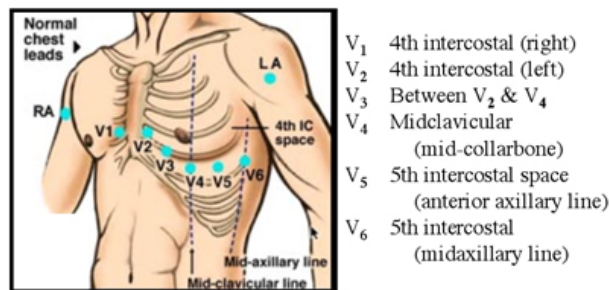


Cours Capteur - TD3

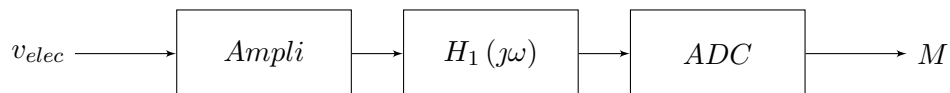
Aquisition ECG

L'acquisition d'ECG embarqué repose sur l'utilisation de 6 électrodes précordiales permettant l'enregistrement des biopotentiels associés aux contractions/relaxation des oreillettes et ventricules du coeur. La disposition des électrodes est donnée dans la figure ci-dessous, deux électrodes supplémentaires (RA et LA, *right and left arms*) sont utilisées pour rendre la mesure immune au bruit et perturbations.

Precordial or Chest Leads



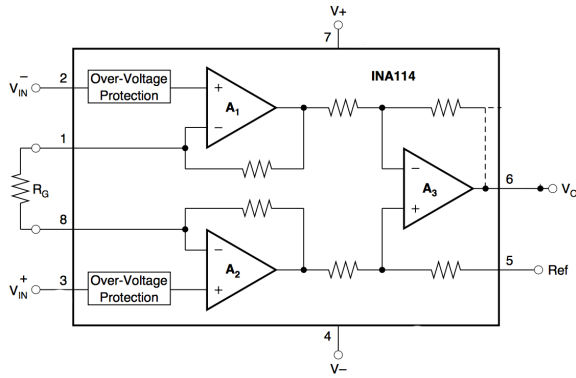
Pour une électrode enregistrée par rapport à l'une des électrodes enregistrée par rapport à RA ou LA, une chaîne de traitement et de conversion analogique numérique simple, représentée dans le schéma bloc ci-dessous, est mise en place. Les 6 électrodes nécessitent donc 6 canaux mis en parallèles.



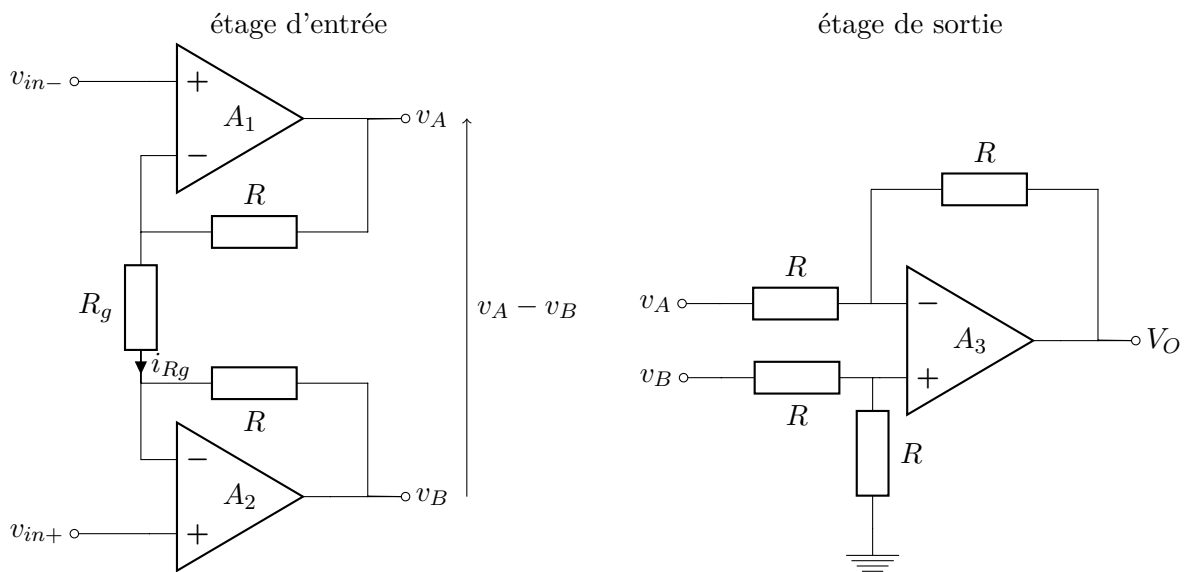
Le signal est amplifié à travers un amplificateur d'instrumentation, puis filtré et converti. Le signal d'entrée est au maximum de $5mV$, la fréquence cardiaque maximale selon les individus peut atteindre environ 240 battements par minute lors d'efforts intense. Pour permettre une analyse fine on considèrera la fréquence maximale du signal de $200Hz$. Le circuit électronique est alimenté en $0 - 3.3V$.

1 Etage d'amplification d'instrumentation

L'amplification du signal est assurée par un amplificateur d'instrumentation. Ce type d'amplificateur est extrêmement fréquent lors de l'utilisation de capteurs de manière générale. Le schéma interne, ici du composant INA 114 est présenté dans la figure ci dessous :



Cet amplificateur est composé de deux étages séparés représentés avec des notations dans les schémas ci dessous :

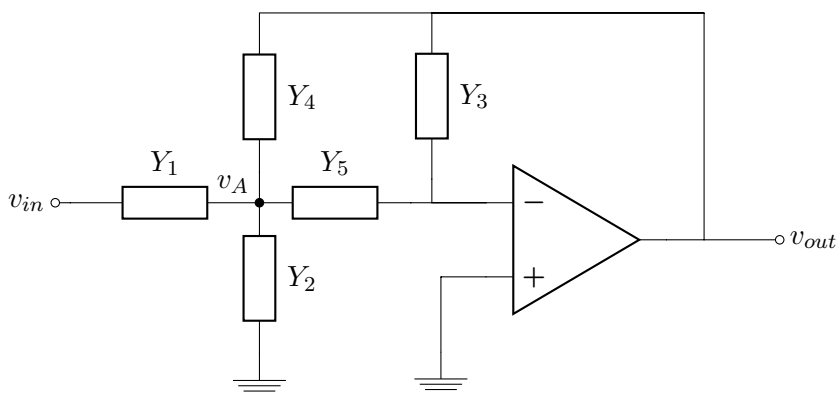


1. On s'intéresse à l'étage d'entrée.
 - (a) Exprimer le courant i_{R_g} en fonction de la tension d'entrée.
 - (b) En déduire la tension de sortie en fonction de la tension d'entrée.
2. L'étage de sortie est assez simple, exprimer le potentiel de sortie en fonction de la tension d'entrée.
3. On s'intéresse au montage global.
 - (a) Déduire des questions précédentes le gain différentiel du montage.
 - (b) A votre avis, que ce passe t'il si les résistances notées R ne sont pas égales (variation des process de fabrication, mismatch géométrique...)?
 - (c) Quels sont les rôles de chacun des étages? En particulier, pourquoi selon vous le gain est il mis sur le premier étage?
 - (d) On cherche à avoir un signal pleine échelle, on sait que pour l'INA 114, $R = 25k\Omega$. Calculer R_g .
 - (e) A $R_g = +\infty$, la bande passante est de $1MHz$. Quelle est la bande passante avec notre cahier des charges?

2 Filtrage Anti-repliement et conversion/conditionnement

La conversion, puis le traitement, sont réalisés par un micro-contrôleur de type MS430F, très utilisé dans les systèmes embarqués pour la santé, en particulier pour des raisons de faible consommation.

1. A partir de la datasheet, en combien de bits sont convertis les signaux ? Que valent les quantas avant et après amplification ?
2. Quelle est la fréquence de Nyquist ?
3. En pratique on échantillonne à 10 fois la fréquence maximale du signal. On ne souhaite pas atténuer le signal réel de plus de $1dB$. Dresser le gabarit du filtre anti-repliement.
4. Par un raisonnement simple, de quel ordre de filtre a-t-on besoin. ?
5. On décide d'utiliser pour le filtre une structure de type cellule de Rauch :



- (a) Exprimer v_A en fonction de v_{in} et v_{out} , puis v_- en fonction de v_A et v_{out} .
 - (b) En déduire la fonction de transfert à l'aide des conductances des composants.
 - (c) Afin de réaliser un passe bas on utilise la combinaison on utilise $Y_1 = Y_4 = Y_5 = \frac{1}{R}$ et $Y_2 = jC_1\omega$ et $Y_3 = jC_2\omega$. Mettre la fonction de transfert sous la forme canonique d'un second ordre.
 - (d) On pose $C_1 = 30nF$, et $f_0 = 400Hz$. En déduire les valeurs de R et C_2 pour un amortissement de 1.
 - (e) Combien d'AOP sont nécessaires pour une chaîne d'amplification/filtrage au global ?
6. Calculer le débit théorique du flux de données entrant dans le micro-contrôleur pour les 6 canaux.
 7. A votre avis, quel sera le débit réel ?
 8. On souhaite mettre en place un filtre numérique de type FIR coupe-bande de $50Hz$ pour réduire les perturbations par effet d'antenne. On choisit le *MSP430FR2111*. Quel est l'ordre maximal du filtre pour les 6 canaux pour remplir la mémoire RAM. Dans ce cas, quelle est la contrainte sur la période d'horloge pour respecter un traitement temps réel des données captées ?

Extraits de datasheets

MSP430FR21xx, MSP430FR2000 Mixed-Signal Microcontrollers

1 Device Overview

1.1 Features

- Embedded Microcontroller
 - 16-Bit RISC Architecture up to 16 MHz
 - Wide Supply Voltage Range From 3.6 V Down to 1.8 V (Minimum Supply Voltage is Restricted by SVS Levels, See the [SVS Specifications](#))
- Optimized Low-Power Modes (at 3 V)
 - Active Mode: 120 μ A/MHz
 - Standby
 - LPM3.5 With VLO: 1 μ A
 - Real-Time Clock (RTC) Counter (LPM3.5 With 32768-Hz Crystal): 1 μ A
 - Shutdown (LPM4.5): 34 nA Without SVS
- High-Performance Analog
 - 8-Channel 10-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC)
 - Integrated Temperature Sensor
 - Internal 1.5-V Reference
 - Sample-and-Hold 200 ksp/s
 - Enhanced Comparator (eCOMP)
 - Integrated 6-Bit DAC as Reference Voltage
 - Programmable Hysteresis
 - Configurable High-Power and Low-Power Modes
- Low-Power Ferroelectric RAM (FRAM)
 - Up to 3.75KB of Nonvolatile Memory
 - Built-In Error Correction Code (ECC)
 - Configurable Write Protection
 - Unified Memory of Program, Constants, and Storage
 - 10^{15} Write Cycle Endurance
 - Radiation Resistant and Nonmagnetic
- Intelligent Digital Peripherals
 - One 16-Bit Timer With Three Capture/Compare Registers (Timer_B3)
 - One 16-Bit Counter-Only RTC Counter
 - 16-Bit Cyclic Redundancy Checker (CRC)
- Enhanced Serial Communications
 - Enhanced USCI A (eUSCI_A) Supports UART, IrDA, and SPI
- Clock System (CS)
 - On-Chip 32-kHz RC Oscillator (REFO)
 - On-Chip 16-MHz Digitally Controlled Oscillator (DCO) With Frequency-Locked Loop (FLL)
 - $\pm 1\%$ Accuracy With On-Chip Reference at Room Temperature
 - On-Chip Very-Low-Frequency 10-kHz Oscillator (VLO)
 - On-Chip High-Frequency Modulation Oscillator (MODOSC)
 - External 32-kHz Crystal Oscillator (LFXT)
 - Programmable MCLK Prescaler of 1 to 128
 - SMCLK Derived From MCLK With Programmable Prescaler of 1, 2, 4, or 8
- General Input/Output and Pin Functionality
 - 12 I/Os on 16-Pin Package
 - 8 Interrupt Pins (4 Pins of P1 and 4 Pins of P2) Can Wake MCU From LPMs
 - All I/Os are Capacitive Touch I/Os
- Development Tools and Software (Also See [Tools and Software](#))
 - Free Professional Development Environments
 - Development Kits ([MSP-TS430PW20](#), [MSP-FET430U20](#), [MSP-EXP430FR2311](#), and [MSP-EXP430FR4133](#))
- Family Members (Also See [Device Comparison](#))
 - MSP430FR2111: 3.75KB of Program FRAM + 1KB of RAM
 - MSP430FR2110: 2KB of Program FRAM + 1KB of RAM
 - MSP430FR2100: 1KB of Program FRAM + 512 Bytes of RAM
 - MSP430FR2000: 0.5KB of Program FRAM + 512 Bytes of RAM
- Package Options
 - 16-Pin: TSSOP (PW16)
 - 24-Pin: VQFN (RLL)
- For Complete Module Descriptions, See the [MSP430FR4xx and MSP430FR2xx Family User's Guide](#)

1.2 Applications

- Appliance Battery Packs
- Smoke and Heat Detectors
- Door and Window Sensors
- Lighting Sensors
- Power Monitoring
- Personal Care Electronics Portable
- Health and Fitness Devices

