

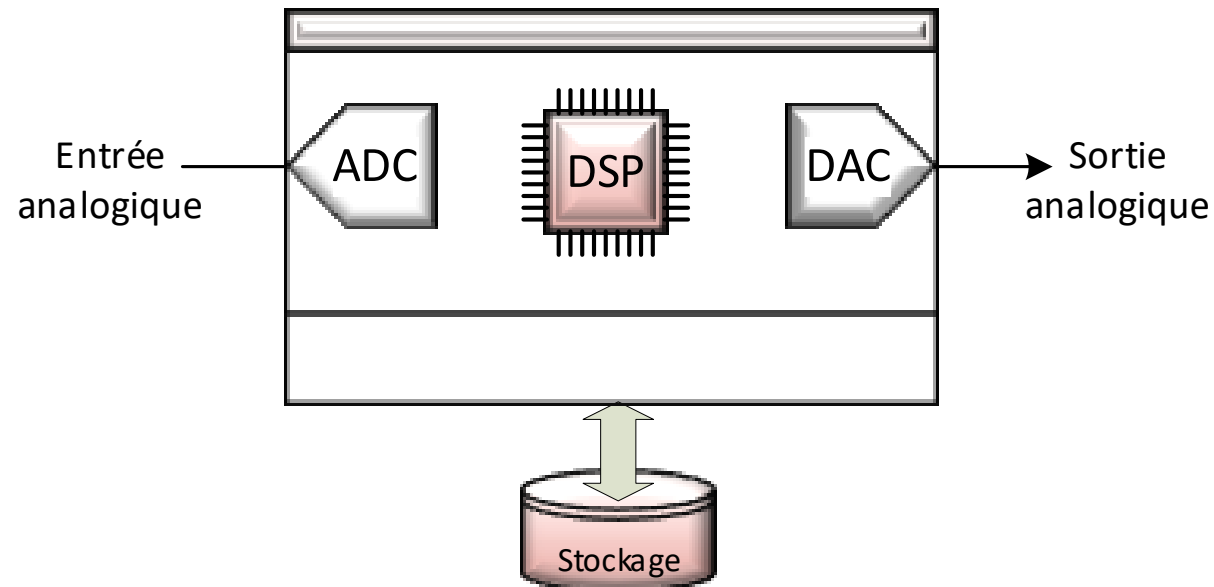
# Cours PIC18F4520

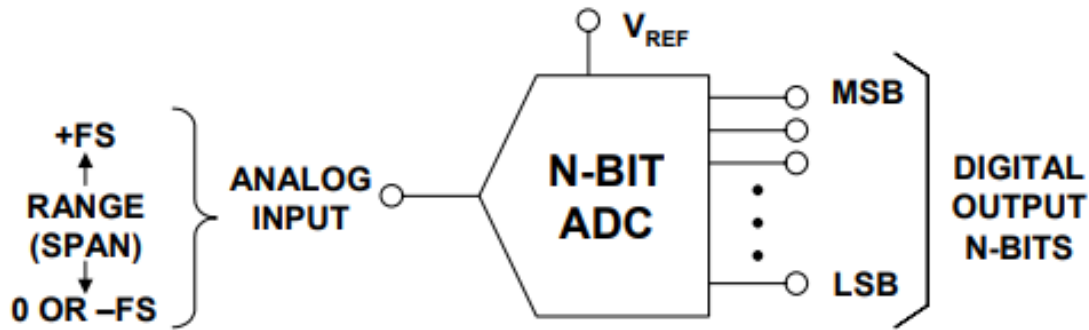
## Convertisseur Analogique – Numérique (ADC)

# Introduction

Le convertisseur analogiques-numérique (ADC) convertit des grandeurs analogiques, qui caractérisent la plupart des phénomènes physiques, en équivalent numérique. Il est utilisé dans le traitement de l'information : l'informatique, la transmission de données et les systèmes de contrôle.

Le convertisseur numérique-analogique (DAC) est utilisé pour transformer les données transmises ou stockées, ou les résultats du traitement numérique, vers des variables "réelles" pour le contrôle, ou un traitement analogique supplémentaire.





*FS : Full Scale (Pleine Echelle)*

**Quantification :** Associer une valeur analogique à la plus petite variation mesurable entre deux valeurs numériques successifs. Cette valeur est appelée **pas de quantification** ou **Quantum**, noté souvent « **q** »

*Soit D : la valeur numérique*

$$D = D_{N-1} \dots D_0$$

$$D = \frac{2^N - 1}{V_{ref+} - V_{ref-}} (V_{in} - V_{ref-})$$

$$q = \frac{V_{ref+} - V_{ref-}}{2^N}$$

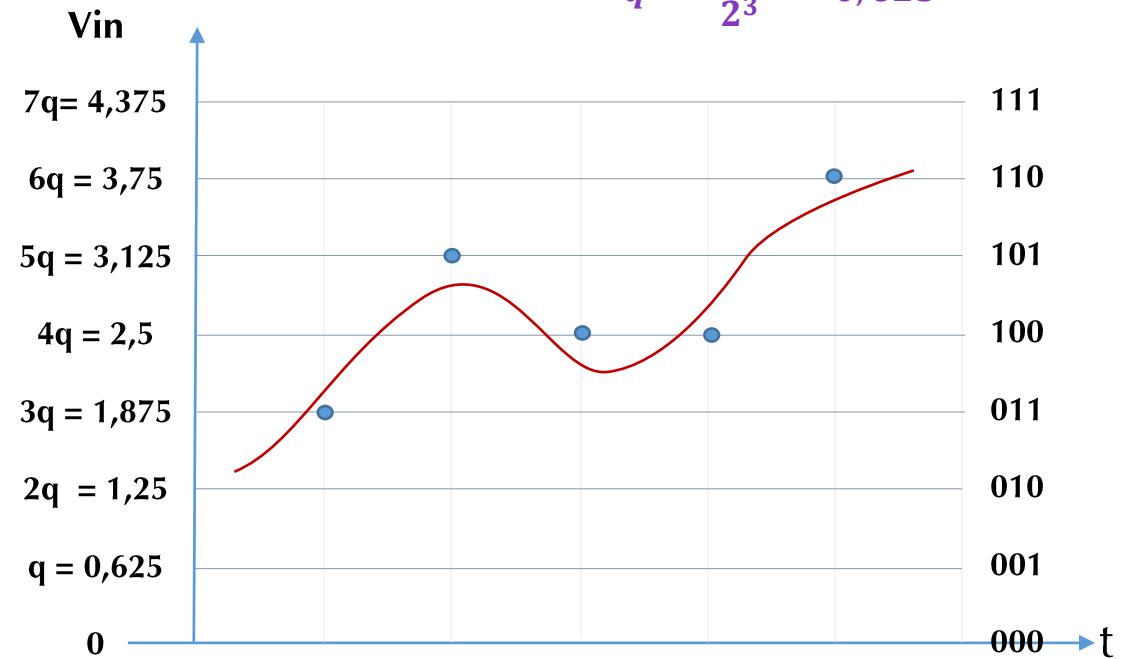
*Pour :*

$$FS : V_{ref+} = V_{DD} = 5V$$

$$-FS : V_{ref-} = V_{SS} = 0V$$

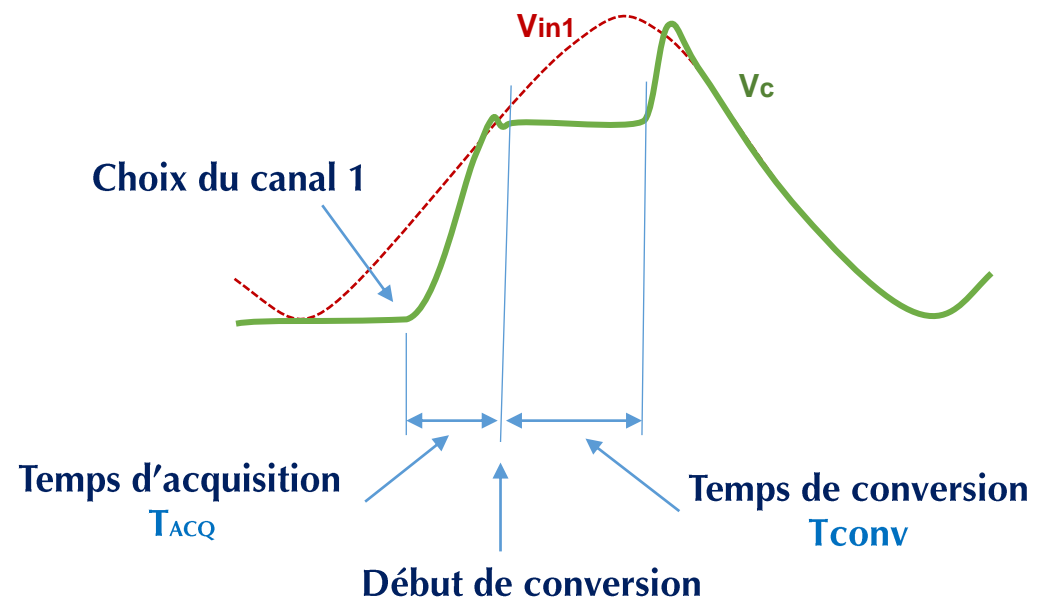
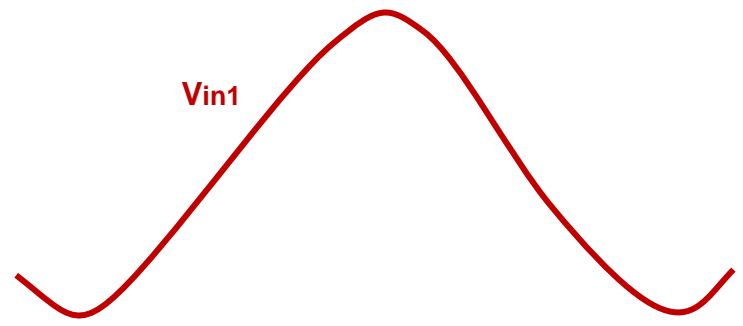
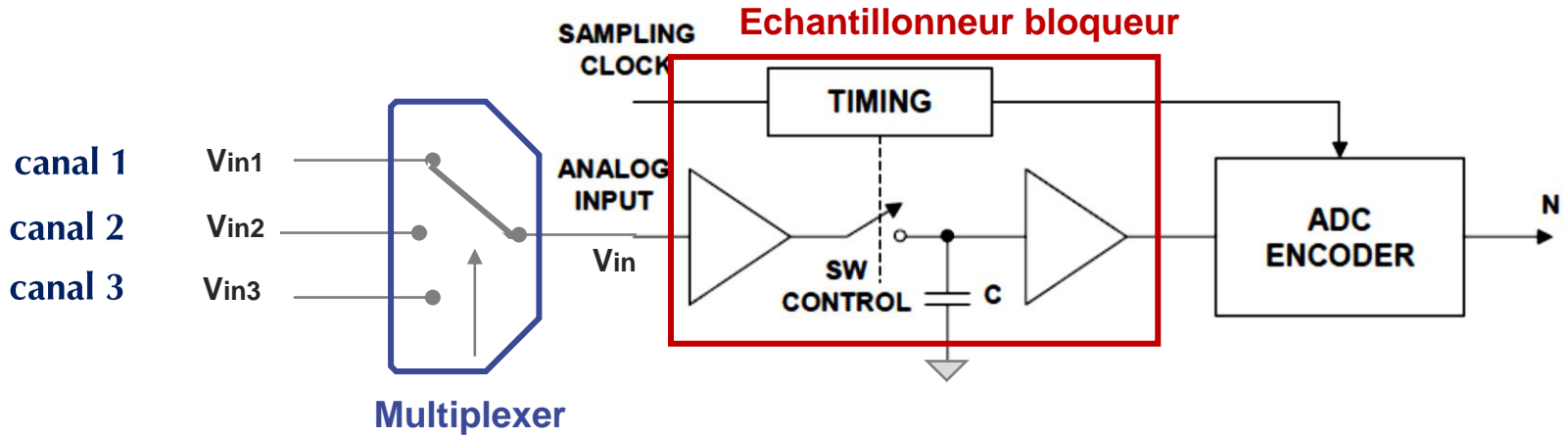
$$N = 3$$

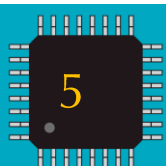
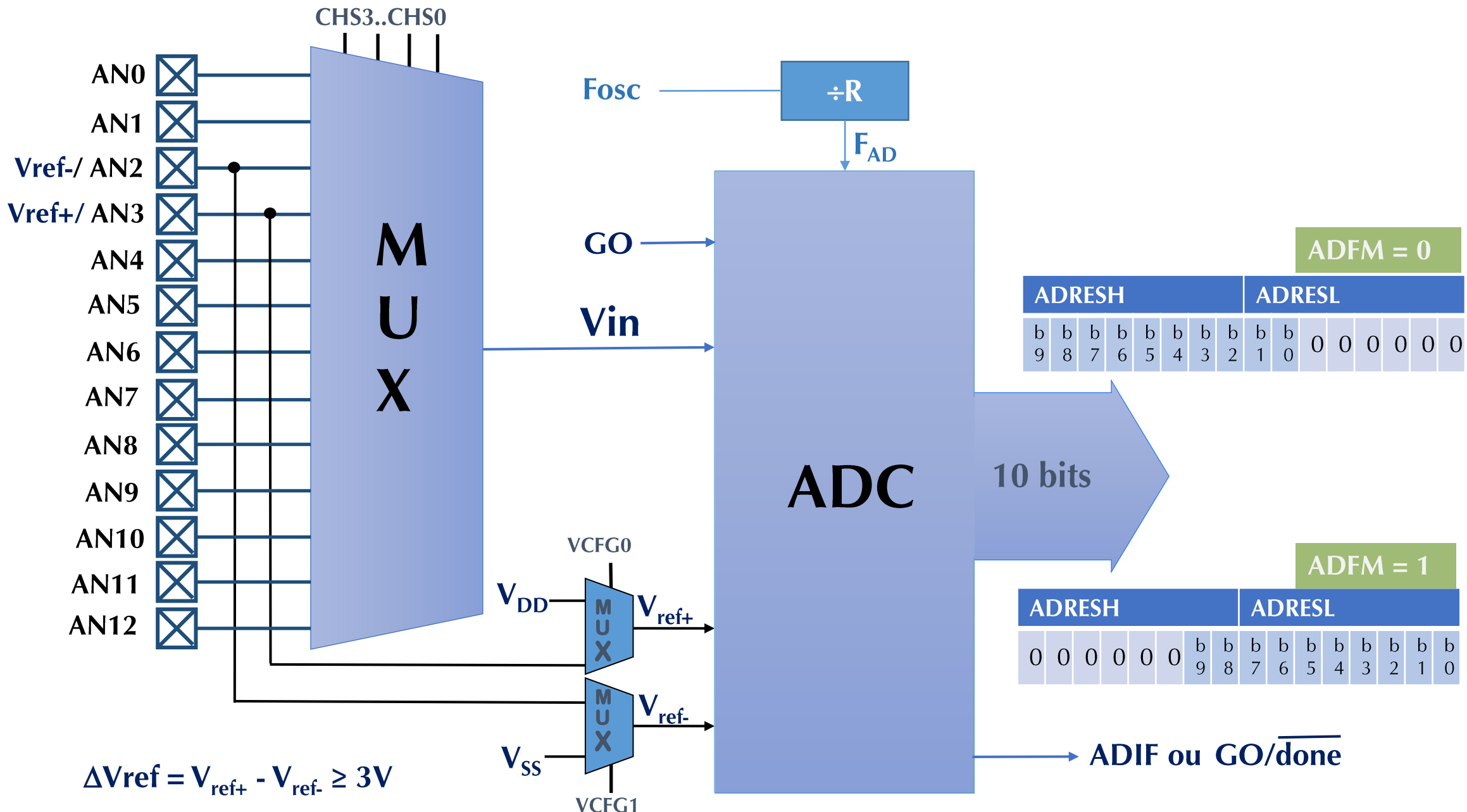
$$q = \frac{5 - 0}{2^3} = 0,625$$



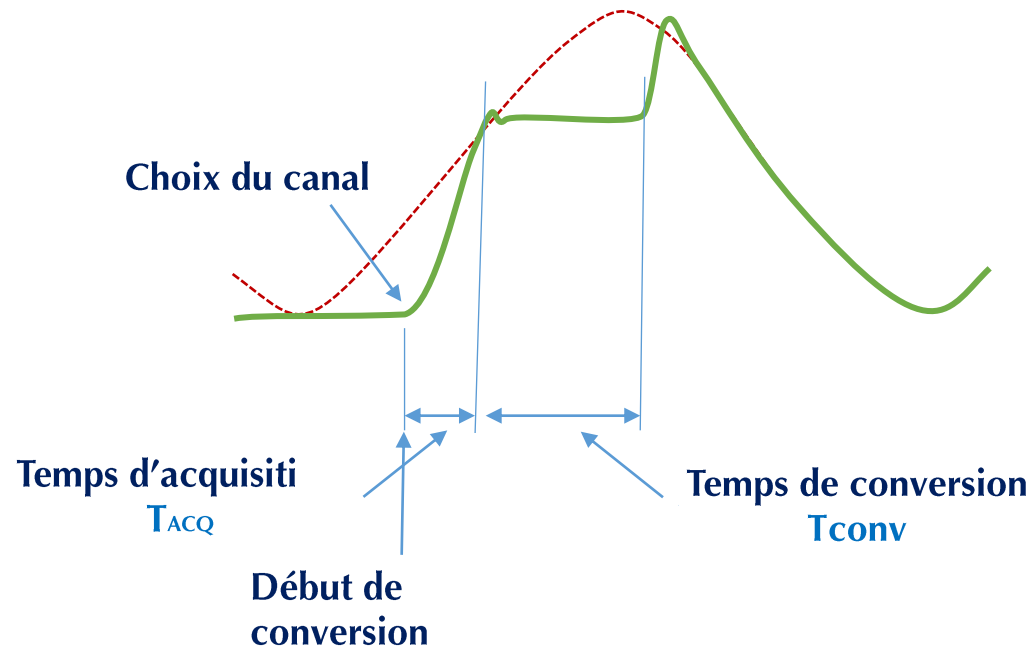
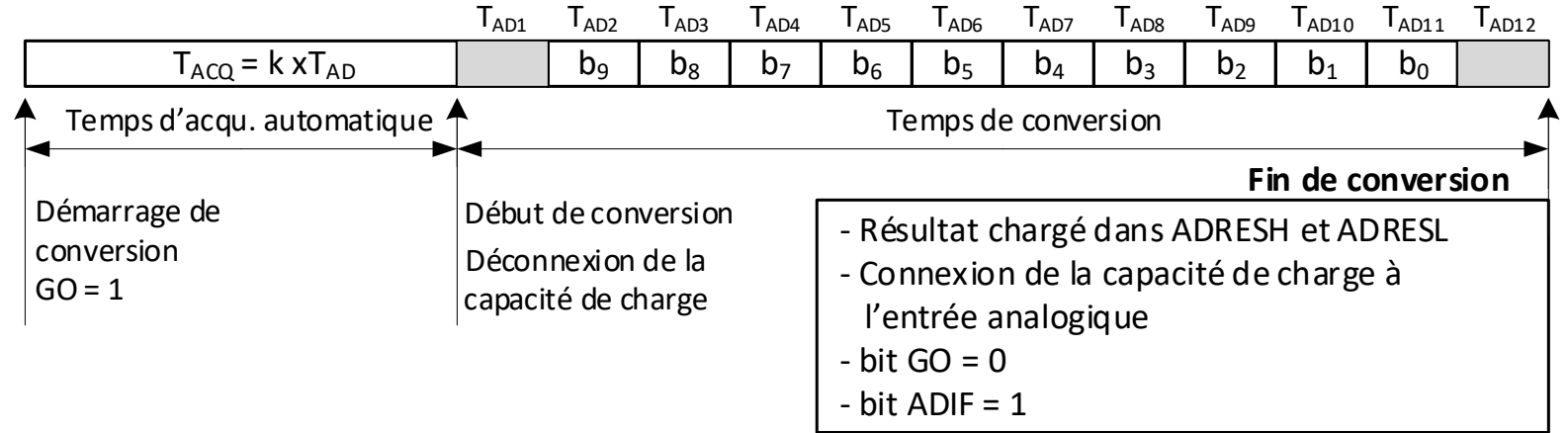
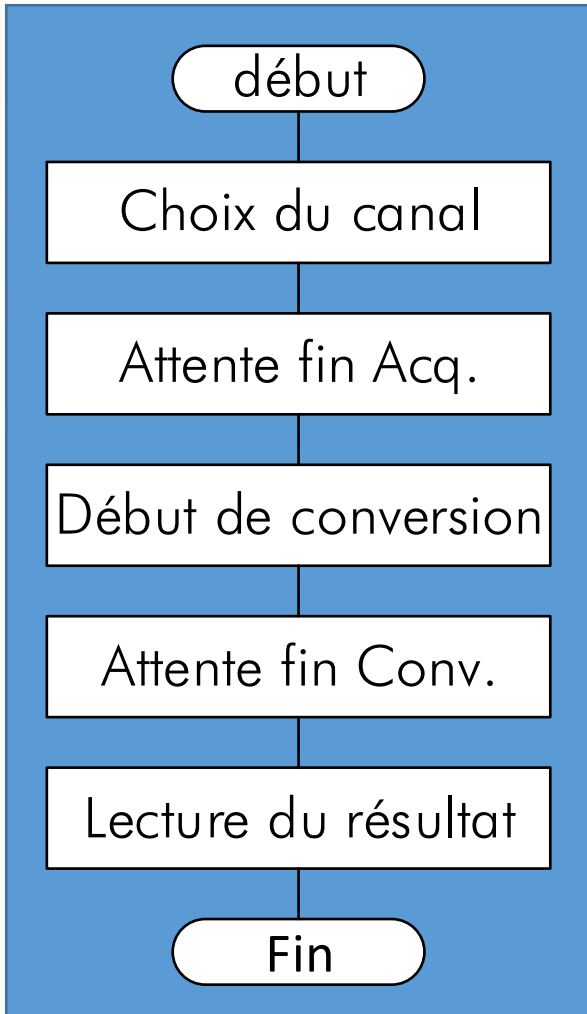
*q : correspondant analogique de 1 LSB*

# Echantillonneur bloqueur

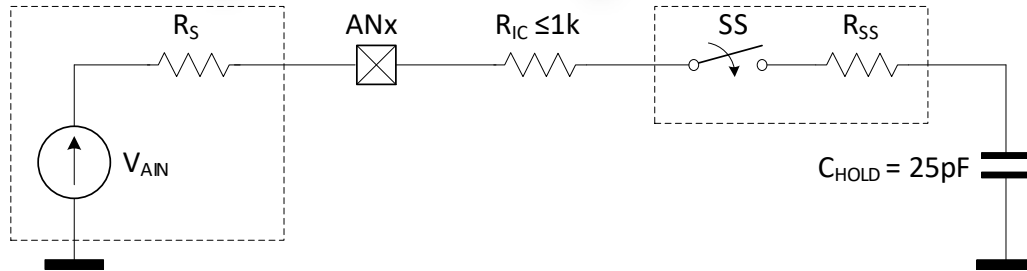




# Cycle de conversion



# Temps d'acquisition



$R_{IC}$  : Résistance d'interconnexion  
 $SS$  : Commutateur d'échantillonnage  
 $R_{SS}$  : Résistance du commutateur d'échantillonnage  
 $C_{HOLD}$  : Capacité d'échantillonnage blocage

$$T_{ACQ} = T_{AMP} + T_C + T_{COFF}$$

$T_{AMP}$  : temps de stabilisation de l'amplificateur,

$T_C$  : temps de charge du condensateur,

$T_{COFF}$  : temps qui dépend du coefficient de température,

D'après le document constructeur :

$$T_{AMP} = 0,2\mu s$$

$$T_{COFF} = (Temp - 25^\circ C)(0.02 \mu s/^\circ C), \text{ pour } Temp = 85^\circ C, T_{COFF} = 1,2\mu s$$

$$T_C = (R_{IC} + R_{SS} + R_S)C_{HOLD} \ln(2047) \quad R_{IC} \leq 1k\Omega \quad R_{SS} = -V_{DD} + 7 \quad R_S \leq 2,5k\Omega$$

$$T_C = (1 + 2 + 2,5)10^3 \times 25 \cdot 10^{-12} \ln(2047) = 1,05\mu s$$

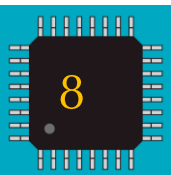
$$T_{ACQ} = 0,2 + 1,2 + 1,05 = 2,4\mu s$$

# Registres

## ADCON0

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
-	-	CHS3	CHS2	CHS1	CHS0	$G0/\overline{DONE}$	ADON
b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0

CHS3	CHS2	CHS1	CHS0	Canal	Broche
0	0	0	0	0	<b>RA0/AN0</b>
0	0	0	1	1	<b>RA1/AN1</b>
0	0	1	0	2	<b>RA2/AN2</b>
0	0	1	1	3	<b>RA3/AN3</b>
0	1	0	0	4	<b>RA5/AN4</b>
0	1	0	1	5	<b>RE0/AN5</b>
0	1	1	0	6	<b>RE1/AN6</b>
0	1	1	1	7	<b>RE2/AN7</b>
1	0	0	0	8	<b>RB2/AN8</b>
1	0	0	1	9	<b>RB3/AN9</b>
1	0	1	0	10	<b>RB1/AN10</b>
1	0	1	1	11	<b>RB4/AN11</b>
1	1	0	0	12	<b>RB0/AN12</b>



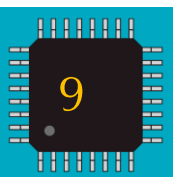
# Registres

## ADCON1

U - 0	U - 0	R/W - 0	R/W - 0	R/W - 0	R/W-q <sup>(1)</sup>	R/W-q <sup>(1)</sup>	R/W-q <sup>(1)</sup>
-	-	VCFG1	VCFG0	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0

PCFG 3 .. 0	AN12 RB0	AN11 RB4	AN10 RB1	AN9 RB3	AN8 RB2	AN7 RE2	AN6 RE1	AN5 RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0
0010	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0011	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0100	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0101	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0110	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0111	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A
1000	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A
1001	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A
1010	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A
1011	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A
1100	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A
1101	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A
1110	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A
1111	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

<b>VCFG1 = 1</b>	<b>VCFG1 = 0</b>	<b>VCFG0 = 1</b>	<b>VCFG0 = 0</b>
Vref- = AN2	Vref- = V <sub>SS</sub>	Vref+ = AN3	Vref+ = VDD



# Horloge du convertisseur $T_{AD}$

## ADCON2

R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
<b>ADFM</b>	-	<b>ACQT2</b>	<b>ACQT1</b>	<b>ACQT0</b>	<b>ADCS2</b>	<b>ADCS1</b>	<b>ADCS0</b>
b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0

Donnée du constructeur :  $T_{AD} \geq 0,7\mu s$  ( $T_{ADmin} = 0,7\mu s$ )

ADCS2	ADCS1	ADCS0	Période d'horloge $T_{AD}$	Fréquence Maximale
0	0	0	$2 T_{OSC}$	2,86 Mhz
1	0	0	$4 T_{OSC}$	5,71 Mhz
0	0	1	$8 T_{OSC}$	11,43 Mhz
1	0	1	$16 T_{OSC}$	22,86 Mhz
0	1	0	$32 T_{OSC}$	40 Mhz
1	1	0	$64 T_{OSC}$	40 Mhz
x	1	1	$1,2\mu s$	RC

$$F_{osc} = 8MHz$$

$$ADCS < 2:0 > = 001$$

$$T_{AD} = 8T_{osc} = \frac{8}{8 \cdot 10^6} = 1\mu s > 0,7\mu s$$

# Automatiser le temps d'acquisition

## ADCON2

R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	-	ACQT2	ACQT1	ACQT0	ADCS2	ADCS1	ADCS0
b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0

$$T_{ACQ} \geq 2,4 \mu s$$

$$T_{ACQ} = K * T_{AD}$$

Exp :  $F_{osc} = 8MHz \Rightarrow T_{AD} = 1 \mu s$

$$K \geq 2,4 \div 1 = 2,4$$

$$T_{ACQ} \geq 2,4 T_{AD}$$

ACQT2	ACQT1	ACQT0	Temps d'acquisition ( $T_{ACO}$ )
1	1	1	$20 T_{AD}$
1	1	0	$16 T_{AD}$
1	0	1	$12 T_{AD}$
1	0	0	$8 T_{AD}$
0	1	1	$6 T_{AD}$
0	1	0	$4 T_{AD}$
0	0	1	$2 T_{AD}$
0	0	0	$0 T_{AD}$

# Alignement du résultat de conversion

## ADCON2

R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	-	ACQT2	ACQT1	ACQT0	ADCS2	ADCS1	ADCS0
b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0

ADFM = 0

ADRESH								ADRESL							
b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	0	0	0	0	0	0
9	8	7	6	5	4	3	2	1	0						

Conversion sur 8 bits

```
unsigned char  ADC_Val;
ADC_Val = ADRESH;
```

ADFM = 1

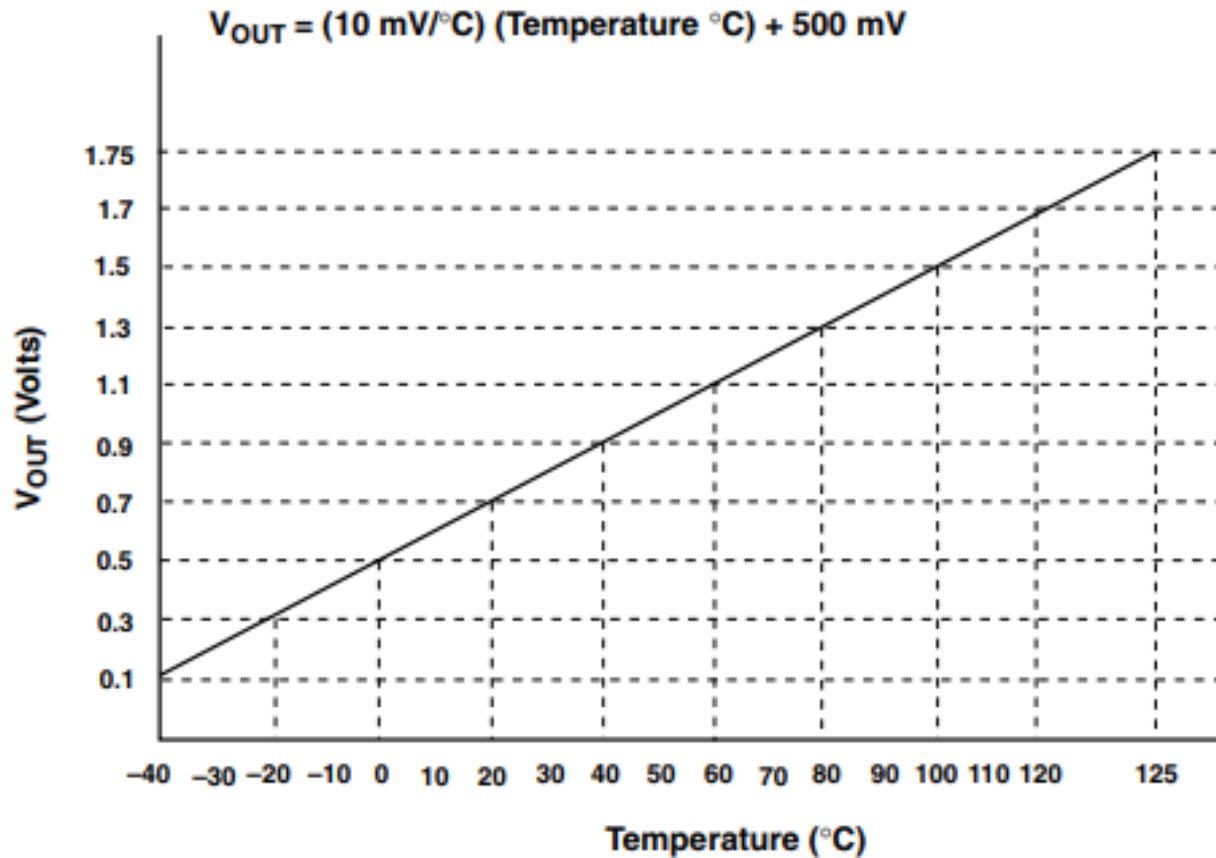
ADRESH						ADRESL												
0	0	0	0	0	0	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
						9	8	7	6	5	4	3	2	1	0			

Conversion sur 10 bits

```
int  ADC_Val;
ADC_Val = ADRESH*256 + ADRESL;
      ou bien
ADC_Val = ADRESH<<8 + ADRESL;
```

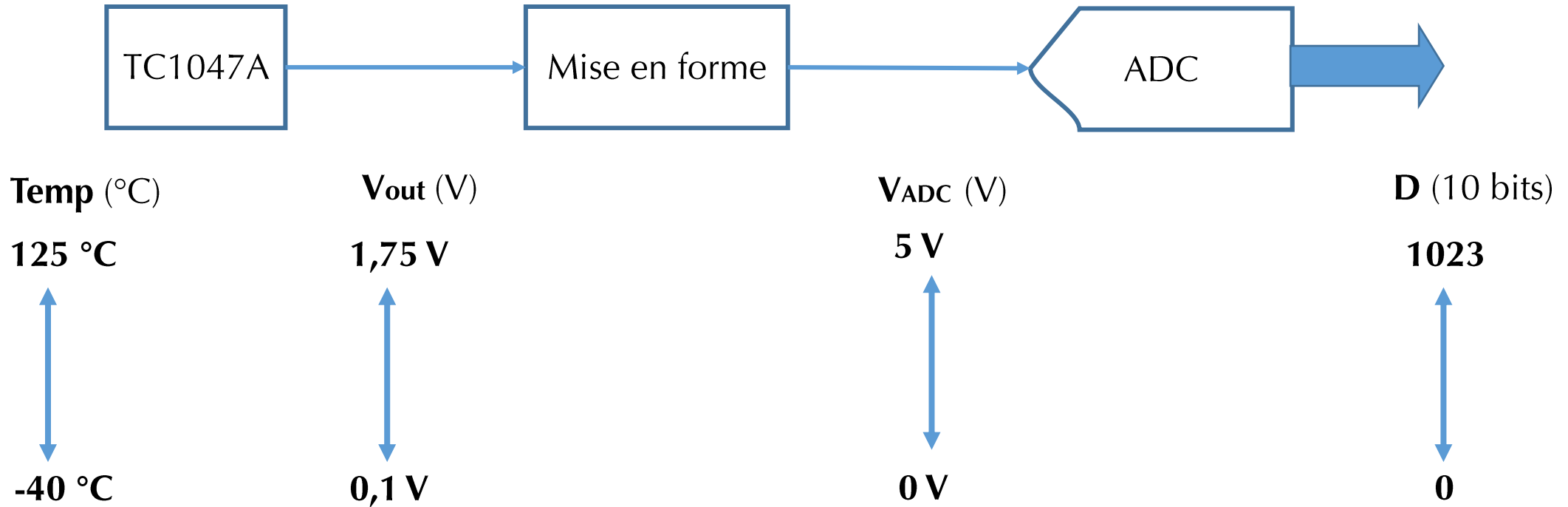
# Programmation

Réaliser un Thermomètre Electronique en utilisant le capteur TC1047A.

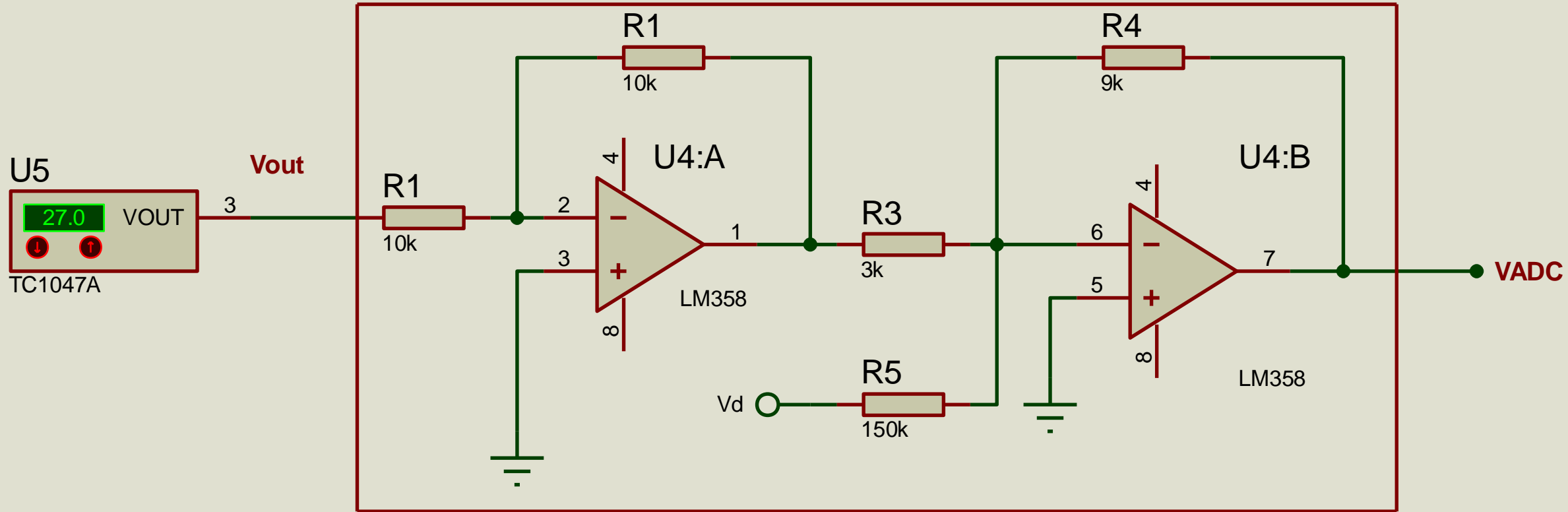


$$V_{out} = 10^{-2}\theta + 0,5$$

# Mise en échelle



# Circuit de mise en forme



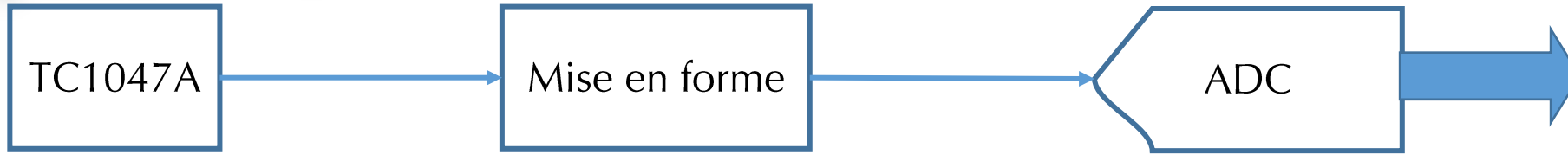
$$V_{ADC} = \frac{R4}{R3} V_{out} - \frac{R4}{R5} V_d$$

$$V_{ADC} = 3 V_{out} - 0,3$$

$$\begin{cases} V_{out} = 0,1V \Rightarrow V_{ADC} = 0V \\ V_{out} = 1,75V \Rightarrow V_{ADC} = 4,95V \end{cases}$$

Réf: PIC Microcontroller : An Introduction to Software and Hardware interfacing (Han-Way Huang)

# Equations



Temp (°C)	V <sub>out</sub> (V)	V <sub>ADC</sub> (V)	D(10 bits)
125 °C	1,75 V	5 V	1023
-40 °C	0,1 V	0 V	0

$$V_{out} = 10^{-2}\theta + 0,5$$

$$V_{ADC} = 3 V_{out} - 0,3$$

$$D = \frac{1023}{5} V_{ADC}$$

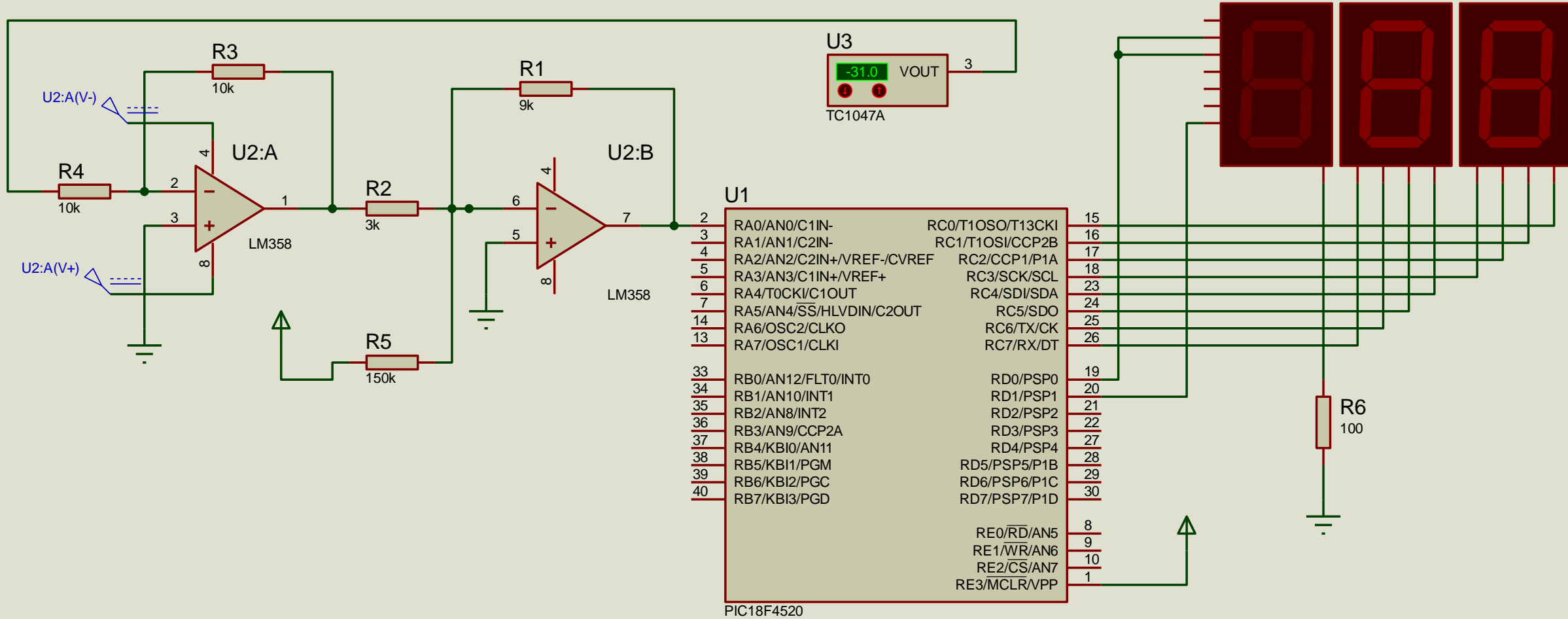
$$\theta = 100V_{out} - 50$$

$$V_{out} = \frac{V_{ADC}}{3} + 0,1$$

$$V_{ADC} = \frac{5}{1023} D$$

$$\theta = 0,163 \times D - 40$$

# Schéma de simulation



# Programme

```
#include <xc.h>

#pragma config OSC = HS, WDT = OFF, LVP = OFF

#define _XTAL_FREQ 8000000

float fTemp, Coef = 0.163 ;

char Temp;

int ADC_Val;

void Init(void){

    ADCON1 = 0x0E;    // RA0 analogique
    ADCON0 = 0x01;    // Canal 0, ADON = 1
    ADCON2 = 0x91;    // ADCS = 001, ACQT = 010
    TRISC = 0;        // PORTC en sortie
    TRISD = 0;        // PORTD en sortie
}
}
```

```
int ReadADC(){
    GO = 1;
    while(GO == 1) continue;
    return ((ADRESH<<8)+ADRESL);
}

void BinToBCD(char Temp){
    char u, d, c;
    if(Temp > 215)
    { Temp = -Temp ;
      PORTD = 0x02;
    }
    else
    {   c = Temp / 100;
        PORTD = c;
    }
    u = Temp % 10;
    d = (Temp/10) %10;
    PORTC = (d<<4)|u;
}
}
```

# Programme (suite)

```
void main(void)
{
    Init();           //Initialisation
    while(1)
    {
        ADC_Val = ReadADC();
        fTemp = Coef*(float)ADC_Val - 40.0;
        Temp = (char)fTemp;
        BinToBCD(Temp);
        __delay_ms(500);
    }
    return;
}
```