

Par soucis de précision