

Filtrage numérique : Wattmètre

Xavier Bourlot

INSA Toulouse

30 mai 2020

1 Le projet

- Motivation
- Architecture
- Réalisation

2 Filtre IIR Passe-haut

- Design
- Implémentation
- Réponses

1 Le projet

- Motivation
- Architecture
- Réalisation

2 Filtre IIR Passe-haut

- Design
- Implémentation
- Réponses

But :

- Mesurer la consommation d'appareils secteur
- Automatiser l'acquisition/traitement des données
- Enregistrer sur de longues périodes (stream PC)

Motivation

But :

- Mesurer la consommation d'appareils secteur
- Automatiser l'acquisition/traitement des données
- Enregistrer sur de longues périodes (stream PC)

Plage de mesure	Résolution	Tension de charge	Consommation
0 - 550W	16mW	0.14V max	0.4W
550 - 1100W	128mW		

Table – Caractéristiques techniques

Motivation

But :

- Mesurer la consommation d'appareils secteur
- Automatiser l'acquisition/traitement des données
- Enregistrer sur de longues périodes (stream PC)

Plage de mesure	Résolution	Tension de charge	Consommation
0 - 550W	16mW	0.14V max	0.4W
550 - 1100W	128mW		

Table – Caractéristiques techniques

Exemple d'application : Mesure automatique du rendement d'alimentations à découpage AC → DC en fonction de la charge

Mesures de puissance

Mesures de puissance

$$P = U * I$$

Oui mais ...

Mesures de puissance

$$P = U * I$$

Oui mais ...

Puissance instantanée ? RMS ? Apparente ? PF ? Quid de l'énergie ?

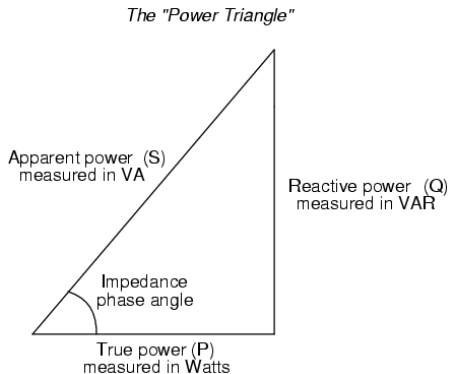


Figure – Le triangle des puissances Source : commons.wikimedia.org

Schéma

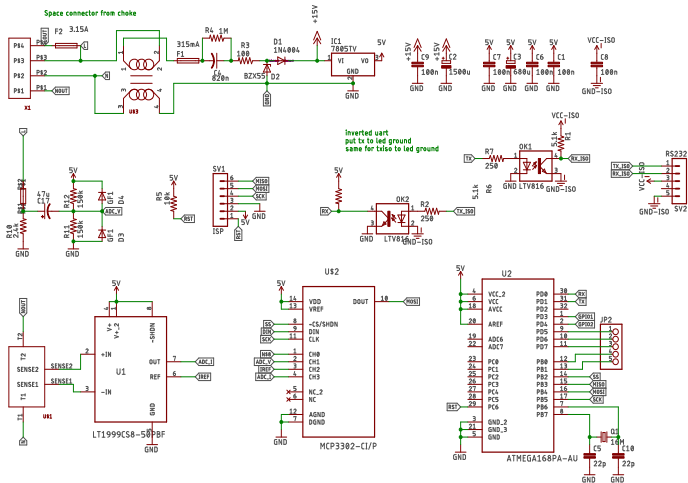


Figure – Schéma électrique

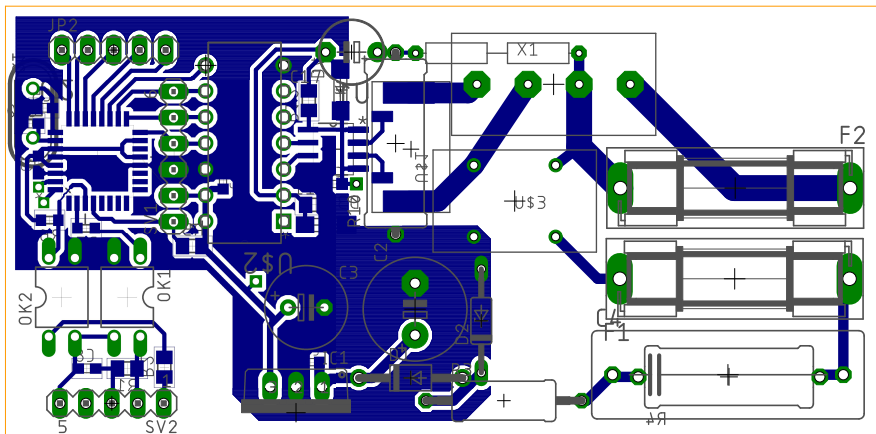


Figure – PCB

1 Le projet

- Motivation
- Architecture
- Réalisation

2 Filtre IIR Passe-haut

- Design
- Implémentation
- Réponses

Critères de design :

- Passe Haut : Éliminer la composante continue de la mesure de tension

Critères de design :

- Passe Haut : Éliminer la composante continue de la mesure de tension
- Gain et phase constants pour $f \geq 50\text{Hz} \Rightarrow$ Type Butterworth

Critères de design :

- Passe Haut : Éliminer la composante continue de la mesure de tension
- Gain et phase constants pour $f \geq 50\text{Hz} \Rightarrow$ Type Butterworth
- Faible complexité : calculs en temps réel !

Critères de design :

- Passe Haut : Éliminer la composante continue de la mesure de tension
- Gain et phase constants pour $f \geq 50\text{Hz} \Rightarrow$ Type Butterworth
- Faible complexité : calculs en temps réel !

Filtre IIR (Infinite Impulse Response) de 2nd ordre :

Critères de design :

- Passe Haut : Éliminer la composante continue de la mesure de tension
- Gain et phase constants pour $f \geq 50\text{Hz} \Rightarrow$ Type Butterworth
- Faible complexité : calculs en temps réel !

Filtre IIR (Infinite Impulse Response) de 2nd ordre :

- Filtre récursif

Critères de design :

- Passe Haut : Éliminer la composante continue de la mesure de tension
- Gain et phase constants pour $f \geq 50\text{Hz} \Rightarrow$ Type Butterworth
- Faible complexité : calculs en temps réel !

Filtre IIR (Infinite Impulse Response) de 2nd ordre :

- Filtre récursif
- Comportement similaire aux filtres analogiques "classiques"(RLC)

Critères de design :

- Passe Haut : Éliminer la composante continue de la mesure de tension
- Gain et phase constants pour $f \geq 50\text{Hz} \Rightarrow$ Type Butterworth
- Faible complexité : calculs en temps réel !

Filtre IIR (Infinite Impulse Response) de 2nd ordre :

- Filtre récursif
- Comportement similaire aux filtres analogiques "classiques" (RLC)
- Bon rapport *Ordre du filtre / Performance*, i.e. économies de temps de calcul
- Mais attention à la stabilité ! (non abordée ici)

Équation

$$y[n] = 0.996 * x[n] - 0.996 * x[n - 1] + 0.996 * y[n - 1]$$

Équation

$$y[n] = 0.996 * x[n] - 0.996 * x[n-1] + 0.996 * y[n-1]$$

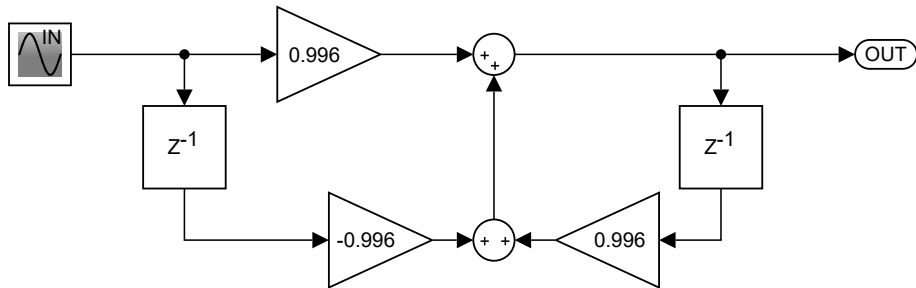


Figure – Schéma bloc du filtre

Équation

$$y[n] = 0.996 * x[n] - 0.996 * x[n-1] + 0.996 * y[n-1]$$

D'accord mais pourquoi 0.996 précisément ?

$$y[n] = 0.996 * x[n] - 0.996 * x[n-1] + 0.996 * y[n-1]$$

D'accord mais pourquoi 0.996 précisément ?

Parce que $0.996 = \frac{255}{256} = 255 \gg 8$

Réponse fréquentielle

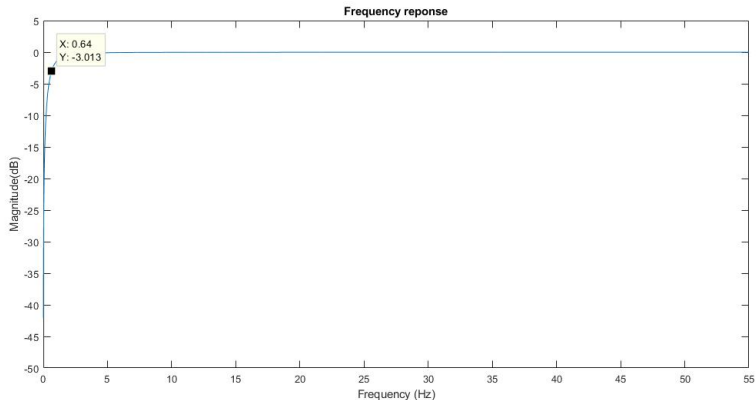


Figure – Réponse fréquentielle (0 à 55Hz)

Réponse fréquentielle

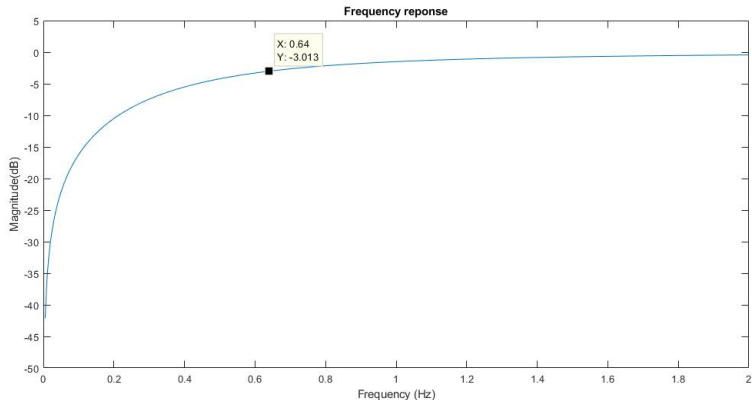


Figure – Réponse fréquentielle (0 à 2Hz)

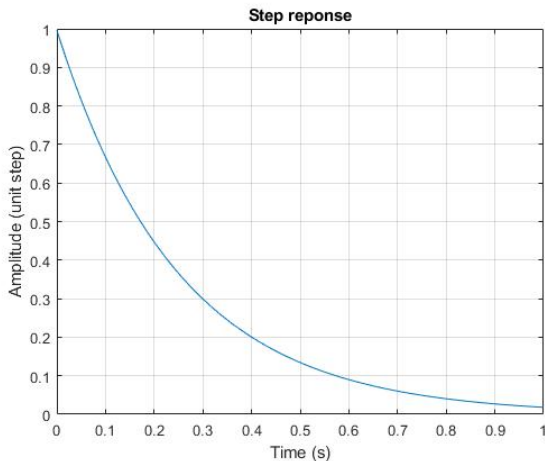


Figure – Réponse à un échelon

Réponse temporelle, bis

Testons en situation réelle !

Réponse temporelle, bis

Testons en situation réelle !

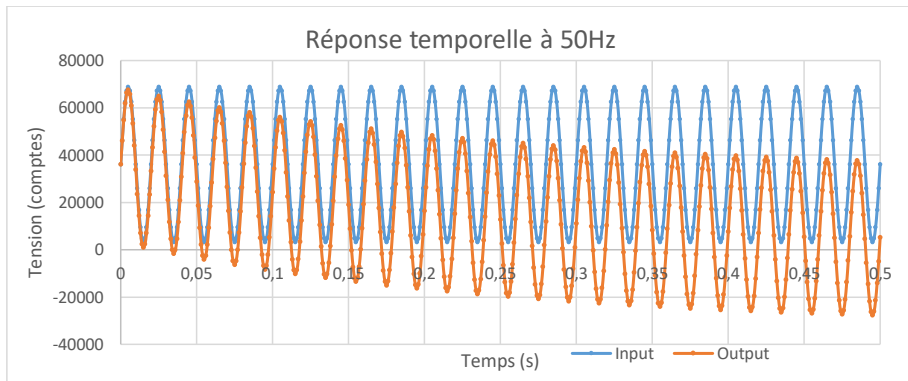


Figure – Réponse à une sinusoïde 50Hz



Glen Nilsen (2013)

Single-Phase Power/Energy Meter with Tamper Detection

Atmel AVR465 2566B AVR-08/2013



Dan Ellis (2007)

Digital Signal Processing, Filter Design : IIR

ELEN E4810 Columbia University



Steven W. Smith, Ph.D. (1997)

The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing

ISBN 0-9660176-3-3 Chapter 19 : Recursive Filters

Questions ?