

# Projet : asservissement numérique d'un oscillateur à quartz

É. Carry, J.-M Friedt

`jmfriedt@femto-st.fr`

transparents à `jmfriedt.free.fr`

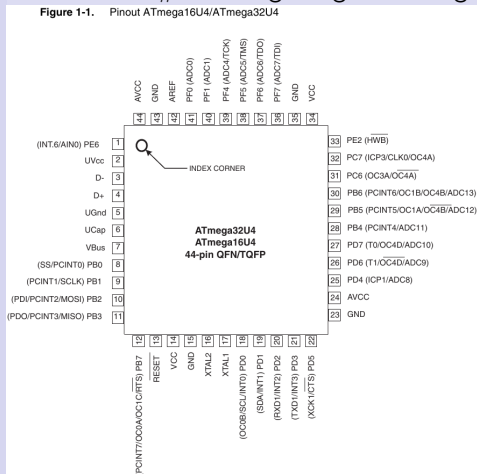
17 février 2021

- 1 Identifier les broches du microcontrôleur qu'il faut absolument connecter pour le faire fonctionner, en plus des alimentations et du résonateur à quartz.
- 2 Quels composants additionnels, en plus du microcontrôleur, sommes nous susceptibles d'utiliser ?
- 3 Comment gérer la tension d'alimentation du circuit – valeur moyenne et stabilité ?
- 4 Comment générer la tension de commande qui ajustera le condensateur de tirage de l'oscillateur ?
- 5 Quels périphériques du microcontrôleur seront nécessaires aux tâches de gestion du temps qui vont nous intéresser ?

Identifier les broches du microcontrôleur qu'il faut absolument connecter pour le faire fonctionner, en plus des alimentations et du résonateur à quartz.

Convention : # ou surligné signifie un signal actif *bas*.

Figure 1-1. Pinout ATmega16U4/ATmega32U4

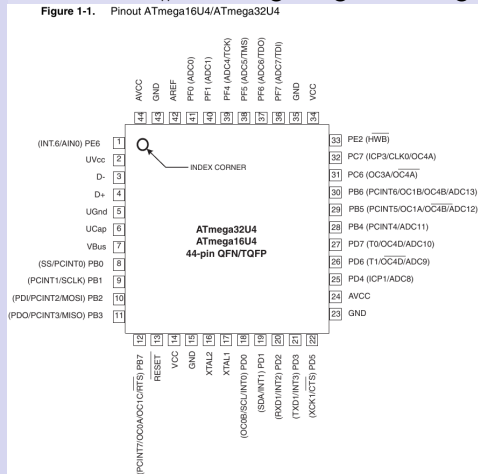


## Réponses ...

**Identifier les broches du microcontrôleur qu'il faut absolument connecter pour le faire fonctionner, en plus des alimentations et du résonateur à quartz.**

Convention : # ou surligné signifie un signal actif *bas*.

Figure 1-1. Pinout ATmega16U4/ATmega32U4



- Masse,
- alimentations avec condensateurs de découplage,

**Identifier les broches du microcontrôleur qu'il faut absolument connecter pour le faire fonctionner, en plus des alimentations et du résonateur à quartz.**

Convention : # ou surligné signifie un signal actif *bas*.

EQUIVALENT SERIES RESISTANCE		
Frequency Range (MHz)	Crystal Cut	ESR (ohms) Range
3.2-3.4	AT-Fund.	300
3.5-4.0	AT-Fund.	150
4.1-4.9	AT-Fund.	120
5.0-5.9	AT-Fund.	100
6.0-8.9	AT-Fund.	80
9.0-9.9	AT-Fund.	50
10.0-12.9	AT-Fund.	50
13.0-24.0	AT-Fund.	45
24.1-30.0	AT-Fund.	40
24.0-48.0	BT-Fund.	40
27.0-30.0	AT-3rd OT	150
30.0-50.0	AT-3rd OT	100
50.1-70.0	AT-3rd OT	80

PART NUMBER GENERATION	
Example: 12.000MHz	49USMX/30/50/-20+70/18pF/ATF
Nominal Frequency	12.000MHz
Package (height variants):	49USMX (4.2mm) 49USMXL (3.2mm) 49USMXL2S (2.5mm)
Calibration tolerance at 25°C (±ppm)	30
Temperature Stability over temp. range (±ppm)	50
Operating Temp. Range (°C) (Lower and upper limits)	-20+70
Load Capacitance (Either SR for series or CL in pF)	18pF
Crystal Mode	ATF = AT-cut Fundamental BTF = BT-cut Fundamental AT3 = AT-cut 3rd Overtone

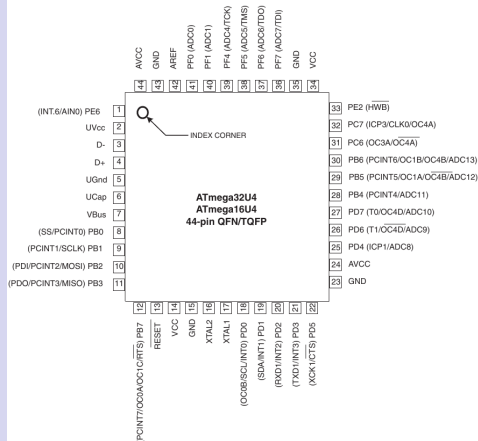
- Masse,
- alimentations avec condensateurs de découplage,
- résonateur à quartz avec ses condensateurs pour vérifier la condition de phase+coupure DC,

## Réponses ...

**Identifier les broches du microcontrôleur qu'il faut absolument connecter pour le faire fonctionner, en plus des alimentations et du résonateur à quartz.**

Convention : # ou surligné signifie un signal actif *bas*.

Figure 1-1. Pinout ATmega16U4/ATmega32U4

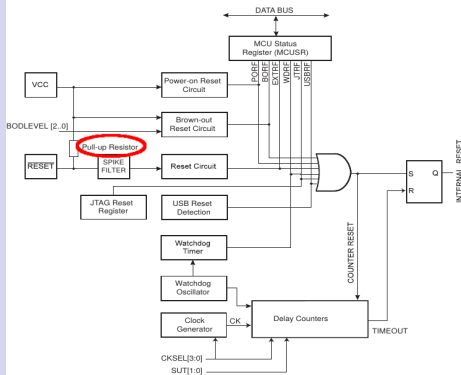


- Masse,
- alimentations avec condensateurs de découplage,
- résonateur à quartz avec ses condensateurs pour vérifier la condition de phase+coupure DC,
- découplage de la référence interne de tension, AREF,

**Identifier les broches du microcontrôleur qu'il faut absolument connecter pour le faire fonctionner, en plus des alimentations et du résonateur à quartz.**

Convention : # ou surligné signifie un signal actif *bas*.

Reset Logic



- Masse,
- alimentations avec condensateurs de découplage,
- résonateur à quartz avec ses condensateurs pour vérifier la condition de phase+coupure DC,
- découplage de la référence interne de tension, AREF,
- RESET#,

## Réponses ...

**Identifier les broches du microcontrôleur qu'il faut absolument connecter pour le faire fonctionner, en plus des alimentations et du résonateur à quartz.**

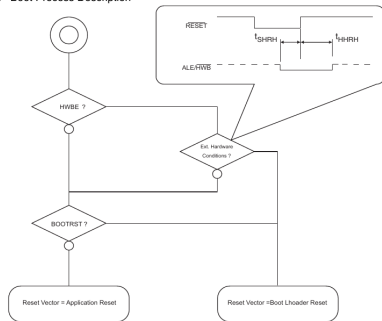
Convention : # ou surligné signifie un signal actif *bas*.

HWBE	Reset Address
1	ALE/HWB pin can not be used to force Boot Loader execution after reset
0	ALE/HWB pin is used during reset to force bootloader execution after reset

Note: 1. "1" means unprogrammed, "0" means programmed

When the HWBE fuse is enable the ALE/HWB pin is configured as input during reset and sampled during reset rising edge. When ALE/HWB pin is '0' during reset rising edge, the reset vector will be set as the Boot Loader Reset address and the Boot Loader will be executed (See Figures 27-3).

Figure 27-3. Boot Process Description



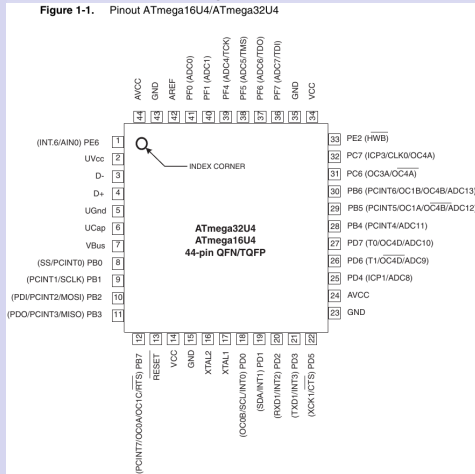
- Masse,
- alimentations avec condensateurs de découplage,
- résonateur à quartz avec ses condensateurs pour vérifier la condition de phase+coupure DC,
- découplage de la référence interne de tension, AREF,
- RESET #,
- broche de programmation HWB#.



## Réponses ...

**Identifier les broches du microcontrôleur qu'il faut absolument connecter pour le faire fonctionner, en plus des alimentations et du résonateur à quartz.**

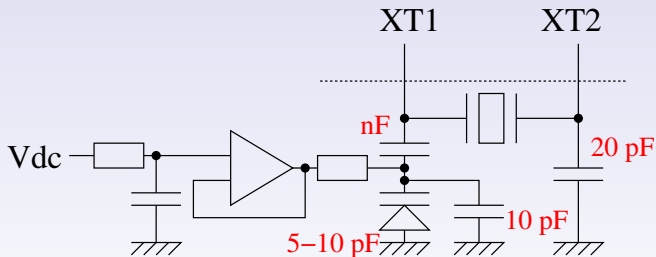
Figure 1-1. Pinout ATmega16U4/ATmega32U4



- Masse,
- alimentations avec condensateurs de découplage,
- résonateur à quartz avec ses condensateurs pour vérifier la condition de phase+coupure DC,
- découplage de la référence interne de tension, AREF,
- RESET#,
- broche de programmation HWB#.

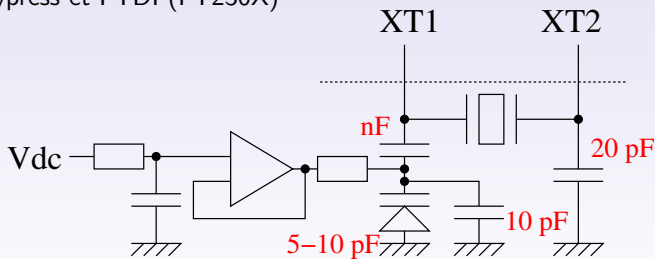
## Quels composants additionnels, en plus du microcontrôleur, sommes nous susceptibles d'utiliser ?

- commande de diode (varicap) : amplificateur opérationnel (attention à l'alimentation ! *single supply* ou *rail to rail*)



### Quels composants additionnels, en plus du microcontrôleur, sommes nous susceptibles d'utiliser ?

- commande de diode (varicap) : amplificateur opérationnel (attention à l'alimentation ! *single supply* ou *rail to rail*)
- conception de filtre passe-bas avec amplificateur-opérationnel
- USB est complexe (bibliothèque LUFA<sup>1</sup>)  $\Rightarrow$  privilégier RS232
- RS232 n'existe quasi plus sur PC  $\Rightarrow$  convertisseur RS232-USB : Cypress et FTDI (FT230X)



1. <http://www.fourwalledcubicle.com/LUFA.php>

## Réponses ...

**Comment gérer la tension d'alimentation du circuit – valeur moyenne et stabilité ?**

## Comment gérer la tension d'alimentation du circuit – valeur moyenne et stabilité ?

- le microcontrôleur supporte une alimentation en 5 V, USB fournit  $5 \pm 0,25$  V, donc adéquation
- courant maximum : USB=500 mA ( $I_{CPU} \leq 30$  mA)
- transmission de données numériques sur USB : attention au découplage

### 29.1 Absolute Maximum Ratings\*

Operating Temperature .....	-40°C to +85°C
Storage Temperature .....	-65°C to +150°C
Voltage on any Pin except $\overline{\text{RESET}}$ and VBUS with respect to Ground <sup>(5)</sup> .....	-0.5V to $V_{CC}+0.5V$
Voltage on $\overline{\text{RESET}}$ with respect to Ground.....	-0.5V to +13.0V
Voltage on VBUS with respect to Ground.....	-0.5V to +6.0V
Maximum Operating Voltage .....	6.0V
DC Current per I/O Pin .....	40.0 mA
DC Current $V_{CC}$ and GND Pins.....	200.0 mA

\*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

### 29.2 DC Characteristics

$T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 2.7\text{V}$  to  $5.5\text{V}$  (unless otherwise noted)

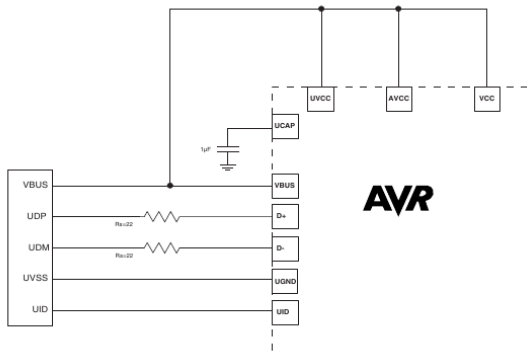
Symbol	Parameter	Condition	Min. <sup>(5)</sup>	Typ.	Max. <sup>(5)</sup>	Units
$V_{IL}$	Input Low Voltage, Except XTAL1 and Reset pin	$V_{CC} = 2.7\text{V} - 5.5\text{V}$	-0.5		$0.2V_{CC}$ $0.1V^{(1)}$ (LVTTL)	V

## Réponses ...

### Comment gérer la tension d'alimentation du circuit – valeur moyenne et stabilité ?

- le microcontrôleur supporte une alimentation en 5 V, USB fournit  $5 \pm 0,25$  V, donc adéquation
- courant maximum : USB=500 mA ( $I_{CPU} \leq 30$  mA)
- transmission de données numériques sur USB : attention au découplage

**Figure 21-3.** Typical Bus powered application with 5V I/O

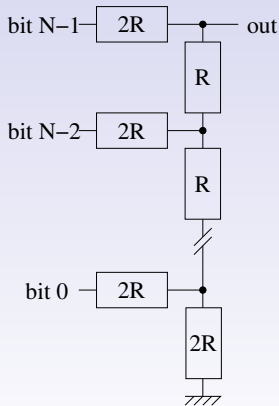


**Comment générer la tension de commande qui ajustera le condensateur de tirage de l'oscillateur ?**

- ① DAC

**Comment générer la tension de commande qui ajustera le condensateur de tirage de l'oscillateur ?**

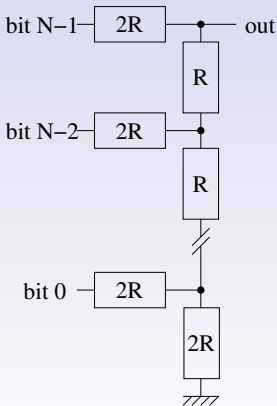
- 1 DAC
- 2  $R = R_0 \cdot 2^N$
- 3  $R-2R$





## Comment générer la tension de commande qui ajustera le condensateur de tirage de l'oscillateur ?

- 1 DAC
- 2  $R = R_0 \cdot 2^N$
- 3  $R = 2R$
- 4 **PWM et passe-bas** : *timer* avec période constante et rapport cyclique variable – nécessité de concevoir un filtre passe-bas (compromis entre temps de réponse et lissage)



## Réponses ...

**Quels périphériques du microcontrôleur seront nécessaires aux tâches de gestion du temps qui vont nous intéresser ?**

## Quels périphériques du microcontrôleur seront nécessaires aux tâches de gestion du temps qui vont nous intéresser ?

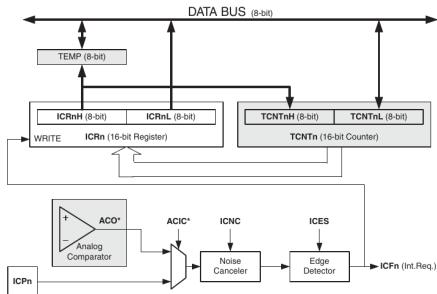
- mesure de la fréquence du quartz entre deux fronts montants du 1 PPS
- fonction *input capture*
- résolution : Timers 1 et 3 sur 16 bits

### Input Capture Unit

The Timer/Counter incorporates an input capture unit that can capture external events and give them a time-stamp indicating time of occurrence. The external signal indicating an event, or multiple events, can be applied via the ICPn pin or alternatively, for the Timer/Counter1 only, via the Analog Comparator unit. The time-stamps can then be used to calculate frequency, duty-cycle, and other features of the signal applied. Alternatively the time-stamps can be used for creating a log of the events.

The Input Capture unit is illustrated by the block diagram shown in Figure 14-3. The elements of the block diagram that are not directly a part of the input capture unit are gray shaded. The small "n" in register and bit names indicates the Timer/Counter number.

Figure 14-3. Input Capture Unit Block Diagram



## Réponses ...

### Quels périphériques du microcontrôleur seront nécessaires aux tâches de gestion du temps qui vont nous intéresser ?

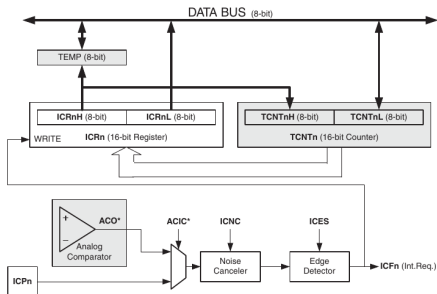
- mesure de la fréquence du quartz entre deux fronts montants du 1 PPS
- fonction *input capture*
- résolution : Timers 1 et 3 sur 16 bits (PD4/ICP1)
- second timer pour la PWM : prendre soin à router le signal de commande sur la **broche adéquate**

#### Input Capture Unit

The Timer/Counter incorporates an input capture unit that can capture external events and give them a time-stamp indicating time of occurrence. The external signal indicating an event, or multiple events, can be applied via the ICPn pin or alternatively, for the Timer/Counter1 only, via the Analog Comparator unit. The time-stamps can then be used to calculate frequency, duty-cycle, and other features of the signal applied. Alternatively the time-stamps can be used for creating a log of the events.

The Input Capture unit is illustrated by the block diagram shown in [Figure 14-3](#). The elements of the block diagram that are not directly a part of the input capture unit are gray shaded. The small "n" in register and bit names indicates the Timer/Counter number.

Figure 14-3. Input Capture Unit Block Diagram



Ayant identifié les composants nécessaires, il nous reste à

- 1 identifier leur boîtier/empreinte
- 2 les placer sur un schéma pour relier leurs fonctions logiques
- 3 router les pistes pour générer un circuit
- 4 établir une liste de fournitures (référence, coût)

→ démonstration du fonctionnement de Kicad<sup>2</sup> pour créer le schéma et circuit d'un montage à amplificateur opérationnel

→ ajout de composants dans une bibliothèque locale

Pour s'assurer de ne rien oublier, s'inspirer de

[https://www.olimex.com/Products/Duino/AVR/OLIMEXINO-32U4/resources/OLIMEXINO-32U4\\_brd\\_sch\\_A3.zip](https://www.olimex.com/Products/Duino/AVR/OLIMEXINO-32U4/resources/OLIMEXINO-32U4_brd_sch_A3.zip)

---

2. <http://kicad.org/>