

Tutorat microprocesseur

Corentin GIELEN, Florian DERLIQUE, Miaoqi WANG, Maxence NEUS

May 11, 2021

Contents

1	Introduction	3
2	Architecture Matérielle	4
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
3	Architecture Code	6
3.1	Initialisation	6
3.2	Structure globale	8
3.3	Changement de la vitesse limite par l'utilisateur	12
4	Limites	13
4.1	Limite de l'utilisation du WatchDog à 0.5s	13
4.2	Approximation numérique	14
5	Annexe	15
5.1	Code Global	15
5.2	Recherche de la limite	22

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

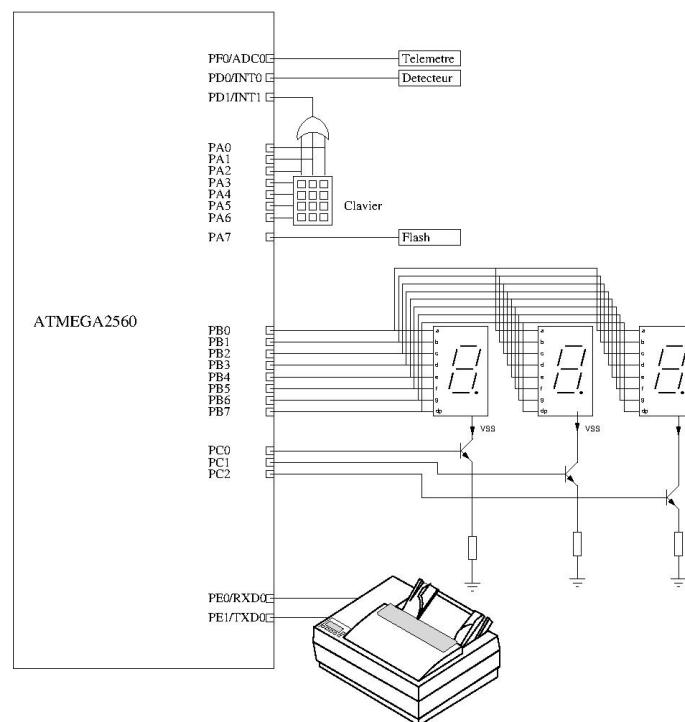


Figure 1: schema de cablage

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
```

WDTCR:

WDIF	WDIE	WDP3	WDCE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0
1	0	0	0	1	1	0	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
```

UCSR0A: Globalement que des pins en lecture, donc rien à changer ici.
UCSR0B:

RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8
0	0	0	0	1	0	0	0

RXCIE; TXCIE; UDRIE : Interrupts Enable, pas utilisés ici

RXEN; TXEN : Receive/ Transmit Enable, ici on active uniquement la transmission

UCSZ2; RXB8; TXB8 : Utiles uniquement en transmission 9 bits.

UCSR0C:

UMSEL1	UMSEL2	UPM1	UMP0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL
0	0	0	0	0	1	1	0

UMSEL 1:0 = 00 - Mode Asynchrone

UPM 1:0 = 00 - Pas de parité

USBS = 0 - 1 bit Stop

UCSZ 1:0 = 11 - 8 bit de message

UCPOL Clock parity - utiles uniquement en mode Synchrone

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 subsoutines 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'arreter le WatchDog selon si le vehicule qui a été détecté entrait ou sortait de la zone de mesure (l'interruption est réglée pour être déclanchée sur front montant comme descendant), cette distinction 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:

```

//interuption 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:    ;quand la distance a ete convertie en
                    valeur numerique
mesure <- ADCH
si CptMesure == 0 alors saut cpt0 ;la premiere mesure de
    vitesse
si CptMesure == 1 alors saut cpt1 ;2 eme mesure de vitesse

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

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

;flash -----

distflash:          ;si la vitesse est superieur on
    attends que la distance au radar soit inferieur a 30m

posflash<-pos2
ADCSRA<-0b11101111    ;on active la mesure en continue

condition:
si posflash<76 alors saut port_serie ;76 en analogique
    soit 255/100*30 pour avoir les 30m

Adcloop:
si ADCSRA & 0x10 != 0x10 saut Adcloop ; si la conversion
    est fini
posflash<-ADCH
jmp condition

;liaison serie
    -----

```

```

portSerie:
USCROA <- 0x00          ;desactive la mesure en continue
PORTA<-0x80             ;flash
CptEmission <- 0
mesure<- Pos2-Pos1

imprime:
si ( UCSROA&0x20 != 0x20) alors saut imprime ;si le buffer
    et pres a envoyer

envoie:
si CptEmission== 0 alors saut unit
si CptEmission== 1 alors saut diz
si CptEmission==2 alors saut cent

unit:
unite<- (mesure%100)*3.6      ;le compilateur ne prend pas
    en compte les virgules flottantes
UDR0<- unite%10
retenu<- mesure/10           ;retenu car peut etre sup a 9
CptMesure<-1
jmp imprime

dizaine:

unite<- ((mesure/10)%10)*3.6 + retenu
UDR0<- unite%10
retenu<- mesure/10
CptMesure<-2
jmp imprime

cent:
unite <- (mesure/100)*3.6 + retenu
UDR0 <- unite%10
retenu <- mesure/10
CptMesure<-0
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 notamment la correction.

```
;clavier
-----

;on considere un clavier comme en TP avec *=C #=C
;clavier

IRQ_Clavier: ;si contact entre les pin

init_clavier:
i<-0
changeVitesse<-1

parcours_clavier: ;on parcourt le clavier jusqu a trouver
    le bon
PORTA@IO<-codeClavier@ROM[i]
touche <- PINA@IO
si (touche == 0x44 ) alors saut REINITclavier ;C
si (touche == 0x42 ) alors saut VALIDEclavier ;V
si (touche == PORTA@IO)&&(CptAff!=3) alors saut sauvTouche
;sinon on incremente i
i <- i + 1
JMP parcours_clavier

;partie pour l afficheur

sauvTouche: ;sauvegarde de la touche
NBtouche<- i
si CptAff==0 alors NBu<-NBtouche
si CptAff==1 alors NBd<-NBtouche
si CptAff==2 alors NBc<-NBtouche
```

```

CptAff<-CptAff+1
RETI

VALIDEclavier:
BuffVitesseLimite<-NBu
BuffVitesseLimite<-BuffVitesseLimite+(NBd*10)
BuffVitesseLimite<-BuffVitesseLimite+(NBc*100)
si BuffVitesseLimite>918 alors BuffVitesseLimite<-918
VitesseLimite<-BuffVitesseLimite/3.6

REINITclavier:
CptAff<-0
NBtouche<-0
NBu<-0
NBd<-0
NBc<-0
BuffVitesseLimite<-0
changeVitesse<-0
RETI

```

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*

- $[50; 69.9] \text{ m/s}$ soit $[180; 251] \text{ km/h}$
- $[100.2; +\infty[\text{ m/s}$ soit $[360.7; +\infty[\text{ km/h}$

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 falsifié 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

5 Annexe

5.1 Code Global

```
;interruption
.equ EIMSK      = 0x3D
.equ EICRA      = 0x69

;watch_dog
.equ WDTCSR     = 0x60

;conversion analogique
.equ ADMUX      = 0x7C
.equ ADCSRB     = 0x7B
.equ ADCSRA     = 0x7A
.equ ADCL       = 0x78
.equ ADCH       = 0x79

;clavier A
.equ DDRA       = 0x01
.equ PORTA      = 0x02
.equ PINA       = 0x00

;communication serie
.equ UCSROA     = 0x00C0
.equ UCSROB     = 0x00C1
.equ UCSROC     = 0x00C2
.equ UBRROL     = 0x00C4
.equ UDR0       = 0x00C6

.equ DDRB       = 0x04
.equ PORTB      = 0x05
.equ PINB       = 0x03
.equ DDRC       = 0x07
.equ PORTC      = 0x08
.equ PINC       = 0x06

.dseg

.org 0x0200

CptDetection: .BYTE 1
CptMesure: .BYTE 1
```

```

CptEmission: .BYTE 1
Pos1: .BYTE 1
Pos2: .BYTE 1
PosMesure: .BYTE 1
Posflash: .BYTE 1
VitesseLimite: .BYTE 1
unite: .BYTE 1
retenu: .BYTE 1

```

```

;clavier

```

```

touche: .BYTE 1
CptAff: .BYTE 1
i: .BYTE 1
NBu: .BYTE 1
NBd: .BYTE 1
NBc: .BYTE 1
NBtouche: .BYTE 1
BuffVitesseLimite: .BYTE 2
changeVitesse: .BYTE 1

```

```

;-----

```

```

.cseg

```

```

;initialisation des interruption INT
.org 0x0002
jmp IRQ_Detecteur ;interruption du detecteur

```

```

.org 0x0004
jmp IRQ_Clavier ;interruption clavier

```

```

.org 0x0018
jmp IRQ_WDT ;interruption watch_dog

```

```

.org 0x003A
jmp IRQ_CONVERSION ;interruption conversion dispo

```

```

.org 0x0080

```

```

;Code pour afficher
codeAff:

```



```

.DB 0x7E,0x0C,0x37,0x1F,0x4D,0x5B,0x7B,0x0E,0x7F,0x5F

;Code de test du clavier
codeClavier:
.DB
    0x42,0x0C,0x0A,0x09,0x14,0x12,0x11,0x24,0x22,0x21,0x44,0x41
;0x42 -> C et 0x42 -> V

;-----
;debut programme
init:
CptMesure <- 0
EIMSK@IO <- 0b00000011          ;activation de INTO et INT1
EICRA <- 0b00001101             ;on met le
    detecteur en activation front montant et descendant
;et INT 1 en montant
ADMUX <- 0b01100000  ;selection ADC0
ADCSRB <- 0x00        ;tjr a 0
;le premier 01 REFS1:2 choisi car valeur entre 0V et 5V
;ADLAR a 1 car on prends les 8 peremiers bit

DDRA <- 0xF8            ;tout en sortie sauf 0,1,2
PORTA@IO <- 0b01111000  ;allumage des broche du
    clavier en attente de contact
;IRQ_Detecteur
CptDetection <- 0

;clavier
CptAff <- 0
NBu <-0
NBd <-0
NBc <-0

;init imprime
UBBR0L <- 103 ;16Mhz BaudRate : 9600
USCROA <- 0x00
USCROB <- 0b00011000
USCROC <- 0b00100110 ;parite pair 8bit
SEI
;-----

Loop:      ;boucle principal afficheur 7seg multiplexe

```

```

si changeVitesse!=0 alors saut afficheVitesseChange
jmp loop;

```

```

afficheVitesseChange:
PORTC@IO<-0x04
PORTB@IO<-codeAff@ROM[NBu]
PORTC@IO<-0x02
PORTB@IO<-codeAff@ROM[NBd]
PORTC@IO<-0x01
PORTB@IO<-codeAff@ROM[NBc]
PORTC@IO<-0x00
jmp loop;

```

```

;-----

```

```

IRQ_Detecteur:

```

```

    ;detection d'une voiture par le detecteur de presence
si CptDetection==0 alors saut initWatch          ;si le
    capteur est en front montant on initialise le watch__dog
;si non on reinitialise le watch dog
WDTCR <- 0b00010000                                ;debloquage
    du watchdog
WDTCR <- 0b00000000
    ;reinitialisation
CptDetection <- 0
RETI

```

```

initWatch:
WDTCR<-0b00010000
WDTCR<-0b01001101
CptDetection <- 1
RETI

```

```

;-----

```

```

;interruption du watch_dog
;quand le watch_dog est activer on active la prise de
    mesure

```

```

IRQ_WDT:
si changeVitesse!=0 alors RETI ; si l'utilisateur tape sur
    le clavier on stop les mesure des vehicules le RETI ici
    empeche toute la suite du programme

```

```

ADCSRA<-0b11001111
;ADEN 1 turn on adc
;ADSC 1 premiere demande de conversion
;ADATE 0 = une conversion
;ADIF 0 car flag de fin
;ADIE 1 autorise les interuption
;APS2 1 1 facteur de division 128 nous devons realiser une
    mesure entre
;50khz et 200khz etant a 8MHz si on divise par 128
    ->62.5khz soit compris
;entre 50 et 200
RETI

IRQ_CONVERSION:    ;quand la distance a ete convertie en
    valeur numerique
mesure <- ADCH
si CptMesure == 0 alors saut cpt0 ;la premiere mesure de
    vitesse
si CptMesure == 1 alors saut cpt1 ;2 eme mesure de vitesse

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

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

;flash -----

distflash:          ;si la vitesse est superieur on
    attends que la distance au radar soit inferieur a 30m

posflash<-pos2
ADCSRA<-0b11101111    ;on active la mesure en continue

condition:

```

```

si posflash<76 alors saut port_serie ;76 en analogique
    soit 255/100*30 pour avoir les 30m

Adcloop:
si ADCSRA & 0x10 != 0x10 saut Adcloop ; si la conversion
    est fini
posflash<-ADCH
jmp condition

;liaison serie
-----

portSerie:
USCROA <- 0x00          ;desactive la mesure en continue
PORTA<-0x80            ;flash
CptEmission <- 0
mesure<- Pos2-Pos1

imprime:
si ( USCROA&0x20 != 0x20) alors saut imprime ;si le buffer
    et pres a envoyer

envoie:
si CptEmission== 0 alors saut unit
si CptEmission== 1 alors saut diz
si CptEmission==2 alors saut cent

unit:
unite<- (mesure%100)*3.6    ;le compilateur ne prend pas
    en compte les virgules flottantes
UDR0<- unite%10
retenu<- mesure/10          ;retenu car peut etre sup a 9
CptMesure<-1
jmp imprime

dizaine:

unite<- ((mesure/10)%10)*3.6 + retenu
UDR0<- unite%10
retenu<- mesure/10
CptMesure<-2
jmp imprime

```

```

cent:
unite <- (mesure/100)*3.6 + retenu
UDR0 <- unite%10
retenu <- mesure/10
CptMesure<-0
RETI

;clavier
-----

;on considere un clavier comme en TP avec *=C #=C
;clavier

IRQ_Clavier: ;si contact entre les pin

init_clavier:
i<-0
changeVitesse<-1

parcours_clavier: ;on parcourt le clavier jusqu a trouver
    le bon
PORTA@IO<-codeClavier@ROM[i]
touche <- PINA@IO
si (touche == 0x44 ) alors saut REINITclavier ;C
si (touche == 0x42 ) alors saut VALIDEclavier ;V
si (touche == PORTA@IO)&&(CptAff!=3) alors saut sauvTouche
;sinon on incremente i
i <- i + 1
JMP parcours_clavier

;partie pour l afficheur

sauvTouche: ;sauvegarde de la touche
NBtouche<- i
si CptAff==0 alors NBu<-NBtouche
si CptAff==1 alors NBd<-NBtouche
si CptAff==2 alors NBc<-NBtouche
CptAff<-CptAff+1
RETI

VALIDEclavier:
BuffVitesseLimite<-NBu

```

```

BuffVitesseLimite<-BuffVitesseLimite+(NBd*10)
BuffVitesseLimite<-BuffVitesseLimite+(NBc*100)
si BuffVitesseLimite>918 alors BuffVitesseLimite<-918
VitesseLimite<-BuffVitesseLimite/3.6

REINITclavier:
CptAff<-0
NBtouche<-0
NBu<-0
NBd<-0
NBc<-0
BuffVitesseLimite<-0
changeVitesse<-0
RETI

```

5.2 Recherche de la limite

```

initial_dist = 100
flash_dist = 30
increment = 0.1
timeDelta = 0.5

matches = []

while speed < 500/3.6 :
    steps = [initial_dist]
    pos = initial_dist
    while pos > 0:
        pos -= 2*speed*timeDelta
        if pos < 30 and pos > 0 :
            speed += increment
            pos = -1
            continue
        steps.append(pos)
        if pos < 0 :
            matches.append((speed, steps))
            speed += increment

vitesse = [match[0]*3.6 for match in matches]

```
