
Conception et test des circuits CMOS analogiques

Conception transmetteur de
puissance sans fil
entièrement intégré

Alexandre Boyer
Alexandre.boyer@insa-toulouse.fr
www.alexandre-boyer.fr

INSA de Toulouse

2016/2017

I.	Objectifs d'apprentissage	3
II.	Planning de l'activité	4
III.	Organisation des groupes.....	5
IV.	Cahier des charges.....	6
1.	Objectif général	6
2.	Fonctionnalités attendues.....	6
3.	Modes de fonctionnement.....	7
4.	Spécifications détaillées des fonctions.....	9
5.	Caractéristiques électriques attendues.....	12
6.	Contraintes environnementales et de robustesse	13
7.	Blocs analogiques à concevoir.....	14
8.	Hypothèses de simulation	14
V.	Travail demandé.....	15
1.	Rapport de spécification.....	15
2.	Rapport de conception	15
VI.	Support	16

I. Objectifs d'apprentissage

Le but du cours de conception des circuits CMOS analogiques est d'acquérir les connaissances, l'expertise et le savoir-faire nécessaire pour spécifier et concevoir un circuit intégré analogique en technologie CMOS en utilisant des outils de conception industriels.

Compétences en conception de circuits analogiques

1. Etre capable de mettre en place un flot typique de conception « full custom » d'un circuit analogique à l'aide d'un outil de CAO industriel (Figure 1)

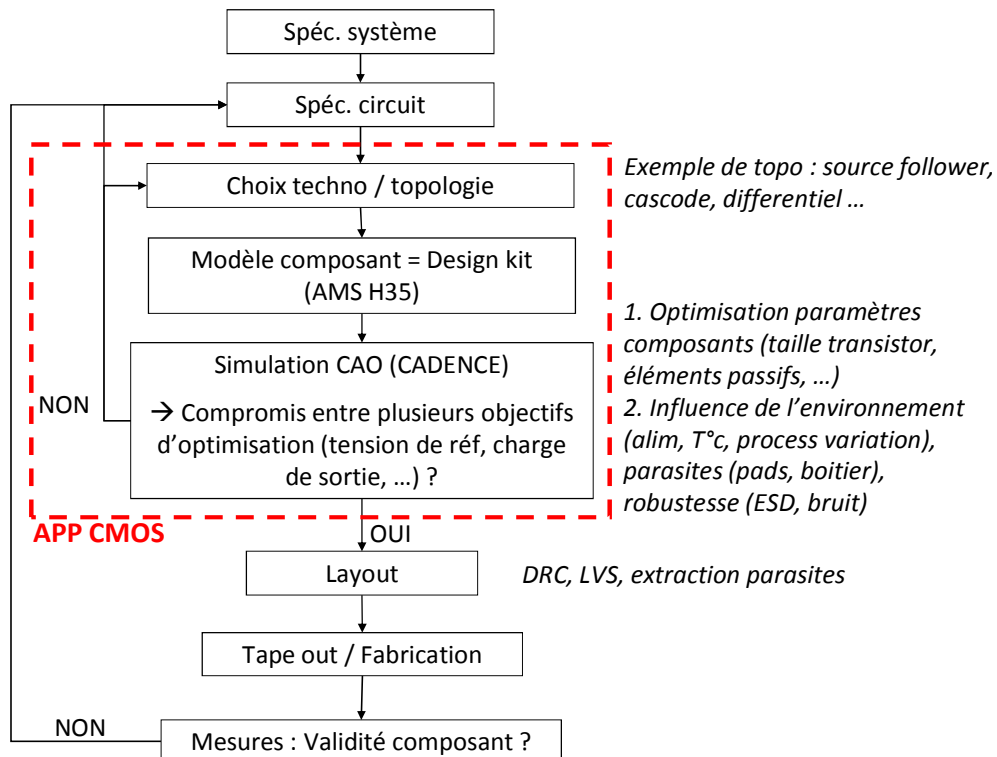


Figure 1 - Flot de conception typique d'un circuit intégré analogique

2. A partir d'un cahier des charges, être capable de proposer une spécification détaillée comprenant un schéma-bloc fonctionnel, une vue brochage, et une topologie (architecture à base de transistor) pour le circuit demandé.
3. Concevoir un circuit à l'aide d'un design kit (sélectionner les composants disponibles, connaître leurs caractéristiques, leurs limites)
4. Etre capable de mettre en œuvre et interpréter les principales simulations électriques proposées par les outils de CAO pour prédire les caractéristiques d'un circuit analogique.

5. Savoir optimiser le schéma électrique d'un circuit et trouver un compromis entre les différents paramètres du circuit, en fonction d'un cahier des charges (contraintes en terme de performances, robustesse aux parasites, exigences environnementales, variations process)

II. Planning de l'activité

Le cahier des charges du projet de conception à réaliser sera distribué en début d'UF (voir partie IV). Les 6 premières séances de travail seront dédiées à la compréhension du sujet, à la recherche bibliographique, à la proposition d'un schéma-bloc fonctionnel du circuit, d'un brochage, d'architecture détaillée de blocs analogiques. Ces séances se font sous la forme d'un travail en groupe. A l'issue de ce travail, un document de spécification du circuit sera rédigé. Les objectifs de ce rapport sont explicités dans la partie V - Travail demandé. Il devra suivre le template `Specification_report_WPT_GpeX_2016.doc`. En outre, une séance de restructuration est prévue afin de répondre à l'ensemble des questions scientifiques et techniques.

La deuxième partie du projet sera consacrée à la conception assistée par ordinateur (sous l'environnement Cadence à l'AIME) de certains des blocs analogiques du circuit. L'objectif est de proposer une schématique électrique optimisée des blocs analogiques, répondant à l'ensemble des exigences du cahier des charges. L'ensemble des simulations seront faites à l'aide des modèles fournis par le design kit AMS H35B4S3. Au fur et à mesure des séances de simulation, les contraintes élémentaires seront rajoutées afin de satisfaire au cahier des charges. Finalement, le bon fonctionnement du circuit dans un environnement hostile (variation de température, ondes électromagnétiques, bruits, ...) sera vérifié tout en considérant les imperfections technologiques (variations du process technologique). A l'issue de ces séances de simulation, un rapport de conception sera rédigé. Les objectifs de ce rapport sont explicités dans la partie V - Travail demandé. Il devra suivre le template `Fiche synthese English version.doc`.

Cet APP sera couplé à l'enseignement de l'anglais. Les rapports et la présentation finale seront réalisés en anglais.

Ci-dessous, le planning des séances.

Semaine	Activité	Objectifs
40	Séance APP 1	Présentation de l'enseignement Démarrage du travail de spécification
	Séances APP 2 et 3	Création de la spécification détaillée
41	Séance APP 4	Création de la spécification détaillée
43	Séances APP 5 et 6	Cours de restructuration Finalisation du rapport de spécification détaillée
	TP Simulation 1	Prise en main de l'outil de conception/simulation
44	TP Simulation 2 et 3	Simulation fonctionnelle
	Validation de l'anglais	Remise du rapport de spécification à l'enseignant d'anglais
45	Remise du rapport de	A remettre avant le mardi 8/11/2015 à 23h59

	spécifications	
46	TP Simulation 4	Simulation fonctionnelle
47	TP Simulation 5	Optimisation des performances, simulations corner PVT
49	TP Simulation 6	Optimisation des performances, simulations corner PVT
	Séance APP 7	Séance en autonomie, finalisation du rapport de conception
50	Validation de l'anglais	Remise du rapport de spécification à l'enseignant d'anglais
	Séance APP 8	Séance en autonomie, finalisation du rapport de conception
1	Remise du rapport de conception	A remettre avant le mardi 3/01/2016 à 23h59
3	Soutenance finale (cours d'anglais)	Exposés oraux en anglais : Présentation du travail de conception le mercredi 18/01/2016 de 14 à 17h.

Evaluation :

- **1 note d'anglais (exposés oraux et documents écrits)**
- **1 note de projet (exposés oraux, rapport de spécification, rapport de conception)**

III.Organisation des groupes

Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
BARNETCHE Vincent	BOBSIN Cristina Rafaela	CHETOULANI Saliha
BENAICHA Mohamed Taha	CHATELAIS Julien	LESUR Ludovic
EL HADAD Nidal	HARRAS El Mehdi	RCHI Anas
LEURENT Theophile	ROQUES Benjamin	ROUANE Aness
VAN WIJK Gido		

IV. Cahier des charges

1. Objectif général

L'objectif de ce projet est la conception d'un transmetteur de puissance sans fil intégré, dédié à une station de recharge pour petit appareil électronique mobile (smartphone principalement) implanté dans des véhicules. On entend par "intégré" un circuit intégré réunissant sur une même puce l'ensemble des blocs fonctionnels de ce transmetteur, à l'exception des bobines inductives et de quelques composants passifs. La finalité est de limiter le nombre de composants externes et donc le coût de l'application. La Figure 2 décrit le principe de fonctionnement d'une transmission de puissance sans fil. Dans la suite du document, on appellera récepteur le circuit de réception de la puissance transmise et la charge à alimenter.

La station de base doit répondre au standard Qi, développé par le Wireless Power Consortium, afin d'assurer une interopérabilité avec une majorité d'appareils mobiles. Elle sera conforme avec la version WPC 1.1.2 de la spécification Qi. Le circuit proposé sera un transmetteur de type A6.

Le circuit sera alimenté directement par la batterie du véhicule. Celui pourra fonctionner de manière autonome (sans circuit hôte), ou interfacer avec un microcontrôleur hôte.

La station de charge pourra délivrer au récepteur une puissance maximale de 5 W, avec une efficacité maximale de 70 %. Le récepteur régulera la tension délivrée à la charge à 5 V.

La technologie identifiée pour la réalisation de ce circuit est une technologie High Voltage 50 V CMOS 0.35µm à 4 niveaux de métaux (process H35B4S1) fournie par Austria MikroSystem (AMS). L'outil de CAO CADENCE sera utilisé pour l'ensemble des simulations de validation et d'optimisation de votre schématique.

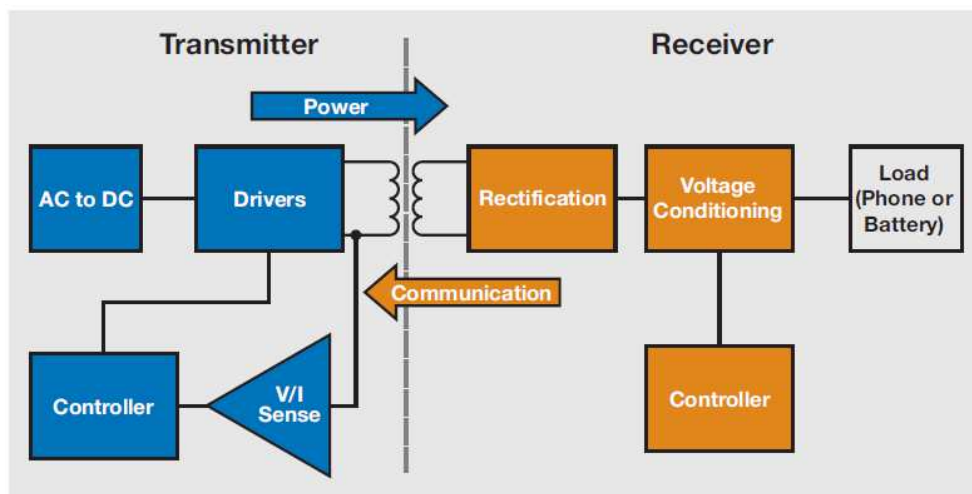


Figure 2 - Schéma de principe d'une transmission de puissance typique selon le standard Qi [Texas Instruments]

2. Fonctionnalités attendues

Le circuit devra réaliser les fonctionnalités listées ci-dessous et détaillées dans la partie 4 :

- le circuit intégrera un contrôleur digital qui gèrera le fonctionnement du transmetteur
- un buffer de sortie qui excitera les bobines inductives (type A6)
- un démodulateur ASK assurant la réception des trames envoyées par le récepteur
- trois régulateurs délivrant les tensions internes à partir de l'alimentation batterie
- une interface I2C pour dialoguer avec un microcontrôleur hôte
- une protection contre un courant excessif délivré par le transmetteur (OCP)
- une protection contre un échauffement interne excessif (OTP)
- une protection contre l'échauffement de l'environnement proche (NTC)
- une détection d'objets étrangers placés à proximité l'interface de charge (FOD)
- un circuit de Reset : soit par événement externe (broche Reset dédiée), soit par un Power-On-Reset (POR), soit par la commande I2C appropriée envoyée par le microcontrôleur hôte
- un statut de faute indiquant une condition d'erreur à un microcontrôleur hôte
- un driver de LED indiquant le statut du composant

On notera dans les suites les conditions d'erreur :

- OCP: Overcurrent protection
- OTP: Overtemperature protection (on-chip)
- NTC: protection contre l'échauffement externe (par une thermistance NTC)
- FOD : Foreign object detection

3. Modes de fonctionnement

La Figure 3 présente un diagramme de transition entre les différents modes de fonctionnement du circuit, conforme à la spécification QI WPC 1.1.2.

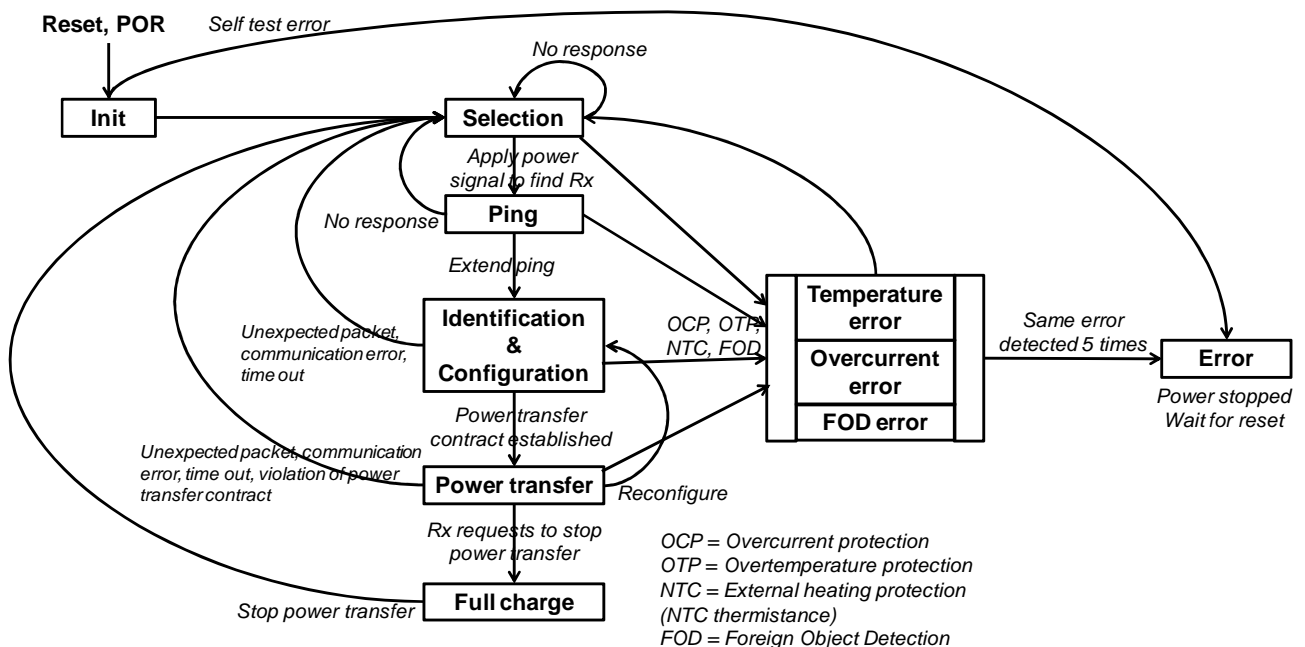


Figure 3 - Mode de fonctionnement du transmetteur de puissance sans fil

Ci-dessous, la liste des modes de fonctionnement nominaux du transmetteur :

- **Mode Init** : le circuit entre dans ce mode après un événement de type Power-On-Reset (POR), mise à 0 de la broche Reset ou par la commande I2C appropriée envoyée par microcontrôleur hôte. Le buffer de sortie est flottant. Dans ce mode, le circuit teste l'intégrité des fonctions internes (Self test); les tests effectués ne sont pas détaillés. En cas de problème, elle part directement en mode Error.
- **Mode Selection** : durant cette phase, le transmetteur tente de détecter un récepteur à proximité de l'interface de charge, en envoyant régulièrement des pings courts de puissance. Le buffer de sortie est activé. La fréquence de transmission est fixée à 175 kHz. S'il obtient une réponse favorable, il passe en mode Ping. Sinon, il reste en mode Selection. Il rentre dans un des 4 modes d'erreurs en cas de conditions d'erreur (OCP, OTP, NTC, FOD).
- **Mode Ping** : le transmetteur effectue un Ping Digital et attend la réponse du récepteur. En cas de réponse, il étend le ping et passe dans le mode Identification & configuration. Sinon, il retourne en mode Selection. Il rentre dans un des 4 modes d'erreurs en cas de conditions d'erreur (OCP, OTP, NTC, FOD).
- **Mode Identification & configuration** : le transmetteur identifie le récepteur et obtient les informations de configuration du transfert de puissance (puissance maximale fournie par le récepteur à sa charge). Le contrat de transfert de puissance est établi. Le transmetteur passe ensuite en mode Power transfer. En cas d'échec d'établissement du contrat de transfert de puissance, le transmetteur retourne en mode Selection. Il rentre dans un des 4 modes d'erreurs en cas de conditions d'erreur (OCP, OTP, NTC, FOD).
- **Mode Power Transfer** : le transmetteur transfère la puissance au récepteur de manière continue. La puissance transmise est ajustée en fonction des trames envoyées par le récepteur. Le transmetteur indique à l'utilisateur le transfert de puissance à l'aide des LEDs externes. En cas de violation du contrat de transfert de puissance ou d'erreur de communication, le transfert de puissance est suspendu et le transmetteur retourne en mode Sélection. Il rentre dans un des 4 modes d'erreurs en cas de conditions d'erreur (OCP, OTP, NTC, FOD).
- **Mode Full charge** : le circuit entre dans ce mode dès que le récepteur lui transmet la trame End Of Charge. Le transmetteur suspend la transmission de puissance et reste dans ce mode pendant 5 s. Il indique à l'utilisateur la fin du transfert de puissance à l'aide des LEDs externes. Il retourne enfin dans le mode Sélection.

Il existe 4 modes d'erreur décrits ci-dessous.

- **Mode Temperature Error** : le transmetteur entre dans ce mode dès qu'une condition de température interne (OTP) ou externe (NTC) excessive est détectée (voir partie 4 pour plus de détails). Le transfert de puissance est stoppé, le buffer de sortie est laissé flottant. Une broche de statut de faute (Fault Status) est mise à 0, un des flags du registre d'erreur du contrôleur se lève (statut accessible par

commande I2C). Le transmetteur indique à l'utilisateur l'entrée dans un mode d'erreur à l'aide des LEDs externes. Le transmetteur sort de ce mode quand la température interne ou externe passe en dessous d'un seuil donné (voir partie 4 pour plus de détails) et retourne dans le mode Selection.

- **Mode Current Error** : le transmetteur entre dans ce mode dès que le courant délivré par le buffer de sortie devient excessif (voir partie 4 pour plus de détails). Le transfert de puissance est stoppé, le buffer de sortie est laissé flottant. Une broche de statut de faute (Fault Status) est mise à 0, un des flags du registre d'erreur du contrôleur se lève (statut accessible par commande I2C). Le transmetteur indique à l'utilisateur l'entrée dans un mode d'erreur à l'aide des LEDs externes. Le transmetteur reste dans ce mode pendant 30 secondes avant de retourner dans le mode Selection.
- **Mode FOD Error** : le transmetteur entre dans ce mode dès qu'un objet étranger est détecté à proximité de l'interface de charge (voir partie 4 pour plus de détails). Le transfert de puissance est stoppé, le buffer de sortie est laissé flottant. Une broche de statut de faute (Fault Status) est mise à 0, un des flags du registre d'erreur du contrôleur se lève (statut accessible par commande I2C). Le transmetteur indique à l'utilisateur l'entrée dans un mode d'erreur à l'aide des LEDs externes. Le transmetteur reste dans ce mode pendant 30 secondes avant de retourner dans le mode Selection.
- **Mode Error** : le transmetteur rentre dans ce mode d'erreur si une même condition d'erreur (OCP, OTP, NTC, FOD) s'est reproduite plus de 5 fois d'affilée ou si le Self test n'a pas donné un résultat satisfaisant. Le buffer de sortie est flottant, le régulateur fournissant la tension analogique est arrêté, le contrôleur passe dans un mode de sûreté. Le contenu des registres internes reste accessible par commande I2C. Il ne peut en sortir qu'après un Reset.

4. Spécifications détaillées des fonctions

Le tableau ci-dessous liste l'ensemble des spécifications. Pour des raisons de simplicité, les spécifications de certains blocs ne seront pas détaillées.

a. Alimentation

Le transmetteur fonctionne avec comme seule source d'énergie la batterie du véhicule, dont la tension est notée V_{BAT} . Sa valeur nominale est 12 V, mais le transmetteur devra continuer à fonctionner sans pertes de performances avec une tension batterie comprise entre 7 et 19 V. Elle alimentera directement le buffer de sortie et les régulateurs fournissant les autres tensions externes.

Le transmetteur intègre 3 régulateurs linéaires de type LDO (Low DropOut voltage) dédiés à l'alimentation des blocs basses tensions :

- LDO_D : ce LDO alimente les blocs digitaux du transmetteur et les entrées-sorties digitales. Il fournira une tension nominale de 3.3 V +/- 100 mV, et un courant maximal de 100 mA.
- LDO_A : ce LDO alimentera les blocs analogiques du transmetteur. Il fournira une tension nominale de 3.3 V +/- 100 mV, et un courant maximal de 20 mA.
- $LDO_{4.1}$: ce LDO fournira les tension de polarisation des LEDs externes. Il fournira une tension nominale de 4.1 V +/- 100 mV, et un courant maximal de 30 mA.

Une broche externe sera dédiée à la sortie de chacun de ces régulateurs pour appliquer un découplage externe.

Le nombre de paires d'alimentation et le boîtier devront être choisis afin d'assurer un bon fonctionnement du contrôleur et une dissipation thermique suffisante.

b. Reset

Le transmetteur dispose de trois mécanismes de Reset, permettant de ramener le circuit en mode Init :

- Power-On-Reset (POR) : dès que la tension d'alimentation du cœur digital passe en dessous de 2.6 V, le transmetteur cesse de fonctionner. Dès que celle-ci passe au-dessous de 2.8 V, le circuit détecte une condition de POR.
- Mise à '0' de la broche Reset : une broche /Reset est dédiée à un Reset externe du transmetteur. Un niveau bas appliqué pendant plus de 10 μ s sur cette entrée force le passage en mode Reset. Le transmetteur entre en mode Init une fois le niveau bas relâché (tension appliquée supérieure à 2.4 V). Une résistance de pull-up externe sera placée sur cette broche.
- Commande I2C Reset : le microcontrôleur hôte pourra forcer un mode Reset en envoyant une commande Reset par bus I2C.

En mode Reset, le buffer de sortie est laissé flottant, les registres internes du contrôleur et l'interface I2C sont réinitialisés, la PLL et l'ADC est désactivée.

c. Contrôleur

Le contrôleur est le bloc central du transmetteur : il gère le fonctionnement général du composant, le passage dans les différents modes, la commande du buffer de sortie et la puissance transmise au récepteur, le traitement des messages reçus par le démodulateur et par l'interface I2C, les protections matérielles du composant, le diagnostic du circuit.

Seule la commande du buffer de sortie sera décrite ici. Le contrôleur est cadencé à l'aide d'un oscillateur à quartz interne, fonctionnant à 2 MHz.

La fréquence de commutation du buffer de sortie sera comprise entre 120 et 205 kHz , le rapport cyclique compris entre 10 et 50 %. En mode Selection, la fréquence sera fixée à 175 kHz et le rapport cyclique à 50 %. Les signaux de commande du buffer de sortie seront issus d'une PLL interne au transmetteur, fonctionnant au moins sur la plage entre 100 - 220 kHz.

La communication avec un microcontrôleur externe se fait via une interface série I2C. Via ce bus, le microcontrôleur hôte pourra diagnostiquer l'état du transmetteur via les registres de statut, accéder aux registres de test et forcer un reset. Le bus I2C fonctionnera à 100 kHz.

d. Buffer de sortie

Le buffer de sortie sera compatible avec une bobine de type A6 (voir QI WPC 1.1.2). Il sera chargé par un réseau LC comme spécifié dans la spécification QI WPC 1.1.2. La puissance de sortie sera contrôlée par la

fréquence et le rapport cyclique de la commande fournie par le contrôleur. Le contrôleur fixera aussi le dead time des signaux en sortie des buffers de puissance. Le courant maximal délivré par chaque sortie du buffer sera de 1.5 A. Le buffer de sortie sera directement alimenté par la tension de la batterie. Le buffer devra pouvoir fonctionner sur toute la plage de fonctionnement de la tension batterie (voir partie a).

e. Démodulation

La démodulation se fera à partir de la lecture du courant délivré par le buffer de sortie. La démodulation sera de type ASK. Les trames reçues par le démodulateur seront ensuite écrites dans le registre de réception du contrôleur, qui agira en conséquence. Les fonctionnalités, les spécifications du démodulateur ne seront pas détaillées.

f. Convertisseur analogique-numérique

Le transmetteur intégrera un convertisseur analogique-numérique 12 bits. Celui-ci sera utilisé dans le cadre des protections OTP et FOD. Le résultat de conversion sera écrit dans un registre interne du contrôleur. Ses spécifications ne seront pas détaillées. Le convertisseur relèvera régulièrement la tension délivrée par le buffer de sortie et la tension d'alimentation du buffer de sortie (dans le cadre du FOD), ainsi que la température interne (dans le cadre du SW-OTP).

g. Overcurrent Protection (OCP)

Lorsque le courant délivré par les 3 sorties dépassent 4.5 A +/- 0.1 A. La mesure sera faite en interne du composant. Un bloc analogique détectera la condition de courant excessif et mettra à l'état '1' un signal digital interne OTP transmis au contrôleur. La mise à '1' de ce signal fera passer le transmetteur en mode Current Error. Le déclenchement de cette erreur devra se faire en moins de 100 µs.

h. Overtemperature Protection (OTP)

Le transmetteur intégrera deux mécanismes de détection de condition de température interne excessive :

- Software OTP (SW-OTP) : ce mécanisme de protection se déclenche lorsque la température interne du composant dépassera 120 °C +/- 1°C et conduira au passage en mode Temperature Error. Dès que la température interne passera en dessous de 80°C +/- 1°C, le transmetteur sortira de ce mode et retournera en mode Selection. Le SW-OTP sera géré par un capteur de température interne et le convertisseur analogique-numérique.
- Hardware OTP (HW-OTP) : il s'agit d'un mécanisme de protection supplémentaire se déclenchant au cas où le SW-OTP serait défaillant. Celui-ci se déclenche lorsque la température interne du composant est comprise entre 125°C et 150°C et conduira au passage en mode Temperature Error. Dès que la température interne passera en dessous de 80°C, le transmetteur sortira de ce mode et retournera en mode Selection. Le HW-OTP sera géré par un capteur de température interne, délivrant un signal digital interne HW-OTP au contrôleur. Celui-ci sera mis à l'état '1' en cas de température interne excessive.

i. External overheating Protection (NTC)

Afin de protéger le chargeur sans fil contre un éventuel auto-échauffement, un mécanisme de protection contre l'échauffement de l'environnement proche est prévu. Celui-ci est basé sur l'utilisation d'une thermistance de type Negative Temperature Coefficient (NTC). Le réseau NTC sera polarisé par l'alimentation

V_{DD} et sera connecté à une broche appelée Tsense. Lorsque la température externe dépassera $65^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, le mécanisme de protection se déclenchera et conduira au passage en mode Temperature Error. Dès que la température externe passera en dessous de $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, le transmetteur sortira de ce mode et retournera en mode Selection. Le mécanisme de protection NTC sera géré par un bloc analogique qui se déclenchera lorsque la tension appliquée à la broche Tsense sera inférieure à 1 V. Ce bloc délivrera un signal digital interne NTC au contrôleur qui sera mis à l'état '1' en cas de température externe excessive.

j. Foreign Object Detection (FOD)

Afin de limiter l'échauffement d'objets métalliques proches de l'interface de charge en phase de transfert de puissance, un mécanisme de détection d'objets étrangers est prévu. Celui-ci est basé sur la comparaison de puissance transmise et la puissance reçue par le récepteur. La puissance reçue est régulièrement envoyée par le récepteur pour ajuster la puissance à transmettre. La puissance transmise est mesurée par le contrôleur par une lecture de la tension d'alimentation du buffer de sortie (V_{PWR}) et du courant délivrée par les 3 sorties du buffer de sortie.

Si la puissance reçue est inférieure à la puissance transmise moins un seuil noté Threshold, alors le mécanisme de protection FOD sera activé et le transmetteur passera en mode FOD error. La précision de la lecture de la tension devra être inférieure à 5 mV, celle du courant inférieure à 3 mA.

Par défaut, le seuil Threshold aura comme valeur 250 mW. Il sera réglable à l'aide de deux entrées digitales. Il pourra être augmenter de 100 ou 200 mW et réduit de 100 mW.

k. Fault status

Une broche appelée /FS (Fault Status) indiquera le passage dans un mode d'erreur à un microcontrôleur hôte. Celle-ci sera mise à '0' lors du passage en mode faute. Elle sera relâchée lors de la sortie d'un mode d'erreur. Une résistance de pull-up externe forcera sa mise à '1'.

l. Driver de LED

Deux LEDs externes appelées LED1 et LED2 indiqueront l'état de fonctionnement du transmetteur, selon le tableau ci-dessous.

MODE	Selection, Identification & Config.	Ping, Power transfer	Full charge	Error (OTP, NTC, OCP)	FOD Error
LED1	OFF	ON	Blink 0.5s	OFF	OFF
LED2	OFF	OFF	OFF	ON	Blink 0.5 s

5. Caractéristiques électriques attendues

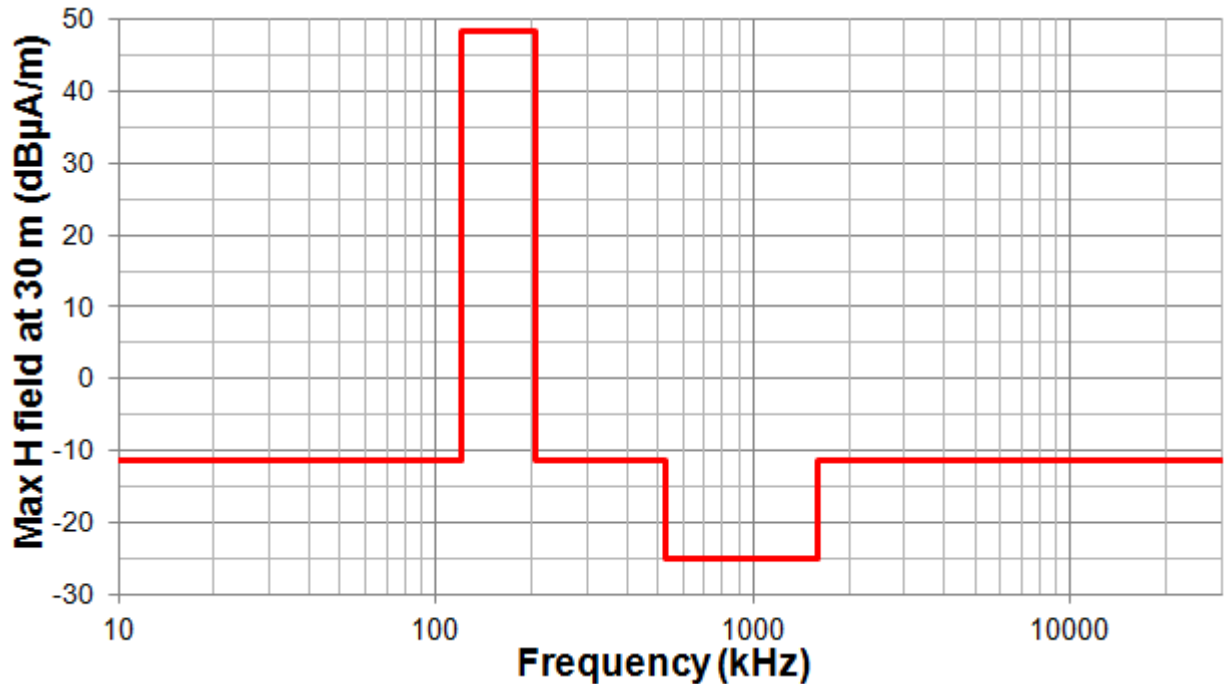
	Paramètres	Valeurs
Tension d'alimentation	Tension d'alimentation V_{BAT}	7 - 19 V
Buffer de sortie	Courant maximal	4.5 A
	Fréquence de fonctionnement	120 - 205 kHz

	Rapport cyclique	10 - 50 %
	Tension de sortie High side	> VBAT - 4.7 V
	Tension de sortie Low side	< 3.8 V
LDO bloc digitaux	Tension de sortie V_{DD}	3.2 - 3.4 V
	Courant maximal	50 mA
LDO blocs analogique	Tension de sortie V_{DDA}	3.2 - 3.4 V
	Courant maximal	15 mA
LDO LED	Tension de sortie $V_{DD4.1}$	4 - 4.2 V
	Courant maximal	30 mA
Entrée-sortie digitale	V_{OL}, I_{OL}	0.3 V, 6 mA
	V_{OH}, I_{OH}	$V_{DD}-0.6$ V, 6 mA
	V_{IH}	2.1 V
	V_{IL}	1.4 V

6. Contraintes environnementales et de robustesse

	Paramètres	Valeurs
Gamme de température	Température de stockage	-40°C - +150°C
	Température de fonctionnement ambiante	-40°C - +80°C
	Température de jonction en fonctionnement	-40°C - +125°C
ESD	HBM	+/- 2 kV
	CDM	+/- 750 V

L'application de transfert de puissance sans fil dans laquelle sera montée le circuit intégré devra respecter la norme de compatibilité électromagnétique EN 55011 (concernant les appareils industriels, scientifiques et médicaux), donnant des limites d'émission conduites et rayonnées. Le graphique ci-dessous donne la limite d'émission rayonnée à 30 m en basse fréquence.



Le transmetteur devra être qualifié AEC-Q100 revision G - Grade 3.

7. Blocs analogiques à concevoir

Il est demandé de travailler sur les blocs analogiques suivants :

- le buffer de sortie et sa commande
- le capteur de température interne et le mécanisme de déclenchement de HW-OTP
- la chaîne de mesure du courant délivré par le buffer de sortie et le mécanisme de déclenchement de OCP
- Le mécanisme de déclenchement de NTC

8. Hypothèses de simulation

Les simulations s'appuieront sur le design kit AMS CMOS 0.35 μm 4 niveaux de métaux, design kit AMS H35 HIT Kit v4.1, modèle de transistor CMOS BSIM3v3.

On modélisera les bobines émettrices par une inductance de 12.5 μH . Celles-ci auront une fréquence de résonance de 14 MHz et présenteront un facteur de qualité de 100 à 125 kHz. On modélisera la bobine réceptrice par une inductance de 11 μH . Elle aura une fréquence de résonance de 16 MHz et présentera un facteur de qualité de 30 à 125 kHz.

Le facteur de couplage avec la bobine réceptrice variant avec la distance, celui-ci pourra varier entre 0.3 et 0.6.

Afin de simplifier le travail de simulation, on modélisera le récepteur (le rectifieur et sa charge) par une résistance constante de 10 Ω . Le bloc de communication du récepteur sera ignoré.

Les blocs analogiques seront chargés par une capacité de 0.1 pF.

V. Travail demandé

Il vous est demandé de :

- 1. Fournir un rapport de spécifications détaillées du composant. Ce document devra être rédigé en anglais et suivre la trame qui vous est imposée.
- 2. Proposer et optimiser une schématique du circuit sous CADENCE. A l'issue de cette étape, un rapport donnant les performances attendues du circuit sera délivré. Ce document devra être rédigé en anglais et suivre la trame qui vous est imposée.

Date limite de rendu des rapports :

- Rapport de spécifications détaillées : avant le **mardi 8/11/2016 à 23h59**
- Rapport de conception : avant le **mardi 3/01/2016 à 23h59**

Les rapports seront envoyés à : alexandre.boyer@insa-toulouse.fr.

1. Rapport de spécification

La trame du rapport de spécification est donnée par le document :

Specification_report_WPT_GpeX_2016.doc.

Le rapport de spécifications fournira :

- une explication succincte du fonctionnement du circuit
- un schéma-bloc fonctionnel interne du circuit
- la liste des entrées-sorties du circuit et leurs contraintes
- les spécifications à respecter pour le circuit
- les spécifications détaillées pour les blocs analogiques qui seront conçus dans la suite

Il est conseillé d'adopter un style concis et précis, s'appuyant sur des schémas, des tableaux, des graphiques pour faciliter sa lecture. Le rapport sera écrit en anglais.

2. Rapport de conception

La trame du rapport de conception est donnée par le document :

Fiche synthese English version.doc.

Le rapport de conception suit le format d'un article scientifique, dont la longueur ne devra pas excéder 6 à 8 pages avec annexes. Ce rapport devra fournir pour chacun des blocs simulés :

- un rappel des performances attendues
- la ou les schémas électriques détaillés
- une explication du principe de fonctionnement

- les résultats de simulation montrant les différentes performances fonctionnelles, justifiant les choix de conception effectués
- les résultats de simulation montrant les différentes performances environnementales, justifiant les choix de conception effectués
- un résumé des performances attendues

Il est conseillé d'adopter un style concis et précis, s'appuyant sur des schémas, des tableaux, des graphiques pour faciliter sa lecture. Les résultats de simulation devront être facilement lisibles et interprétables. Le rapport sera écrit en anglais.

VI. Support

Les documents suivants vous sont fournis pour vous aider à réaliser ce projet :

- Version électronique du livre : Gray, Hurst, Lewis, Meyer, "Analysis and Design of Analog Integrated Circuits - 5th Edition" (en priorité les chapitres 4, 6, 7 et 9)
- QI Specifications, "System Description Wireless Power Transfer - Vol 1: Low Power - Part 1: Interface Definition - version 1.1.2", June 2013
- ENG-238, "0.35 μm 50 V CMOS Process Parameters - revision 6.0", Austria MikoSystems, 2009
- ENG-298, "0.35 μm 50 V CMOS Parasitic Devices - revision 3.0", Austria MikoSystems, 2014
- ENG-314, "0.35 μm HV ESD Design Rules - revision 2.0", Austria MikoSystems, 2010
- ENG-236, "0.35 μm LV ESD Design Rules - revision 2.0", Austria MikoSystems, 2010
- CMOS design report - Aniba Benkhalfia de Reviens Saint-Martin.pdf : le rapport de conception d'un groupe d'étudiants de 2014-2015. Le travail présente la conception d'une référence de tension badgap.
- Design_Report_CMOS_Grp2_2015-01-8.docx : premier rapport de conception du transmetteur de puissance sans fil de 2015-2016.
- Design_report CMOS group3.pdf : premier rapport de conception du transmetteur de puissance sans fil de 2015-2016.
- Statut_design_2015-16.xlsx : statut des travaux de conception de l'année 2015 - 2016

Ceux-ci peuvent être téléchargés sur la page <http://www.alexandre-boyer.fr/enseignements.htm> .