

Sujet d'épreuves des Finales Nationales de la 47^e Compétition des Métiers

MÉTIER N°16 ELECTRONIQUE

MODULE A1

Soumis par :

Bertrand Massot, Expert WorldSkills France

EXPLICATION DU MODULE

DUREE TOTALE DE L'ÉPREUVE	3 heures
DIFFUSION DU SUJET	Découvert le jour de la compétition

DESCRIPTION DU PROJET ET INSTRUCTIONS

Le projet global à réaliser tout au long de la compétition est un dispositif nommé **USB-C Power Meter** qui permet principalement d'analyser la consommation et la puissance sur une connexion de type USB-C. En effet le nouveau standard USB Power Delivery permet à ce type de connexion de supporter plusieurs niveaux de tension d'alimentation (de 5V à 48V) et un courant jusqu'à 5A. Ce dispositif pourra donc tout autant mesurer la consommation d'un périphérique alimenté par un port USB-C, tout comme analyser le mode d'alimentation exploité, et ceci de manière bidirectionnelle.

*Note : Tout au long du document, le terme **REGION** est à remplacer par l'acronyme de la région du compétiteur.*

- ARA : Auvergne Rhône Alpes
- HDF : Haut de France
- NOR : Normandie
- OCC : Occitanie
- SUD1 : Sud PACA 1
- SUD2 : Sud PACA 2

*Exemple : Pour le compétiteur Auvergne Rhône Alpes, le nom 47_FNAT_16_Electronique_**REGION** doit être remplacé par 47_FNAT_16_Electronique_**ARA***

Dans le cadre du module A1 qui concerne la conception de fonctions et de circuits électroniques, il s'agira de concevoir et dimensionner 3 fonctions analogiques du circuit final. Ce module est constitué de trois tâches distinctes et indépendantes à réaliser sur les logiciels LTSpice (tâches 1 et 2) et Fusion 360 Electronics (tâche 3).

Les livrables évalués comprennent :

- Les documents de conception LTSpice réalisés (.asc) à placer dans le dossier informatique « **47_FNAT_16_Electronique_REGION_A1** » qui sera placé **sur le bureau du poste de travail**. Ces documents seront nommés « 47_FNAT_16_Electronique_REGION_A1_T1.asc » et « 47_FNAT_16_Electronique_REGION_A1_T2.asc » respectivement pour les tâches 1 et 2
- Le schéma de conception Fusion 360 Electronics exporté au format PDF pour la tâche 3
- Le document de résultats « 47_FNAT_16_Electronique_REGION_Résultats_A1.docx »

TACHE 1 – CIRCUIT DE MESURE DE TENSION

Dans cette tâche, il est demandé au compétiteur de concevoir et dimensionner un circuit de mesure de la tension délivrée par le port USB-C à l'aide du logiciel LTSpice.

Le circuit d'interfaçage du signal sera composé de 3 étages permettant l'adaptation du signal de tension d'entrée pour une conversion analogique/numérique réalisée ultérieurement par un microcontrôleur dont la tension pleine échelle est 0 – 3,3 V.

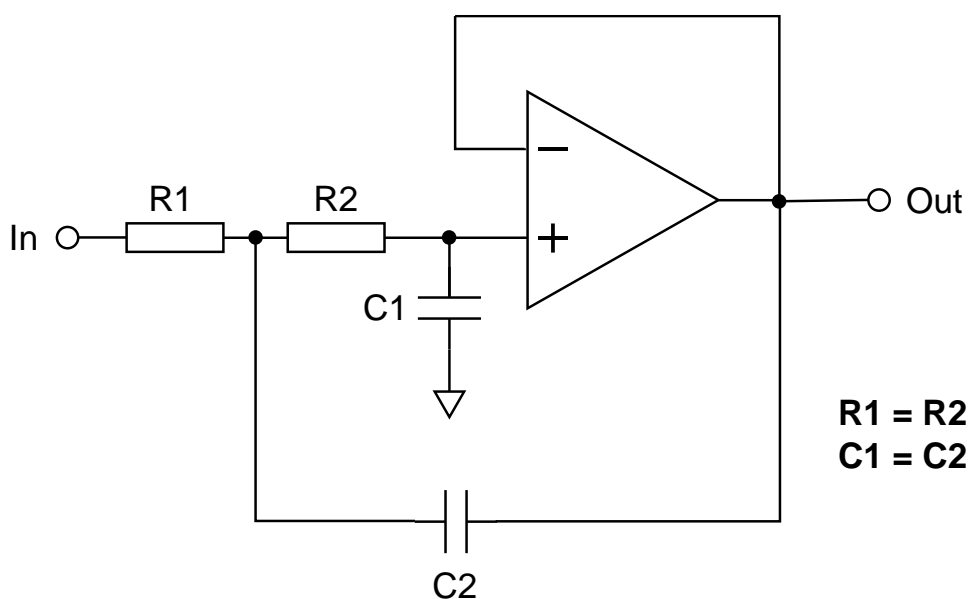
- Le premier étage sera constitué d'un pont diviseur de la tension USB pour l'adaptation à la tension pleine échelle du convertisseur
- Le second étage sera constitué d'un montage suiveur réalisant une adaptation d'impédance tension/tension ;
- Le troisième étage sera constitué d'un filtre passe-bas actif du deuxième ordre ayant un gain de -6 dB à la fréquence de 1 Hz.

Le compétiteur doit réaliser ce schéma sous LTSpice dans le fichier « 47_FNAT_16_Electronique_REGION_A1_T1.asc » à l'aide des deux diagrammes suivants.

Schéma fonctionnel de l'ensemble du circuit à réaliser dans le fichier LTSpice :



Schéma du filtre passe-bas actif du deuxième ordre :



Ce schéma doit respecter les consignes de conception suivantes :

- Tous les condensateurs doivent avoir pour valeur 1 μF ;
- Toutes les valeurs de résistances utilisées doivent appartenir à la série E96 (fournie en annexe) et être comprises entre 100 Ohm (inclue) et 1 MOhm (exclue) ;
- Le gain du pont diviseur abaisse la plage de tension USB de manière à ce qu'une tension de **50 V** en entrée **donne une tension inférieure ou égale, au plus proche, à 3,3 V en sortie** ;
- Le gain du filtre passe-bas doit être, **au plus proche**, de -6 dB à 1 Hz ;
- Tous les amplificateurs opérationnels doivent utiliser le composant « **UniversalOpAmp** » de la librairie LTSpice et doivent être alimentés en 0 – 3,3 V ;
- Le nombre de composants utilisés doit être minimal.

Une simulation fréquentielle de ce circuit devra être réalisée, indiquant le gain en dB du montage en fonction de la fréquence, et respectant les consignes suivantes :

- La source du signal utilisée en entrée du montage doit être de 1 V avec un offset de 1 V
- La gamme de fréquence de la simulation doit être comprise entre 0,01 Hz et 10 Hz avec une échelle logarithmique contenant 10 points par décade ;
- Un premier curseur doit être placé de manière à montrer le gain à la fréquence 0,01 Hz
- Un second curseur doit être placé de manière à montrer le gain à la fréquence 1 Hz

LIVRABLES

- Le fichier « 47_FNAT_16_Electronique_REGION_A1_T1.asc » doit comprendre le schéma réalisé ainsi qu'une directive (commande) de simulation fonctionnelle ;
- Une capture d'écran doit être réalisée et collée dans le fichier de résultats « 47_FNAT_16_Electronique_REGION_Resultats_A1.docx » dans l'encadré prévu à cet effet. Celle-ci doit permettre de visualiser à la fois le circuit ainsi que la courbe de simulation et les valeurs de gain des 2 curseurs placés. **Toutes les valeurs (composants, axes de simulation, fréquence et gains des curseurs) doivent être lisibles pour l'évaluation.**
- Les calculs réalisés pour les valeurs des composants doivent être saisis dans le fichier de résultats à l'aide de l'éditeur d'équation Microsoft Word dans l'encadré prévu à cet effet, ou bien de manière manuscrite sur le document papier fourni.

TACHE 2 – CIRCUIT DE MESURE DE COURANT

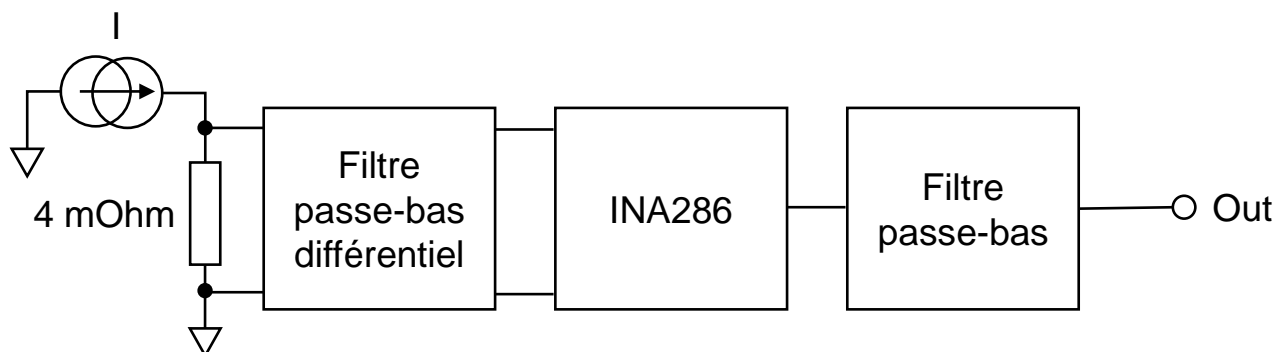
Dans cette tâche, il est demandé au compétiteur de concevoir et dimensionner un circuit de mesure du courant délivrée par le port USB-C à travers une résistance de 4 mOhm appelée « résistance de shunt », à l'aide du logiciel LTSpice.

Le circuit d'interfaçage du signal sera basé sur l'amplificateur de mesure de courant INA286 permettant l'adaptation de la tension aux bornes de la résistance de shunt pour une conversion analogique/numérique réalisée ultérieurement par un microcontrôleur dont la tension pleine échelle est 0 – 3,3 V. Ce circuit comporte, en entrée de l'INA286, un filtre passe-bas passif différentiel du premier ordre dont la fréquence de coupure à -3 dB est de **100 Hz**. De plus ce circuit comporte à nouveau, en sortie de l'INA286, un filtre passe-bas passif du premier ordre dont la fréquence de coupure à -3 dB est de **1 Hz**.

La documentation technique de l'INA286 est fournie en annexe (Annexe 3).

Le compétiteur doit réaliser ce schéma sous LTSpice dans le fichier « **47_FNAT_16_Electronique_REGION_A1_T2.asc** » à l'aide des diagrammes suivant.

Schéma fonctionnel de l'ensemble du circuit à réaliser dans le fichier LTSpice :



Ce schéma doit respecter les consignes de conception suivantes :

- Tous les condensateurs utilisés doivent avoir pour valeur 1 μF
- Toutes les valeurs de résistances utilisées doivent appartenir à la série E96 et être comprises entre 100 Ohm (inclue) et 1 MOhm (exclue), **à l'exception de la résistance shunt de 4 mOhm** ;
- La tension d'alimentation de l'INA286 doit être de 3,3 V ;
- L'INA286 doit être configuré pour un fonctionnement bidirectionnel, sans référence de tension externe ;
- La fréquence de coupure à -3 dB du filtre passe-bas différentiel doit être au plus proche de 100 Hz ;
- La fréquence de coupure à -3 dB du filtre passe-bas en sortie doit être au plus proche de 1 Hz.

Une simulation paramétrique de ce circuit devra être réalisée, montrant la tension de sortie du circuit du montage en fonction du courant traversant la résistance de shunt, en respectant les consignes suivantes :

- Le courant traversant la résistance de shunt devra varier de -5 A à +5 A par pas de 1 A ;
- Un curseur doit être positionné de manière à montrer la tension de sortie du montage pour un courant de 0 A.

LIVRABLES

- Le fichier « 47_FNAT_16_Electronique_REGION_A1_T2.asc » doit comprendre le schéma réalisé ainsi qu'une directive (commande) de simulation fonctionnelle ;
- Une capture d'écran doit être réalisée et collée dans le fichier de résultats « 47_FNAT_16_Electronique_REGION_Resultats_A1.docx » dans l'encadré prévu à cet effet. Celle-ci doit permettre de visualiser à la fois le circuit ainsi que la courbe de simulation et les valeurs de gain du curseur placé. **Toutes les valeurs (composants, axes de simulation, fréquence et gains des curseurs) doivent être lisibles pour l'évaluation.**
- Les calculs réalisés pour les valeurs des composants doivent être saisis dans le fichier de résultats à l'aide de l'éditeur d'équation Microsoft Word dans l'encadré prévu à cet effet, ou bien de manière manuscrite sur le document papier fourni.

TACHE 3 – CIRCUIT DE GESTION D’ALIMENTATION

Dans cette tâche, il est demandé au compétiteur de concevoir le circuit de gestion d’alimentation permettant d’alimenter les circuits de mesure en 3,3 V sous le logiciel Fusion 360 Electronics.

Cette tension de 3,3 V sera générée en deux étapes, à partir de la tension du port USB-C :

- La première étape consiste à abaisser la tension du port USB-C, qui peut varier de 5 V à 48 V, jusqu’à un niveau de 3,65 V à l’aide d’un convertisseur de tension DC/DC abaisseur (type « buck ») ;
- La seconde étape consiste à abaisser de nouveau cette tension de 3,65 V jusqu’à 3,3 V, mais cette fois à travers un régulateur de tension linéaire (type « LDO ») pour s’assurer d’une tension précise et à faible bruit.

Les circuits intégrés pour la réalisation de ces deux étapes sont respectivement le MCP16331T-E/CH ainsi que le MCP1801T-3302I/OT dont les datasheets sont fournies en Annexe 4 et 5.

Les composants passifs accompagnant les circuits intégrés pour le schématique de ce montage devront **exclusivement être sélectionnés parmi ceux de la librairie Fusion 360 Electronics fournie nommée « 47_FNAT_16_ELECTRONIQUE_A1_LIB ».**

Aucune autre librairie, locale ou distante, ne sera autorisée. La nomenclature des composants de cette librairie est donnée en Annexe 6.

Les symboles d’alimentations (alimentations et masses) seront à prendre dans la librairie **Power_Symbols** intégrée dans Fusion 360.

La tension d’entrée du port USB-C, la tension en sortie du circuit abaisseur et enfin celle en sortie du régulateur devront respectivement être dénommées VUSB, VBUCK et VLDO.

Le compétiteur doit réaliser le schéma du circuit dans le dossier Fusion 360 « **MODULE A1** » au sein du projet **47_FNAT_16_ELECTRONIQUE_A1_PRJ** présent sur le logiciel Fusion 360 Electronics.

Ce projet **comporte déjà** un schématique nommé **47_FNAT_16_ELECTRONIQUE_A1_SCH** vide dans lequel il faut réaliser le schéma demandé sur une seule feuille.

Ce schéma doit respecter les standards industriels de qualité de saisie des schémas électronique. Le compétiteur pourra s’appuyer sur les applications de référence des composants présentes dans leur datasheet respective.

Aucun routage n’est demandé dans ce module, seule la saisie du schématique est attendue.

LIVRABLES

- Le compétiteur devra sauvegarder son schéma sous Fusion 360 Electronics pour une récupération ultérieure.
- Le compétiteur devra également exporter son schéma dans le dossier informatique de la compétition présent sur le bureau du poste informatique au format PDF sous le nom « 47_FNAT_16_Electronique_REGION_A1_T3.pdf »
- Une capture d’écran doit être réalisée et collée dans le fichier de résultats « 47_FNAT_16_Electronique_REGION_Resultats_A1.docx » dans l’encadré prévu à cet effet. Celle-ci doit permettre de visualiser l’ensemble du circuit et les valeurs de chacun des composants.
- Les calculs réalisés pour les valeurs des composants doivent être saisis dans le fichier de résultats à l’aide de l’éditeur d’équation Microsoft Word dans l’encadré prévu à cet effet, ou bien de manière manuscrite sur le document papier fourni.

LISTE DES ANNEXES

- **Annexe 1 : Planning Global ;**
- **Annexe 2 : Barème Global ;**
- **Annexe 3 : Datasheet de l'INA286 ;**
- **Annexe 4 : Datasheet du MCP16331 ;**
- **Annexe 5 : Datasheet du MCP1801 ;**
- **Annexe 6 : Nomenclature de la librairie de composants Fusion 360 Electronics ;**
- **Annexe 7 : Tableau de valeurs de résistances de la série E96**
- **Fichier de résultats du module A1**