
Montages électroniques de base

Contact

Nom : Pascal Harmeling
Bureau : S.136
Téléphone : 04.366.26.73
Email : pascal.harmeling@ulg.ac.be

Montages électroniques de base

- 1 Différences entre CPLD, FPGA - μ P - DSP
- 2 L'alimentation du microcontrôleur
- 3 L'horloge
- 4 Les entrées
- 5 Les sorties
- 6 Les bus de communication
- 7 Lexique

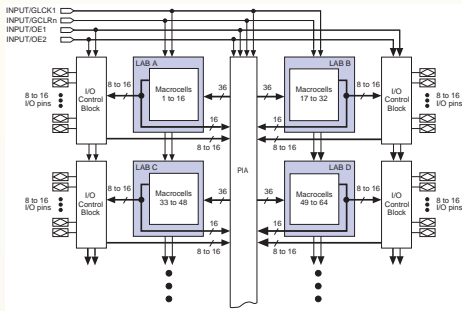
Différences entre CPLD, FPGA - μ P - DSP

Différences entre CPLD, FPGA - μ P - DSP

CPLD, FPGA (complex programmable logic device - field-programmable gate array).

Flexibilité, propriété intellectuelle, grande production : ASIC.

- ▶ structure logique : différente pour chaque fabricant.
- ▶ Fréquence de fonctionnement : GHz.
- ▶ Langage de programmation : VHDL, Verilog.
- ▶ Programmation : EEPROM ext., JTAG.



Différences entre CPLD, FPGA - μ P - DSP

CPLD, FPGA (complex programmable logic device - field-programmable gate array).

Flexibilité, propriété intellectuelle, grande production : ASIC.

μ P (microprocesseur et microcontrôleur).

utilisation pour tout type d'application, mise en oeuvre rapide.

- ▶ coeur : ARM, MIPS, autre...
- ▶ Fréquence de fonctionnement : MHz...GHz.
- ▶ Langage de programmation : Assembler, C, C++
- ▶ Programmation : ICD, JTAG, propriétaire .

Différences entre CPLD, FPGA - μ P - DSP

CPLD, FPGA (complex programmable logic device - field-programmable gate array).

Flexibilité, propriété intellectuelle, grande production : ASIC.

μ P (microprocesseur et microcontrôleur).

utilisation pour tout type d'application, mise en oeuvre rapide.

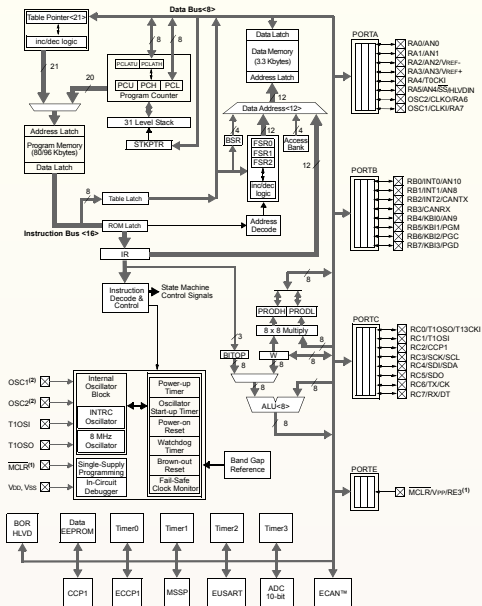
DSP (Digital Signal Processor).

Instruction MAC (multiply and accumulate)
$$X_n = \sum_{i=0}^{n-1} A_i X_i$$

- ▶ coeur : différent pour chaque fabricant.
- ▶ Fréquence de fonctionnement : MHz...GHz.
- ▶ Langage de programmation : Assembler, C, C++
- ▶ Programmation : ICD, JTAG, propriétaire.

Différences entre CPLD, FPGA - μ P - DSP

Microchip 18F4685



L'alimentation du microcontrôleur

L'alimentation du microcontrôleur

Alimentation avec convertisseur AC/DC

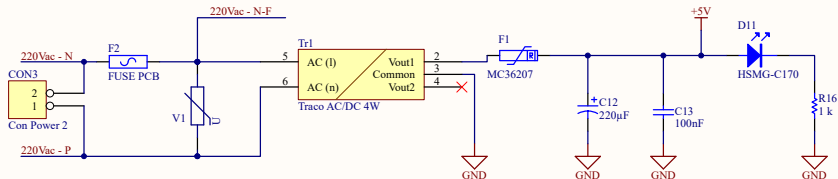
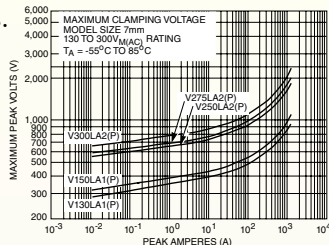
- partie AC : fusible et varistance MOVs.

Caractéristique d'une varistance :

$$I = K \times V^\alpha \quad (30 < \alpha < 40).$$

- Partie DC : fusible réarmable PTC.
(positive temperature coefficient)

- $R16 = \frac{V_{CC} - V_F}{I_{Diode}}$

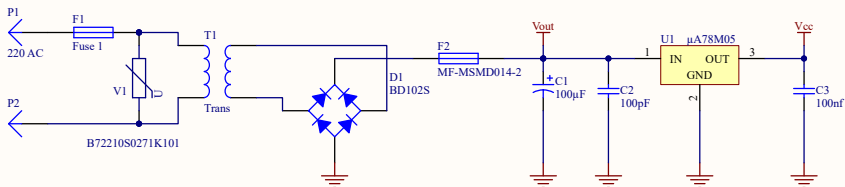


L'alimentation du microcontrôleur

Alimentation avec convertisseur AC/DC

Alimentation avec transformateur et régulateur de tension

- ▶ $V_{outmax} = (V_{eff.trans.} \times \sqrt{2}) - (2 \times V_{Fdiode}).$
- ▶ $C1 = \frac{I}{\Delta U \times f}$
 ΔU : ondulation admissible(V)
 f : fréquence du signal(Hz).
- ▶ $V_{out} > V_{cc} + V_{DropoutVoltageU1} .$



L'alimentation du microcontrôleur

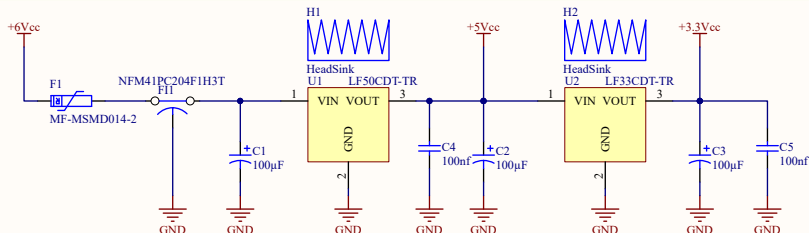
Alimentation avec convertisseur AC/DC

Alimentation avec transformateur et régulateur de tension

Régulateur de tension LDO

- ▶ Réduire autant que possible les pertes par dissipation thermique.

$$P = V_{dropout} \times I$$



L'alimentation du microcontrôleur

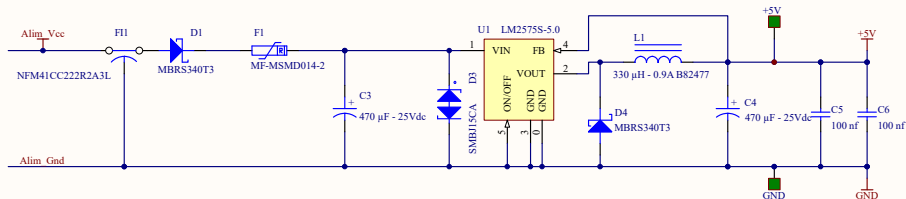
Alimentation avec convertisseur AC/DC

Alimentation avec transformateur et régulateur de tension

Régulateur de tension LDO

Convertisseur DC/DC

- ▶ Avoir un rendement indépendant de la tension V_{in}
- ▶ Précaution sur le filtre LC et C de type '*lowESR*'



L'alimentation du microcontrôleur

Alimentation avec convertisseur AC/DC

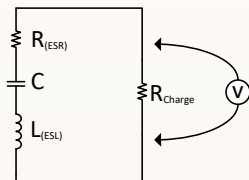
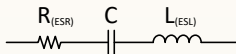
Alimentation avec transformateur et régulateur de tension

Régulateur de tension LDO

Convertisseur DC/DC

Circuit série équivalent d'un condensateur

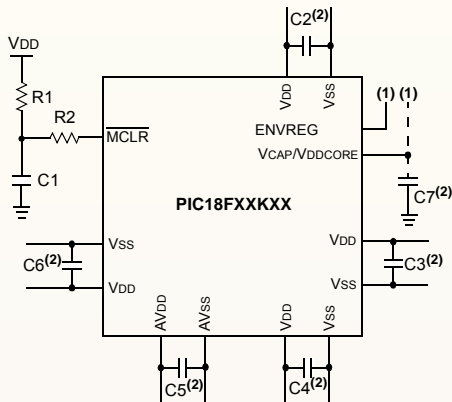
- ▶ Différence de potentiel aux bornes de R_{ESR} -> augmentation du taux d'ondulation.
- ▶ EX : si $R_{ESR} = R_{charge}$ et R_L négligable alors $V_c = V_{RESR} + V_{Rcharge}$ et $V_{Rcharge} = V_C/2$.



L'alimentation du microcontrôleur

Alimentation du μ Contrôleur

- ▶ $\tau = R_1 \times C_1$, circuit de reset.
- ▶ C_1 à C_6 : $0.1\mu\text{F}$.
- ▶ Régulateur de tension 3.3V intégré, C_7 avec *lowESR*'.

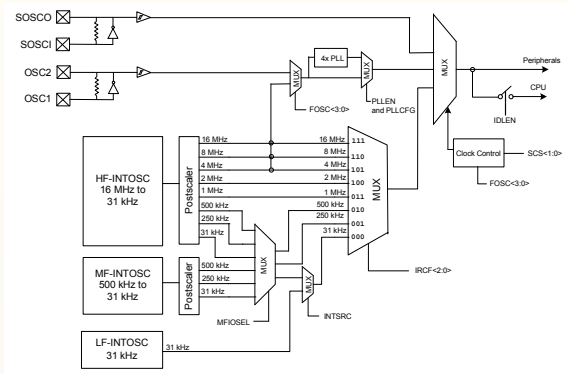


L'horloge

L'horloge

Circuit interne du PIC18F25K80

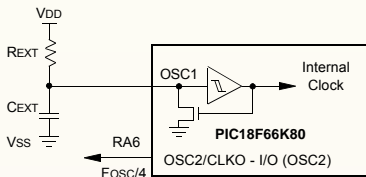
- ▶ 3 oscillateurs internes.
- ▶ 2 oscillateurs externes, RC, quartz ou signal d'horloge.
- ▶ PLL (Phase-locked loop) : $f_{osc} \times 4$.



L'horloge

Circuit RC

- ▶ La fréquence est peu précise car la précision du condensateur est de $\pm 10\%$ au mieux $\pm 1\%$.
- ▶ La stabilité en température est médiocre.
- ▶ Peu utilisé.

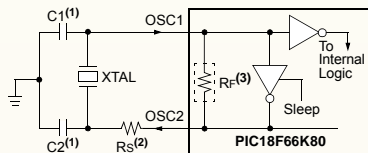


Recommended values: $3 \text{ k}\Omega \leq R_{EXT} \leq 100 \text{ k}\Omega$
 $20 \text{ pF} \leq C_{EXT} \leq 300 \text{ pF}$

Circuit RC

Oscillateur à quartz externe

- ▶ Fréquence très précise (PPM).
- ▶ Fréquence très stable en température.
- ▶ Plus précise et stable que l'oscillateur interne.

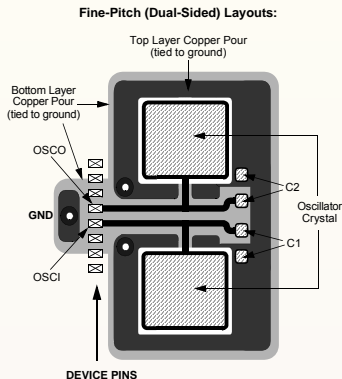


- Note** 1: See [Table 3-2](#) and [Table 3-3](#) for initial values of C1 and C2.
- 2: A series resistor (Rs) may be required for AT strip cut crystals.
- 3: Rf varies with the oscillator mode chosen.

Circuit RC

Oscillateur à quartz externe

- ▶ Apporter un soin au design du PCB pour éviter les problèmes de compatibilité électromagnétique (EMC).

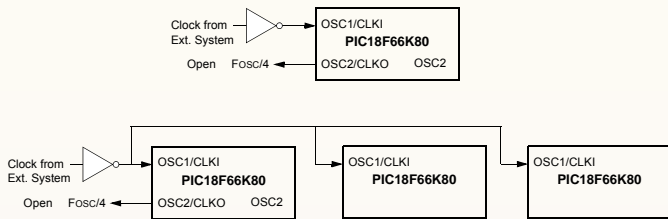


Circuit RC

Oscillateur à quartz externe

Signal d'horloge externe

- ▶ Demande un montage spécifique externe pour générer le signal d'horloge.
- ▶ Permet de cadencer plusieurs microcontrôleurs à la même fréquence.

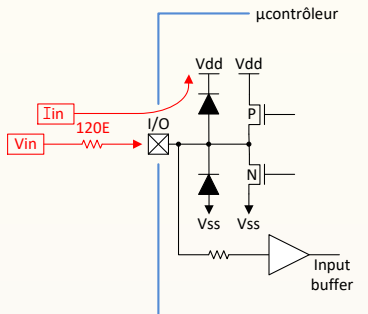


Les entrées

Les entrées

Protection des entrées

- ▶ Réseau de diodes en entrée.
- ▶ Limiter le courant dans les diodes en ajoutant une résistance $> 100\Omega$.



- V_{inmax} si $I_{diode} = 10mA$
- Diode idéale, $V_f = 0.7V$

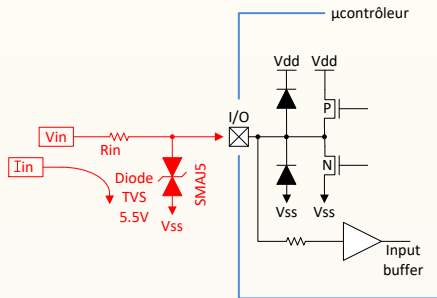
$$V_{in} = V_{dd} + V_f + R_{in} \times I_{diode}$$

$$V_{in} = 5 + 0.7 + 120 \times 0.01 = 6.9V$$

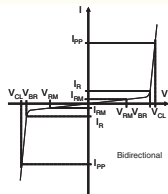
Les entrées

Protection des entrées

- ▶ Ajouter une diode TVS en entrée. (mono ou bidirectionnelle)
- ▶ Limiter le courant dans la diode en ajoutant une résistance R_{in} .



Symbol	Parameter
V_{RM}	Stand-off voltage
V_{BR}	Breakdown voltage
V_{CL}	Clamping voltage
I_{RM}	Leakage current @ V_{RM}
I_{PP}	Peak pulse current
α_T	Voltage temperature coefficient
V_F	Forward voltage drop
R_D	Dynamic resistance



- V_{inmax} si $I_{diode} = 100mA$
- Diode idéale, $V_{BR} = 5.5V$

$$V_{in} = V_{BR} + R_{in} \times I_{diode}$$

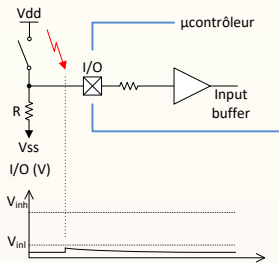
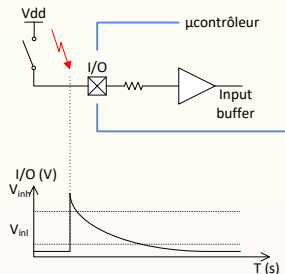
$$V_{in} = 5.5 + 120 \times 0.1 = 17.5V$$

Les entrées

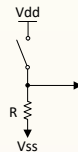
Protection des entrées

Résistance de pull-up et de pull-down

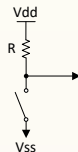
- ▶ Éviter les perturbations électromagnétiques.
- ▶ Stabiliser une entrée à un potentiel - $R \approx 10\Omega$.



Pull-down



Pull-up



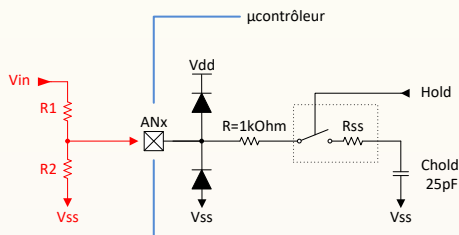
Les entrées

Protection des entrées

Résistance de pull-up et de pull-down

Entrée analogique - Le pont diviseur

- ▶ Mesurer une tension $\geq V_{dd}$
- ▶ L'impédance du pont doit permettre une mesure correcte de V_{in} sans l'influencer.



$$V_{ANx} = \frac{V_{in} \times R_2}{(R_1 + R_2)}$$

$$\tau = (R_1 + 1k + R_{SS}) \times C_{hold}$$

$T_{HOLD} \gg \tau$
Pas toujours possible!!!

Les entrées

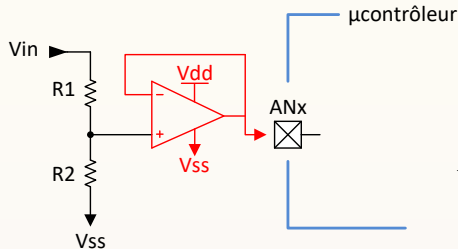
Protection des entrées

Résistance de pull-up et de pull-down

Entrée analogique - Le pont diviseur

Adaptation d'impédance

- ▶ Réduire le temps de charge de C_{HOLD} .
- ▶ Si on alimente l'AOP avec V_{DD} : utiliser des AOP RAIL to RAIL en input et en output.



V_{out} AOP classique

$$V_{SS} + 1V < V_{out} < V_{DD} - 1V$$

V_{out} AOP RAIL to RAIL

$$V_{SS} + 0.01V < V_{out} < V_{DD} - 0.01V$$

Les entrées

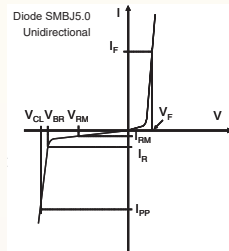
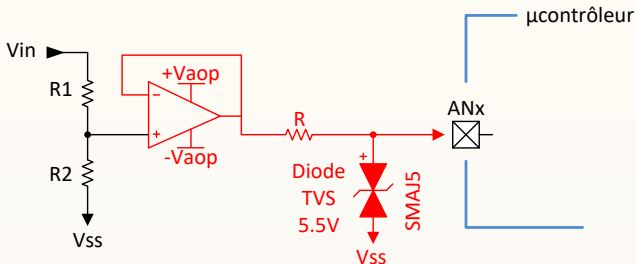
Protection des entrées

Résistance de pull-up et de pull-down

Entrée analogique - Le pont diviseur

Adaptation d'impédance

- ▶ Si on utilise des tensions $>V_{DD}$ et $<V_{SS}$ pour alimenter l'AOP, ne pas oublier de protéger l'entrée analogique par une diode TVS unidirectionnelle.

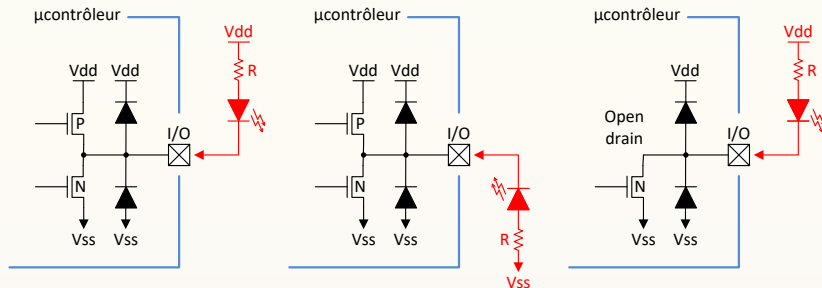


Les sorties

Les sorties

Protection des sorties

- ▶ Le courant des pins en sortie est très faible - x mA
- ▶ PIC18F : 25mA par sortie **MAIS** attention à la puissance dissipée totale!
- ▶ $R_{out} > 200\Omega$ si $V_{DD} = 5V$ et $I_{out} < 25mA$.

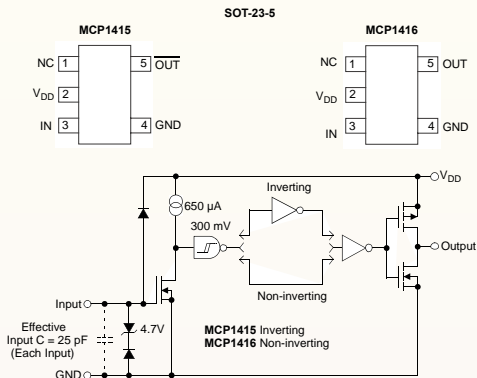


Les sorties

Protection des sorties

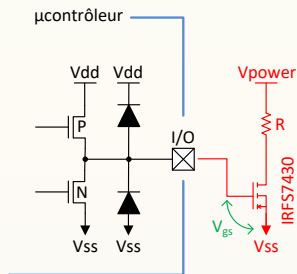
Commande de puissance

- ▶ Utilisation d'un circuit de puissance (power mosfet).
- ▶ Vérifier la compatibilité en entrée : 3.3V, 5V ?



Commande de puissance Low-side

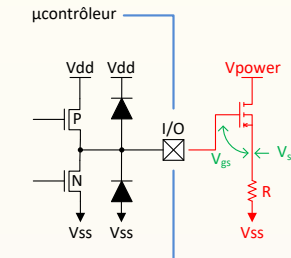
- ▶ Commutation simple pour des tensions $V_{power} \gg V_{dd}$ si $V_{gs} \geq V_{th}$.
- ▶ Attention à la dissipation thermique - pad thermique sur PCB.



Les sorties

Commande de puissance high-side

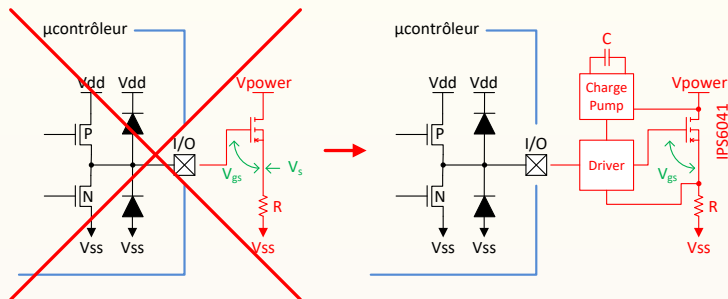
- ▶ Commutation simple ?



Les sorties

Commande de puissance high-side

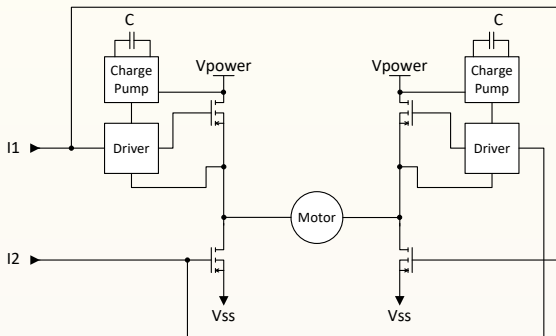
- ▶ Commutation simple ? NON.
- ▶ Il faut s'assurer que $V_{gs} \geq V_{th}$: driver + pompe de charge.



- ▶ Ex : Automobile : réduire le nombre de câbles électriques.
- ▶ Attention à la dissipation thermique - pad thermique sur PCB.

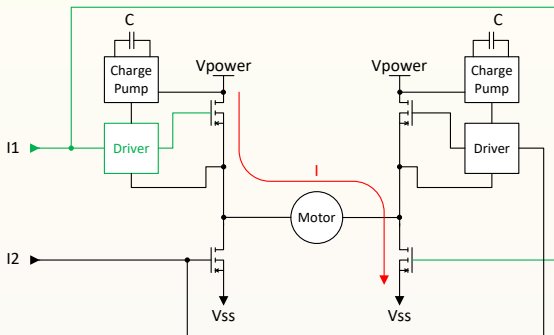
Commande de puissance pont H

- ▶ Commande de moteur DC, de moteurs pas à pas, moteur brushless...



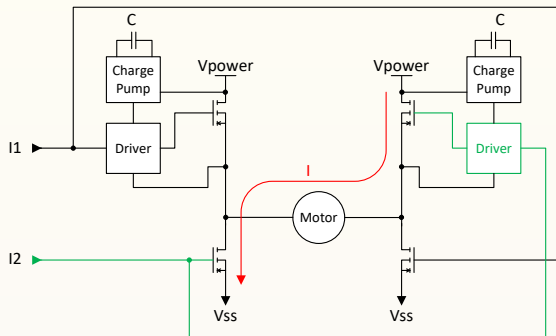
Commande de puissance pont H

- ▶ Commande de moteur DC, de moteurs pas à pas, moteur brushless...



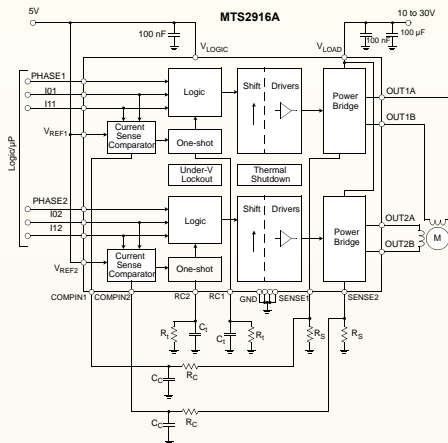
Commande de puissance pont H

- ▶ Commande de moteur DC, de moteurs pas à pas, moteur brushless...



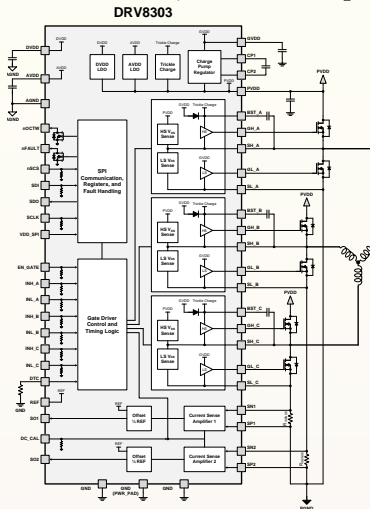
Commande de puissance pont H

- ▶ Commande de moteur DC, de moteurs pas à pas, moteur brushless...



Commande de puissance pont H

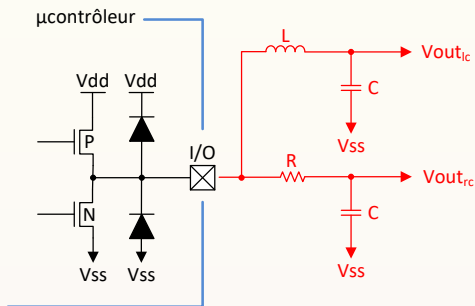
- ▶ Commande de moteur DC, de moteurs pas à pas, moteur brushless...



Les sorties

Filtre RC, LC

- ▶ Utiliser une sortie en PWM afin d'obtenir une tension continue programmable (V_{out}).
- ▶ utiliser un filtre LC : -40 dB par décade (second ordre).
- ▶ utiliser un filtre RC : -20 dB par décade (premier ordre).

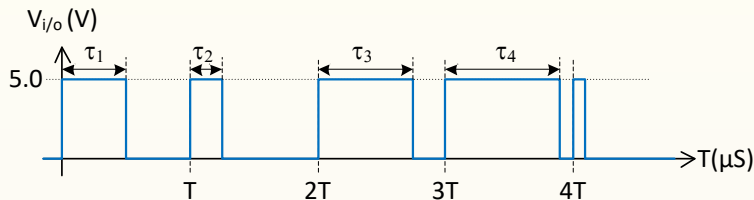


· Filtre LC
 $\tau = \sqrt{L \times C}$

· Filtre RC
 $\tau = R \times C$

Filtre RC, LC

- ▶ Rappel : PWM (Pulse Width Modulation).
- ▶ La composante continue $V_{out} = V_{i/o} \times \frac{\tau}{T}$.

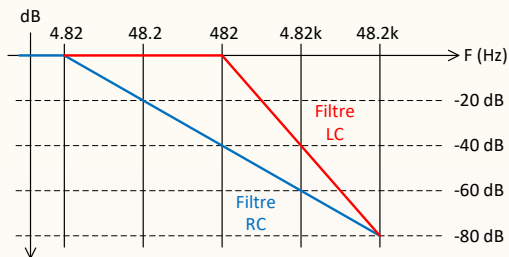


- ▶ EX1 : $V_{out} = V_{i/o} \times \frac{\tau_1}{T} = 0.5 \times V_{i/o}$.
- ▶ EX2 : $V_{out} = V_{i/o} \times \frac{\tau_2}{T} = 0.25 \times V_{i/o}$.
- ▶ EX3 : $V_{out} = V_{i/o} \times \frac{\tau_3}{T} = 0.75 \times V_{i/o}$.

Les sorties

Filtre RC, LC

- ▶ Avantage d'un filtre LC par rapport à un filtre RC.
- ▶ Fixons -80db avec $f = 48\text{kHz}$.
- ▶ Fixons $C=330\mu\text{F}$.



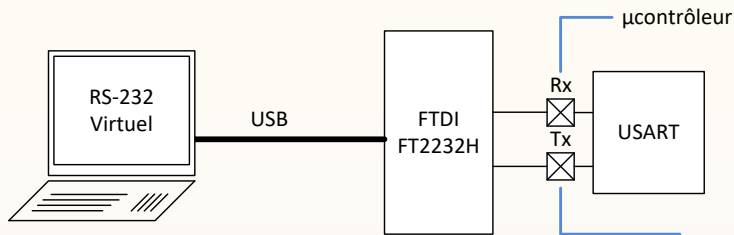
- Filtre LC
$$f_c = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{LC}}$$
$$L=330\mu\text{H}$$
- Filtre RC
$$f_c = \frac{1}{2 \times \pi \times R \times C}$$
$$R=110\Omega$$

Les bus de communication

Les bus de communication

FTDI - USB

- ▶ Simplicité de mise en oeuvre.
- ▶ Utilisation du port série du microcontrôleur (USART).
- ▶ création d'un port série virtuel sur le P.C.
- ▶ Utilisation DLL, socket de connexion pour la programmation C,C++.



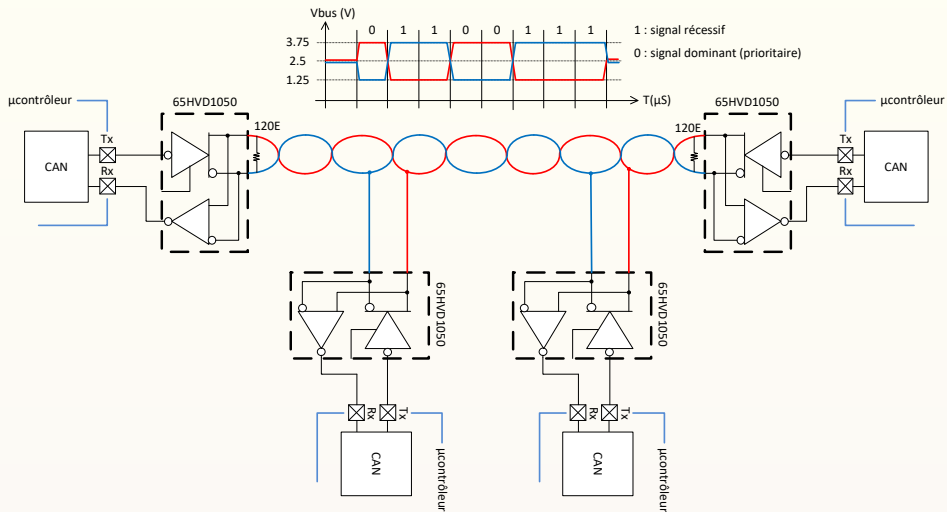
Les bus de communication

CAN bus

- ▶ Bus de communication à usage industriel et automobile (Bosch et Karlsruher Institut für Technologie).
- ▶ Paire torsadée avec résistance de terminaison de 120Ω . Signal différentiel avec mode commun.
- ▶ Tous les périphériques peuvent émettre des données ou des requêtes.
- ▶ Vitesse de 1Mbits/s (30m) à 10kbits/s (5km).
- ▶ Contrôle d'erreur CRC 15 bits.

Les bus de communication

CAN bus

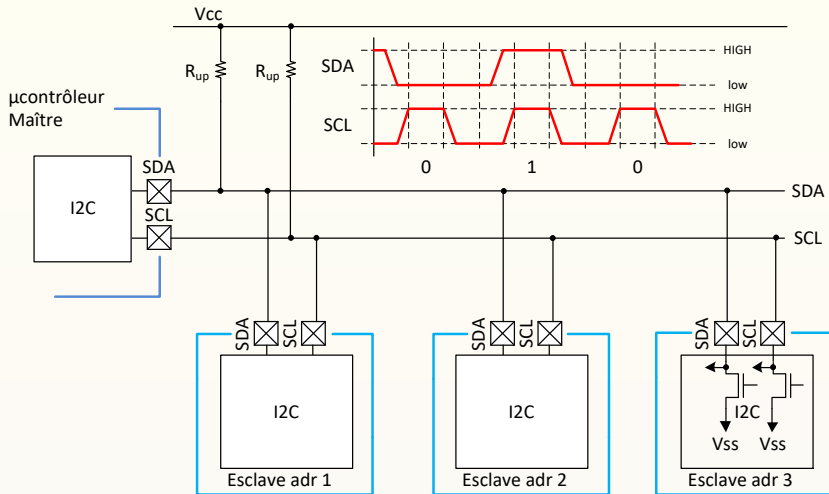


I2C

- ▶ Bus de communication à usage local, dans un même appareil.
- ▶ Deux lignes (horloge, donnée) tirées à la tension V_{dd} au travers de résistances de pull-up.
- ▶ Les données s'échangent sur demande du maître.
- ▶ Vitesse de 5Mbits/s à 100kbits/s.

Les bus de communication

I2C



Lexique

Lexique

- ▶ CPLD : Complex Programmable Logic Device
- ▶ FPGA : Field Programmable Gate Array
- ▶ DSP : Digital Signal Processor
- ▶ VHDL : VHSIC Hardware Description Language
- ▶ VHSIC : Very High Speed Integrated Circuits
- ▶ EEprom : Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory
- ▶ JTAG : Joint Test Action Group
- ▶ MIPS : Microprocessor without Interlocked Pipeline Stages
- ▶ ICD : In-Circuit Debugger
- ▶ MOV : Metal Oxide Varistor
- ▶ PTC : Positive Temperature Coefficient
- ▶ LDO : Low-DropOut

Lexique

- ▶ ESR : Equivalent Series Resistance
- ▶ PLL : Phase-Locked Loop
- ▶ PPM : Partie Par Million
- ▶ PCB : Printed Circuit Board
- ▶ EMC : ElectroMagnetic Compatibility
- ▶ Vcc : Collector supply Voltage
- ▶ Vee : Emitter supply Voltage
- ▶ Vdd : Drain supply Voltage
- ▶ Vss : Source supply Voltage
- ▶ PWM : Pulse Width Modulation
- ▶ USART : Universal Synchronous/Asynchronous Receiver Transmitter
- ▶ CAN bus : Controller Area Network bus