

# CAHIER DES CHARGES

|                                                                                                                                             |                                                                |                      |      |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------|------|-----------|
| <b>Cahier des charges pour une prestation<br/>de conception de circuits intégrés analogiques pour<br/>la gestion de l'énergie de SoC RF</b> |                                                                |                      |      |           |
| Date : 21/05/2026                                                                                                                           |                                                                | Révision : 0.1       |      |           |
| N / Réf. : Chrono<br>DRT-LETI-DSYS-26-05-001244                                                                                             |                                                                | V / Réf. :           |      |           |
|                                                                                                                                             | Nom                                                            | Fonction             | Date | Signature |
| Rédacteur(s) :                                                                                                                              | P.VINCENT                                                      | Adj CdD du<br>DSYS   |      |           |
| Vérificateur(s) :                                                                                                                           | P.COUROUVE                                                     | Chef de<br>Projet    |      |           |
| Approbateur(s) :                                                                                                                            | F.CLERMIDY                                                     | Chef du<br>Dept DSYS |      |           |
| Liste de<br>diffusion :                                                                                                                     | Isabelle BOREL– Service Achats<br>Lorin Barini– Service Achats |                      |      |           |

## HISTORIQUE

| Nature des modifications                           | Auteur    | Date       | Version |
|----------------------------------------------------|-----------|------------|---------|
| Création du document                               | P.VINCENT | 21/05/2026 | 1.0     |
| Confidentialité 1 <sup>er</sup> Page               | P.VINCENT | 21/05/2026 | 1.1     |
| Modification suite échanges avec<br>Service achats | P.VINCENT | 08/06/2026 | 1.2     |

## CONFIDENTIALITE

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><input checked="" type="checkbox"/> Le présent cahier des charges ne contient aucune information de niveau « Diffusion Restreinte » ou « classifiées » ou relevant de la protection du potentiel scientifique et technique de la nation, ce qui permet la mise en ligne de ce document sur la plate-forme dématérialisée du CEA,</p> <p><input type="checkbox"/> Le présent cahier des charges contient des informations Diffusion Restreinte (DR) ou relevant de la Protection du Potentiel Scientifique et Technique de la Nation de ce fait la mise en ligne sur la plateforme dématérialisée du CEA de ce document <b>est possible via un conteneur chiffré ZED !</b>,</p> <p><input type="checkbox"/> Le présent cahier des charges contient des informations classifiées, de ce fait <b>la mise en ligne</b> sur la plate-forme dématérialisée du CEA de ce document <b>est strictement interdite</b>.</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## TABLE DES MATIÈRES

|          |                                                                                                                              |          |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>Contexte</b>                                                                                                              | <b>3</b> |
| <b>2</b> | <b>Objet de la prestation</b>                                                                                                | <b>3</b> |
| 2.1      | <i>Description de la prestation</i>                                                                                          | 3        |
| 2.2      | <i>Nature de la prestation</i>                                                                                               | 3        |
| <b>3</b> | <b>Tâches détaillées à effectuer</b>                                                                                         | <b>4</b> |
| 3.1      | <i>Tâche 1 : (ferme) Design d'un régulateur LDO pour SoC Radiofréquence</i>                                                  | 4        |
| 3.2      | <i>Tâche 2 : (ferme) Design d'un convertisseur DC/DC pour SoC Radiofréquence</i>                                             | 5        |
| 3.3      | <i>Tâche 3 : (option n°1) Reprise de la fonction LDO précédemment réalisée et optimisation des performances électriques.</i> | 5        |
| <b>4</b> | <b>Spécifications des fonctions</b>                                                                                          | <b>6</b> |
| 4.1      | <i>Spécification du LDO</i>                                                                                                  | 6        |
| 4.2      | <i>Spécification du convertisseur DC-DC converteur</i>                                                                       | 6        |
| <b>5</b> | <b>Données d'entrée</b>                                                                                                      | <b>7</b> |
| <b>6</b> | <b>Livrables et calendrier de réalisation</b>                                                                                | <b>7</b> |
| <b>7</b> | <b>Compétences requises</b>                                                                                                  | <b>7</b> |
| <b>8</b> | <b>Conditions d'exécution des prestations</b>                                                                                | <b>7</b> |
| 8.1      | <i>Mise à disposition de locaux et équipements</i>                                                                           | 7        |
| 8.2      | <i>Mise à disposition de fichiers ou programmes informatiques</i>                                                            | 7        |
| 8.3      | <i>Suivi</i>                                                                                                                 | 8        |
| 8.4      | <i>Confidentialité</i>                                                                                                       | 8        |
| <b>9</b> | <b>Contacts</b>                                                                                                              | <b>9</b> |

## 1 Contexte

Le Département système (DSYS) du LETI développe des systèmes intégrés multi-technologiques de type System-On-Chip (SoC) et System-In-Package (SiP) en utilisant des technologies de packaging et de circuits intégrés avancées à très forte complexité pour des partenaires industriels du domaine des télécommunications, aussi bien des grands groupes, que des PME et start-up et pour ses propres besoins de ressourcement R&D.

La mission se déroulera au sein du Département DSYS en relation directe avec les ingénieurs chercheurs travaillant sur la conception de systèmes sur puces radiofréquences. Le département s'appuie sur la forte compétence de ses ingénieurs et sur une plateforme complète pour le développement de prototypes et de petites séries de composants, systèmes ou outils innovants.

## 2 Objet de la prestation

La présente consultation s'inscrit dans un contexte de projet de conception de circuit Analog/RF en technologie FDSOI 22FDX de GF de fonctions de gestion d'énergie (Power Managment) pour l'alimentation des circuits.

Dans ce contexte, l'objet de la prestation porte sur le design de fonctions principalement analogiques, ainsi que quelques blocs numériques de faible complexité (logique de contrôle) de régulateurs de tension et convertisseurs de puissance DC-DC.

Les activités visées par ce développement couvrent ainsi la topologie de la fonction, la conception analogique, la vérification fonctionnelle et électrique, l'optimisation post Layout et l'ensemble des validations dans un flot de conception sous environnement Cadence Virtuoso. L'implémentation physique sera réalisée par le CEA, ainsi que son intégration au niveau top du circuit.

Ces développements devront suivre une spécification précise respectant les contraintes du cahier des charges. Il sera également demandé d'optimiser le fonctionnement post-layout en s'appuyant sur des simulations électriques et l'expertise du CEA.

Les travaux à réaliser sont décrits plus en détail ci-après.

### 2.1 Description de la prestation

La prestation envisagée se décompose comme suit :

- Une tranche ferme d'une durée de six (6) mois, portant sur la réalisation des tâches 1 et 2
- Une tranche optionnelle n°1 d'une durée de trois (3) mois supplémentaires, portant sur la réalisation de la tâche 3

Démarrage souhaité de la prestation (T0): **01 Septembre 2026.**

### 2.2 Nature de la prestation

Les travaux demandés dans le cadre de cette prestation consistent en la conception et l'implémentation physique de fonctions intégrés en technologie 22FDX de GF dans le domaine de la gestion d'énergie.

Les travaux consisteront plus spécifiquement à assurer :

- L'architecture (topologie), la conception (schéma) de la fonction
- La simulation et l'optimisation "pires cas" technologiques, en prenant en compte les contraintes de fonctionnement en température et gamme de tension d'alimentation DC et AC

- La validation des performances avec la prise en compte des éléments externes (Package, Board, capacité de découplage, ESD, la charge, fluctuations des alimentations, ...)
- La caractérisation en simulation après extraction des éléments parasites liés au Layout, ainsi que la prise en compte des plans de masse, d'alimentation et couplages divers pour garantir les performances en PSRR.
- Les revues de conception et layout. Synthèse et présentation des résultats de simulation, check list de conception.
- La documentation en anglais (rapport de conception)

Le détail des différentes tâches est décrit ci-dessous.

### 3 Tâches détaillées à effectuer

#### 3.1 Tâche 1 : (ferme) Design d'un régulateur LDO pour SoC Radiofréquence

La spécification du LDO se trouve au paragraphe 4.1

Les principaux travaux demandés sont indiqués ci-dessous :

- Définition de l'architecture du LDO et de la topologie la mieux adaptée
- Conception du circuit au niveau schéma en prenant en compte les contraintes d'environnement du LDO et la façon dont sont amenées les références de courant et de tension (Central Bias).
- Simulations au niveau schéma et schéma post extract layout
- Assemblage et validation top de la fonction
- Revue de design / Check List
- Documentation des travaux réalisés

**Calendrier :** Démarrage souhaité à T0 mois, durée 4 mois

**Livrables :**

| Taches                                                                                           | Livrables                                                                                                                                                                                                 | Date du Livrable |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| T1.1 :<br>Topologies électriques du LDO                                                          | - Description de la topologie des blocs électriques constituant la chaîne de réception électro Optique.<br>- Schéma électrique du LDO sous environnement CADENCE.<br>-simulation électrique typique       | T0 + 1 mois      |
| T1.2 :<br>Schéma électrique du LDO et évaluation des performances électriques aux variations PVT | - Programmation des tests bench de simulation sous environnement CADENCE<br>- tableau récapitulatif des résultats de simulation électrique aux variations process, tension d'alimentation et température. | T0 + 3 mois      |
| T1.3 :<br>Livraison du circuit et simulations post layout                                        | - Livraison des blocs versionnés dans l'environnement CADENCE.<br>-Synthèse des résultats de simulation électrique post Layout.<br>-Synthèse des résultats<br>-Check list & design review,                | T0 + 4 mois      |

### 3.2 Tâche 2 : (ferme) Design d'un convertisseur DC/DC pour SoC Radiofréquence

La spécification du convertisseur DC-DC se trouve au paragraphe 4.2

Les principaux travaux demandés sont indiqués ci-dessous :

- Définition de l'architecture du convertisseur DC/DC et de la topologie la mieux adaptée
- Conception du circuit au niveau schéma en prenant en compte les contraintes d'environnement du convertisseur DC/DC et la façon dont sont amenées les références de courant et de tension (Central Bias).
- Simulations au niveau schéma et schéma post extract layout
- Assemblage et validation top de la fonction
- Revue de design / Check List
- Documentation des travaux réalisés

**Calendrier :** Démarrage souhaité à T0 mois, durée 6 mois

**Livrables :**

| Taches                                                                                                           | Livrables                                                                                                                                                                                                                                                    | Date du Livrable |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| T2.1 :<br>Topologies électriques du Convertisseur DC-DC                                                          | - Description de la topologie des blocs électriques constituant la chaîne de réception électro Optique.                                                                                                                                                      | T0 + 1 mois      |
| T2.2 :<br>Schéma électrique du Convertisseur DC-DC et évaluation des performances électriques aux variations PVT | - Schéma électrique sous environnement CADENCE.<br>- Programmation des tests bench de simulation sous environnement CADENCE<br>- tableau récapitulatif des résultats de simulation électrique aux variations process, tension d'alimentation et température. | T0 + 3 mois      |
| T2.3 :<br>Livraison du circuit et simulations post layout                                                        | - Livraison des blocs versionnés dans l'environnement CADENCE<br>- Synthèse des résultats de simulation électrique post Layout.                                                                                                                              | T0 + 5 mois      |
| T2.4 :Revue de design / Check List / rapport de conception                                                       | -Synthèse des résultats<br>-Check list review,<br>-Rapport de conception                                                                                                                                                                                     | T0 + 6 mois      |

### 3.3 Tâche 3 : (option n°1) Reprise de la fonction LDO précédemment réalisée et optimisation des performances électriques.

La fonction LDO est intégrée dans un système sur puce très complexe géré par le CEA. Les simulations au niveau top de circuit seront menées par le CEA. Les résultats observés peuvent amener à des reprises de la fonction LDO réalisées pour améliorer les performances globales du système.

Cette tâche réalisera la reprise des blocs de la tâche 1 et en optimisera les performances au regard des contraintes systèmes et du layout top du circuit.

Les principaux travaux demandés sont indiqués ci-dessous :

- Optimisation des fonctions.
- Simulation, vérifications, optimisation et validation post-layout
- Assemblage et validation top de la fonction

- Revue de design / Check List
- Documentation des travaux réalisés

**Calendrier :** démarrage souhaité à T0 mois + 6 mois, durée 3 mois

**Livrables :**

| Taches                                                              | Livrables                                                                                                                                                            | Date du Livrable |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| T3.1 :<br>Optimisation des performances électriques du LDO optimisé | - Schéma électrique du ou des blocs optimisés sous environnement CADENCE.<br>- Synthèse des résultats de simulation des performances électriques aux variations PVT. | T0 + 7 mois      |
| T3.2 :<br>Livraison et simulations post layout du LDO optimisé      | - Livraison des blocs modifiés et versionnés dans l'environnement CADENCE<br>- Synthèse des résultats de simulation électrique post Layout.                          | T0 + 8 mois      |
| T3.3 :<br>Revue de design / Check List du LDO optimisé              | -Synthèse des résultats<br>-Check list review,<br>-Rapport de conception                                                                                             | T0 + 9 mois      |

## 4 Spécifications des fonctions

### 4.1 Spécification du LDO

Technologie silicium : **FDSOI 22FDx de GF** avec **BEOL stack #8 (10M)**

Température de fonctionnement : 0°C-70°C (Commercial range)

Spécifications électriques :

- Tension alimentation d'entrée du LDO: 1.2V
- Tension de sortie nominale : 0.8V
- Tension de sortie tunabilité : 0.65V à 1V (avec 3 bits de contrôle)
- Courant de charge du LDO : de 0.5mA à 100mA
- Découplage capacitif : Interne (optionnellement externe sur pad dédié)
- Rejection alimentation (PSRR) :
  - -60dB Typ @ 1KHz et -40dB pire cas PVT
  - -25dB typ @ 10MHz et -15dB pires cas PVT
  - -10dB pires cas @ 500MHz
- Output noise : < 100 nV/√Hz sur une bande de 10Hz à 750MHz
- Régulation de charge : < 20 uV/mA
- Temps de démarrage : pas de contrainte

### 4.2 Spécification du convertisseur DC-DC converteur

Technologie silicium : **FDSOI 22FDx de GF** avec **BEOL stack #8 (10M)**

Température de fonctionnement : 0°C-70°C (Commercial range)

Spécifications électriques :

- Tension alimentation d'entrée du DC-DC: pile bouton (1.55V à 3V)
- Tension de sortie nominale : 0.8V
- Tension de sortie tunabilité : 0.65V à 1V (avec 3 bits de contrôle)
- Courant de charge du DC-DC : de 1µA à 5mA
- Découplage capacitif : externe sur pad dédié
- Rejection alimentation (PSRR) :

- -40dB Typ @ 1KHz
- Output noise : < 100 nV/√Hz sur une bande de 10Hz à 750MHz
- Régulation de charge : < 20 uV/mA
- Temps de démarrage : pas de contrainte

## 5 Données d'entrée

Les données fournies pour la réalisation de la prestation demandée sont les suivantes :

- Architecture de référence et spécifications.
- Design Kit de la technologie FDSOI 22FDx de GF
- Support technique du chef de projet et de l'équipe projet.

## 6 Livrables et calendrier de réalisation

Les délais de réalisation souhaités et les livrables attendus sont identifiés pour chacune des tâches dans la section §3 de ce document. Ces livrables matérialiseront l'échéance de chaque lot et constitueront une clé de paiement.

Chaque livrable est remis en version provisoire au CEA pour transmission de ses observations éventuelles ou de son approbation sous 15 jours ouvrés suivant sa réception. Le livrable est remis au CEA en version définitive par le prestataire après intégration le cas échéant de ces observations, à la date fixée dans la commande.

Les délais mentionnés dans la commande tiennent compte des délais nécessaires au CEA pour l'approbation ou la remise d'observations sur la version provisoire.

Ces approbations ou observations intermédiaires ne peuvent en aucun cas différer ou décaler la date de remise des livrables.

Le prestataire doit prendre toutes dispositions pour solliciter en temps utiles toute décision du CEA lui permettant de remettre ses livrables en version définitive aux dates convenues.

Pour chaque prestation réalisée, une acceptation est effectuée par le correspondant du CEA après remise de tous les livrables en version définitive. Celle-ci donne lieu à l'établissement d'un procès-verbal d'acceptation signé contradictoirement par les parties.

## 7 Compétences requises

Le prestataire devra disposer d'une expertise dans le domaine de la conception analogique avec en particulier une forte expérience dans la conception de circuits de gestion d'énergie (Power Managment). La maîtrise des flots de conception sous environnement Cadence est indispensable.

Pour leur bonne réalisation, les tâches concernées par cette prestation requièrent entre autres les compétences suivantes :

- ✓ Forte expérience en conception de circuit, en contraintes d'implémentation topologique et en simulation de circuits analogique, avec un focus sur des fonctions régulateur de tension LDO et convertisseur de puissance DC-DC

## 8 Conditions d'exécution des prestations

### 8.1 Mise à disposition de locaux et équipements

La prestation sera effectuée en partie sur le site du CEA Grenoble. Un PC CEA avec une connexion VPN sera mise à disposition pour les besoins de la prestation.

### 8.2 Mise à disposition de fichiers ou programmes informatiques

Dans le cadre des prestations confiées au prestataire et pour leur bonne exécution, le CEA met à sa disposition des fichiers informatiques de données, des programmes informatiques, sous quelque forme que ce soit (codes sources, codes objets, codes exécutables).

Le flot de conception repose sur les outils fonctionnant dans l'environnement Windows ou Linux, disponibles au sein du département DSYS du LETI au CEA Grenoble : outils CADENCE, KEYSIGHT, MENTOR, SYNOPSYS, MATLAB, ANSOFT...

Les spécifications détaillées des circuits et le design kit de la technologie CMOS utilisée seront accessibles.

### **8.3 Suivi**

Le suivi de l'avancement des prestations sera réalisé uniquement entre le chef de laboratoire et/ou le responsable projet du CEA et le responsable identifié par le prestataire.

Ce suivi comporte des réunions mensuelles ainsi que la rédaction d'un compte-rendu hebdomadaire.

En cas de problème technique, des réunions « projet » pourront être organisées entre les responsables techniques CEA et le prestataire.

Toutes ces activités de suivi (réunions et comptes rendus) sont comprises dans le prix indiqué dans l'offre financière.

### **8.4 Confidentialité**

Les obligations en matière de secret et de confidentialité sont régies par les articles 11 et 12 des Conditions Générales d'Achat (CGA) applicables aux marchés passés par le CEA.

Le prestataire doit préciser quelles sont les informations confidentielles contenues dans son offre. Il précise l'usage qui peut en être fait, la durée de l'obligation de confidentialité, les personnes tenues au secret et les personnes auxquelles l'information ne doit pas être transmise.

## 9 Contacts

Pour toutes demandes d'information technique, contacter :

### 1/ Informations commerciales

Lorin BARIMI  
CEA-GRENOBLE  
Service Achats  
17, Rue des Martyrs  
38054 GRENOBLE CEDEX 09

### 2/ Informations techniques

Pierre VINCENT – tél : 04.38.78.24.90 – mail : pierre.vincent@cea.fr  
Pierre COUROUVE – tél: 04.38.78.49.45 – mail : pierre.courouve@cae.fr  
CEA-GRENOBLE  
LETI/DSYS  
17, Rue des Martyrs  
38054 GRENOBLE CEDEX 09