

Test des RFIC avec interconnexions DigRF

Note d'application

Introduction

La norme DigRF multi-gigabit est en train de s'imposer rapidement comme interface série de prochaine génération entre les circuits intégrés bande de base (BB) et radiofréquence (RF) mobiles, car elle supprime le goulet d'étranglement de la communication entre les puces. Toutefois, l'évolution continue de la norme DigRF introduit dans la conception et le test de multiples niveaux de complexité résultant des changements de protocole et d'une liaison série 3 Gbits/s rapide. Quand ces éléments sont associés à l'inclusion de techniques MIMO et de nouveaux formats de modulation RF dans la conception des combinés, les problèmes deviennent encore plus difficiles à résoudre.

De la mise en route à l'intégration, il est nécessaire, pour pouvoir avoir une confiance accrue dans ces nouvelles conceptions, de disposer d'une visibilité approfondie à la fois dans le domaine numérique et dans le domaine RF. Dans chaque terminal sans fil, cette visibilité nouvelle part des couches physique et protocole du domaine numérique. Ensuite, pour s'assurer du bon fonctionnement de la liaison radio, il convient d'avoir une visibilité dans le domaine RF et ses couches physique et protocole. Quelle que soit la nouvelle conception de combiné, des outils qui fonctionnent à la fois dans les domaines numérique et RF peuvent accélérer le développement, le débogage et la validation de la conception.

Que vous soyez un ingénieur numérique confronté à la nécessité de procéder à des mesures de type RF ou un ingénieur RF essayant de faire des mesures numériques, grâce à cette note vous pourrez réaliser vos objectifs de mesure. Le contenu qui est présenté ici couvre quatre grands secteurs – numérique/physique, numérique/protocole, RF/physique et RF/protocole – mais il précise surtout les défis du test des RFIC utilisés dans les formats de prochaine génération (3.9G) tels que WiMAX™ et LTE. Les conceptions d'aujourd'hui engendrent de nouveaux besoins de mesure et elles bénéficieront des nouvelles méthodologies de test qui s'efforcent de répondre à un grand nombre de ces défis, offrant des résultats utiles et une visibilité nouvelle dans les domaines numérique et RF.



Test des RFIC : De nouveaux défis

La transition vers les formats 3.9G comme LTE et WiMAX entraîne des changements fondamentaux dans l'architecture sous-jacente des combinés mobiles. Pour les équipes de R&D qui développent, intègrent et valident les dispositifs 3.9G, les défis sont nombreux dans les technologies embarquées et les mesures requises. Ces défis se retrouvent dans les couches physique et protocole des domaines numérique et RF – à cheval sur les deux domaines :

- Ce qui était auparavant une liaison de communication des circuits intégrés BB-RFIC analogique est devenue une interface numérique série à grande vitesse.
- Le test exige un équipement différent et une méthodologie différente, car les sources analogiques ne peuvent plus être utilisées pour stimuler le RFIC sur l'interface BB.
- L'association du protocole DigRF et du protocole sans fil crée « une double pile de protocole » qui complique la caractérisation et la validation.
- Les informations circulant sur l'interface entre les circuits intégrés BB et les RFIC comprennent à la fois les données et le trafic de contrôle.
- Les transferts d'information doivent respecter des contraintes temporelles très strictes (déterminisme temporel).

Dans les dispositifs 3.9G, la présence de l'interface numérique circuits intégrés BB-RFIC influe fortement sur les processus de conception et de test. Par exemple, les signaux numériques haute vitesse peuvent présenter une dégradation de leur intégrité et du taux d'erreur binaire (BER) et ces mesures nécessitent des outils et des techniques de mesure spéciaux. Pour bien caractériser et valider la double pile de protocole, il faut une infrastructure de test qui offre une visibilité dans toutes les couches. Pour traiter le trafic de données et le trafic de contrôle, il est nécessaire d'utiliser un équipement de test capable de configurer, d'analyser et de générer un trafic mixte. Le test de l'interface IQ numérique série avec le RFIC exige des outils de stimulus et d'analyse compatibles DigRF. L'environnement de test doit aussi mesurer avec précision la temporisation de chaque trame et détecter les violations des contraintes temporelles.

Un examen plus approfondi de chacun de ces défis et des considérations associées en matière de test apportera des éléments de contexte supplémentaires pour notre exposé.

Liaison série numérique

Les connexions circuits intégrés BB-RFIC ont subi une transition architecturale, passant des bus analogiques ou parallèles propriétaires vers des liaisons sérialiseur/désérialiseur (SERDES), pour plusieurs raisons. En premier lieu, les liaisons série suppriment le décalage d'horloge du bus parallèle, réduisent le nombre de broches et de traces et autorisent des économies d'énergie avec les modes Veille du bus. Cependant, à des débits de niveau gigabit/seconde – avec des temps de retard de voie (channel flight times) supérieurs à une période binaire – l'intégrité du signal devient une préoccupation

majeure. Dans ces conditions, les effets analogiques à grande vitesse peuvent altérer la qualité du signal et dégrader le BER de la liaison.

Comme avec d'autres bus série, les nouvelles normes DigRF utilisent des mécanismes de codage des données (8b/10b) avec des horloges embarquées et des machines d'état de protocole pour les opérations de liaison et de transaction, afin de garantir la fiabilité du transfert de données. Pour l'analyse des données, il convient d'extraire l'horloge embarquée avant de pouvoir décoder et analyser pleinement les données. Une compréhension claire de la récupération d'horloge, des protocoles de codage/décodage et des mesures en temps réel est essentielle pour réussir. La plupart des outils de mesure généraux ne peuvent pas comprendre les signaux et le codage des informations spécifiques de DigRF, c'est pourquoi ils ne peuvent fournir que des informations brutes à propos des données numériques.

Méthodologie de test des RFIC

Les données IQ numériques et les informations de contrôle sont maintenant mises en paquets et transférées entre les circuits intégrés BB et les RFIC sur l'interface DigRF. Les ingénieurs et les équipes de validation RF utilisaient auparavant des sources analogiques pour stimuler le RFIC sur l'interface IQ analogique. Celle-ci n'étant plus l'interface standard, de nouveaux outils sont nécessaires pour autoriser les mêmes mesures physiques RF via l'interface série numérique DigRF.

Cette situation est compliquée par le fait que certains composants peuvent ne pas être prêts ou disponibles pour le test aux premiers stades du développement. Par exemple, il peut être nécessaire de tester le RFIC avant que le circuit intégré BB ne soit disponible. On peut y remédier par un environnement de test capable de simuler un dispositif absent, qui inclut des outils de stimulus et d'analyse DigRF fonctionnant de concert avec des outils RF traditionnels.

Double pile de protocole

Comme de nombreux autres bus série, l'interface DigRF se décrit comme une pile de couches de protocole multiples, dans laquelle chaque couche a une fonction et un mode de fonctionnement spécifiques. Ces couches, de plus en plus abstraites, vont de la couche physique à la couche application ou couche logiciel, et elles incluent la couche liaison (ou mode opératoire du bus), le schéma de codage des données, la structure de trame, le contrôle de flux, le mécanisme de traitement des erreurs, etc. Dans cette note, c'est ce que nous désignons sous l'appellation « *pile de protocole numérique* ».

Pour s'assurer de la bonne interopération d'un RFIC avec un circuit intégré BB, il est nécessaire de vérifier que toutes les couches de la pile de protocole numérique sont conçues (et fonctionnent) conformément à la spécification DigRF. En cas de défaut de l'une de ces couches, les données ne seront pas

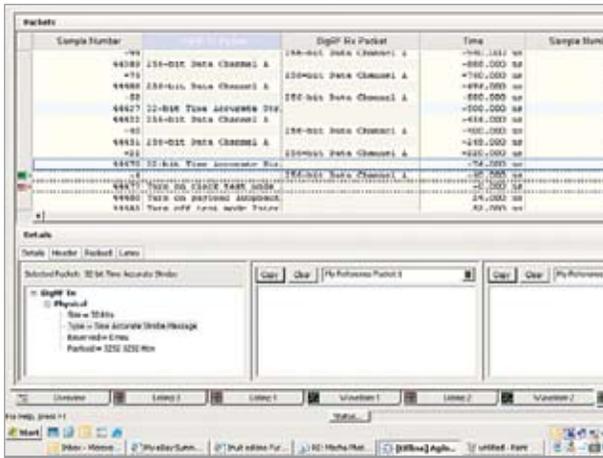


Figure 1. Cet exemple de visionneur de protocole numérique montre les données d'un bus DigRF V3.

transférées de façon fiable entre les RFIC et les circuits intégrés BB. Un environnement de test approprié doit fournir des capacités d'analyse et de stimulus sur l'ensemble de la pile de protocole numérique (Figure 1).

DigRF est conçu pour une utilisation dans les terminaux mobiles. Il diffère de la plupart des bus série par l'existence d'une autre pile de protocole « encapsulée » dans l'interface numérique – et cette pile représente le fonctionnement du protocole sans fil du terminal mobile (ex. GSM, WCDMA, LTE, WiMAX). Comme pour les autres protocoles, cette pile va de la couche physique RF à la couche application RF. Dans l'ensemble de cette note, nous la désignerons sous l'appellation « pile de *protocole sans fil* ».

La situation peut devenir déroutante du fait que les couches physique et protocole des deux piles sont entremêlées. Dans la mesure où les informations de la couche physique RF sont encapsulées dans la charge utile des trames DigRF, on considère qu'elles

existent « en surcouche » de la couche protocole DigRF. Cela diffère des schémas de couches typiques où la couche physique réside en bas de la pile et les couches protocole sont en haut.

La caractérisation et la validation d'un RFIC DigRF exigeront que l'on mesure chaque couche des piles de protocole numérique et RF. Il faut pour cela une infrastructure de test offrant une visibilité dans toutes les couches (Figure 2). Du point de vue du stimulus, pour pouvoir tester un RFIC dans des conditions réelles, il faut un environnement de test pouvant encapsuler les données de stimulus IQ dans le trafic DigRF, afin de créer le modèle de stimulus à double pile requis.

Trafic mixte

Les informations circulant entre les RFIC et les circuits intégrés BB se composent de données IQ encapsulées dans des trames DigRF et d'informations de contrôle envoyées par le circuit intégré BB au RFIC. Ces informations de contrôle restent dans le RFIC. Voici quelques exemples de trafic de contrôle :

- **Ping** : Le circuit intégré BB utilise la commande « Are you there? » pour vérifier si le RFIC est activé pour répondre.
- **Loopback** : Cette commande activée configure le RFIC en mode boucle.
- **Power** : Le changement du niveau de puissance de sortie d'émission est une action courante.

Lors du test d'un RFIC, une validation correcte nécessite un équipement de test capable de configurer et de créer ce trafic mixte de contrôle et de données (Figure 3). Pour tester un RFIC, l'environnement de stimulus doit pouvoir insérer des informations de contrôle RFIC dans le flux de données IQ.



Figure 2. La double interface de test DigRF de Agilent présente les informations provenant des couches de protocole numérique (vue au niveau bit et paquet, voir Figure 1) et les informations physiques RF (analyse de modulation) de la même mesure.

44451	256-bit DATA Channel A	256-bit Dat
-22		
44470	32-bit Time Accurate Str	
-4		256-bit Dat
44477	Turn on clock test mode	
44480	Turn on payload loopback	
44483	Turn off test mode Inter	

Figure 3. Exemple des commandes de contrôle mélangées au trafic de données. Comme ces commandes peuvent ne pas se trouver dans le dossier de stimulus d'origine, il peut être nécessaire de les envoyer au RFIC à la volée.

Déterminisme temporel

Les transferts d'informations entre les RFIC et les circuits intégrés BB doivent respecter des contraintes temporelles très strictes : de bonnes données arrivant au mauvais moment sont des données incorrectes. Il est donc important que l'environnement de test mesure avec précision le moment où chaque trame a été envoyée d'un circuit intégré à l'autre et fournisse une détection en temps réel des violations de contrainte temporelle.

Présentation de la solution Cross-Domain de Agilent

En réponse au panachage des technologies numériques et RF dans les dispositifs 3.9G, Agilent a combiné des outils de mesure RF traditionnels avec des outils d'analyse de protocole et numérique et des outils de stimulus dans un environnement de test complet pour le test RFIC Cross-Domain.

Cette nouvelle plate-forme de test permet de déboguer le protocole DigRF et d'effectuer un stimulus et une analyse complets dans les domaines numérique et RF, à l'intention des développeurs de CI – RF et BB – et des intégrateurs de combinés. Aujourd'hui, Agilent propose la seule solution capable d'activer et d'accélérer la mise en route, la validation et l'intégration des dispositifs DigRF.

L'environnement de test DigRF de Agilent incorpore le test des voies d'émission et de réception. Pour le test de la voie d'émission RFIC, l'environnement typique se compose de trois éléments majeurs :

- Un analyseur de signaux réalise l'analyse de spectre et l'analyse de modulation du côté antenne du RFIC. Des outils d'analyse supplémentaires, comme le logiciel d'analyse de signaux vectoriels (VSA) 89601A, permettent une analyse détaillée des signaux.
- Un stimulateur/analyseur DigRF délivre le stimulus numérique et RF du côté IQ du RFIC.
- Un logiciel de génération de signaux, tel que Advanced Design System (ADS) ou Signal Studio de Agilent, génère les données IQ à envoyer au RFIC.

Pour le test de la voie de réception, l'environnement typique se compose de quatre éléments clés :

- Un générateur de signaux vectoriels délivre un signal approprié sur le côté antenne du RFIC.
- Un logiciel de génération de signaux, comme ADS ou Signal Studio, génère les données modulées envoyées au récepteur via le générateur de signaux.
- Un stimulateur/analyseur DigRF permet d'analyser les paquets DigRF reçus.
- Un logiciel d'analyse de signaux tel que le logiciel 89601A VSA, capable de fonctionner en parallèle avec l'analyseur DigRF, permet d'analyser les données IQ résultantes transportées par l'interface DigRF. Avec l'analyseur DigRF et le logiciel VSA, les voies numérique et RF peuvent être examinés.

Tous ces blocs et composants logiciels ont été intégrés au sein d'une solution unique de test Cross-Domain qui offre la visibilité requise, de la mise en route des puces jusqu'à l'intégration du système. Des gigabits aux gigahertz, la solution de bout en bout de Agilent permet aux concepteurs et aux intégrateurs de travailler dans les deux domaines – numérique et RF – et d'obtenir une visibilité nouvelle dans les voies d'émission et de réception.



Figure 4. La plate-forme Agilent RDX offre une visibilité nouvelle sur les domaines numérique et RF.

Revue des couches successives

Un processus de conception typique débute par la couche de base de la Figure 5 et progresse vers le haut. Les concepteurs numériques sont accoutumés à travailler avec un ensemble d'outils dans le domaine numérique ; les concepteurs RF sont habitués à travailler avec un autre ensemble d'outils dans le domaine RF. En introduisant le DigRF, on obtient un ensemble unifié d'outils intéressant pour les concepteurs des deux domaines.

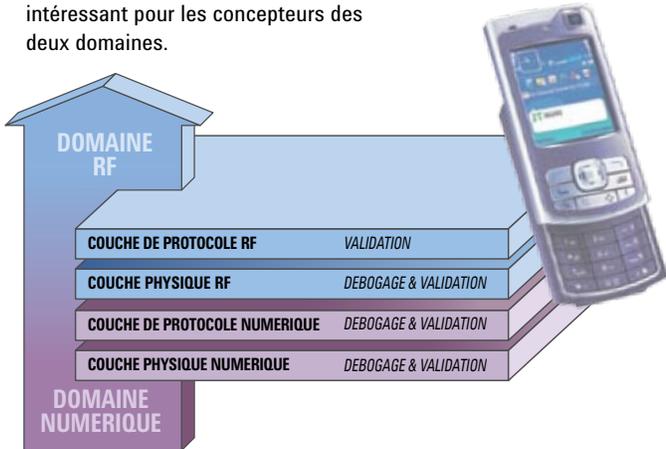


Figure 5. Travailler sur les quatre couches est un moyen efficace de caractériser et de valider un dispositif 3.9G.

Ce processus peut être mappé dans un cadre de référence plus familier : le schéma fonctionnel (simplifié) d'un RFIC typique. Le diagramme représenté Figure 6 a les attributs suivants :

- Sur le côté bande de base, l'interconnexion DigRF inclut l'interface physique et les différents machines d'état nécessaires pour assurer le bon fonctionnement de la liaison DigRF.
- Le commutateur contrôle-données sert à dissocier le trafic de contrôle (configure le fonctionnement du RFIC) du trafic des données (inclut toutes les informations IQ numérisées).
- Les convertisseurs numériques-analogiques convertissent du numérique en analogique pour la modulation/démodulation qui vient ensuite.
- Les modulateurs et amplificateurs RF fournissent la modulation ou la démodulation appropriée ainsi que les éléments temporels. Les amplificateurs et les récepteurs fournissent l'interface air à l'antenne.
- L'unité de contrôle assure le contrôle nécessaire pour l'énergie, les modes, les formats, etc.

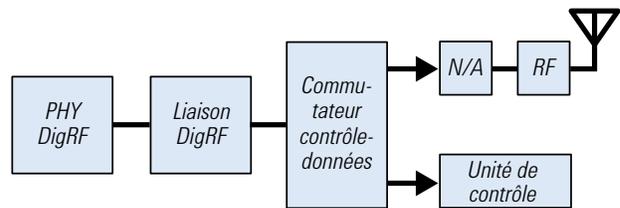


Figure 6. Schéma fonctionnel simplifié d'un RFIC

Dans les quatre sections suivantes de cette note, nous allons passer en revue les quatre couches en suivant l'ordre du schéma fonctionnel. Notre priorité portera sur la couche numérique/protocole et sur la transition vers la couche RF/physique.

1. Couche numérique/physique

Nous traiterons brièvement de cette couche : d'autres ressources sont disponibles auprès de Agilent (voir l'encadré ci-dessous), offrant des informations détaillées sur le test physique des interfaces numériques.

Comme l'interface avec le RFIC, côté bande de base, est numérique, il est nécessaire de s'assurer du bon fonctionnement de DigRF avant de tester les sections RF du CI. La conception du RFIC peut intégrer des entrées « héritées », les entrées IQ analogiques étant séparées de l'interface DigRF. Cela offre de multiples moyens d'accéder aux sous-sections RF. Dans ce cas, il pourrait être possible de tester l'interface DigRF et les sous-sections RF en parallèle.

Puisque l'interface DigRF est une liaison bidirectionnelle multivoie à grande vitesse – les débits de pointe fonctionnant à des niveaux inférieurs à la nanoseconde – le temps de montée, la largeur d'impulsion, la temporisation, la gigue et le contenu de bruit d'un signal doivent être soigneusement mesurés et contrôlés. Les outils spécialisés pour le test des interfaces série à grande vitesse comprennent les oscilloscopes haute performance et les testeurs de taux d'erreur binaire (BERT). Pour minimiser les éventuelles perturbations du signal, des solutions de sonde spécialisées sont aussi nécessaires pour tester les liaisons série à grande vitesse.

RESSOURCES POUR LE TEST NUMERIQUE

TEST DE LA COUCHE NUMÉRIQUE/PHYSIQUE

Oscilloscope Probing for High-speed Signals
5989-9177EN

Memory-Depth Requirements for Serial Data Analysis in a Real-Time Oscilloscope
5989-1256EN

Using the Agilent Infiniium Series Real-Time Oscilloscope to Validate the DigRF v3 Cellular Phone Digital Interface
5989-7189EN

Finding Sources of Jitter with Real-Time Jitter Analysis
5988-9740EN

Analyzing Jitter Using Agilent EZJIT Plus Software
5989-3776EN

TEST DE LA COUCHE NUMÉRIQUE/PROTOCOLE

Webcast : Digital Wireless Revolution as Illustrated by DigRF V3

L'association d'un oscilloscope haute performance et d'un système de sonde évolué constitue le principal outil pour tester les lignes d'émission de l'interface DigRF. Un BERT multivoie est l'outil principal utilisé pour tester les lignes de réception de l'interface DigRF.

2. Couches numérique/protocole

Le test de ces couches implique sept activités distinctes :

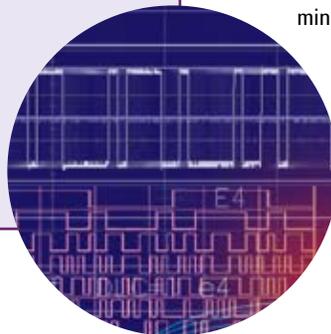
- Test actif et passif de la liaison DigRF
- Stimulation avec état d'une couche liaison DigRF
- Stimulation et analyse des transitions de mode bus
- Test des mécanismes de codage 8b/10b
- Vérification des réponses du RFIC
- Test des réponses du RFIC aux erreurs DigRF
- Vérification de la séquence d'initialisation du RFIC

Examinons de plus près les considérations de test pour chacune de ces activités.

Test de la liaison DigRF : Il existe deux méthodes, l'une active, l'autre passive, pour tester une liaison DigRF. Pendant la mise en route d'un CI, l'environnement de test doit émuler un dispositif pair communiquant avec le dispositif sous test (DUT). Cet environnement s'appelle un testeur actif car c'est un élément actif de la liaison.

Lorsque l'on intègre un RFIC avec un circuit intégré BB, il est important de comprendre le comportement de la liaison – avec un minimum d'intrusion dans le signal et dans la liaison – pour comprendre les causes profondes des éventuels problèmes d'interopérabilité. Dans cette situation, l'équipement de test s'appelle un testeur passif car il ne participe pas au fonctionnement de la liaison.

Pour minimiser l'éventualité que l'instrument perturbe les signaux DigRF, il est important de réduire au minimum l'effet « stub », en utilisant des pointes à résistances, et de s'assurer également que la charge capacitive des sondes soit extrêmement basse. Les systèmes de sondes actives sont le moyen le plus efficace d'assurer la fiabilité des mesures et une dégradation minimale du signal.



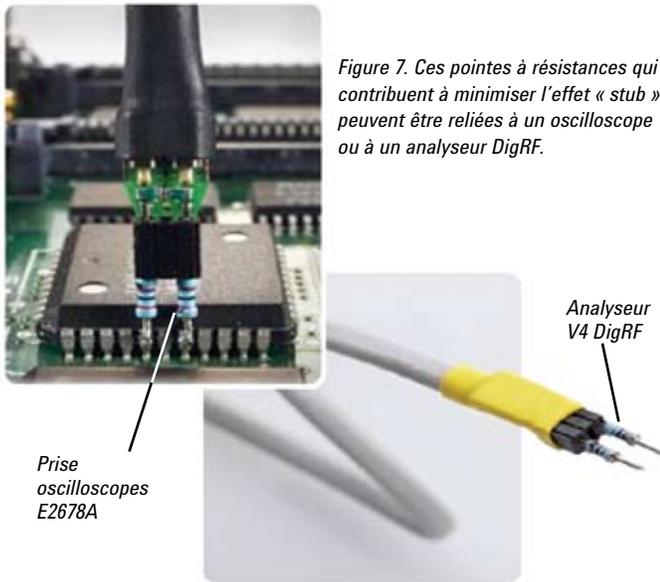


Figure 7. Ces pointes à résistances qui contribuent à minimiser l'effet « stub » peuvent être reliées à un oscilloscope ou à un analyseur DigRF.

Prise
oscilloscopes
E2678A

Analyseur
V4 DigRF

Etant donné que la cause profonde des problèmes de liaison peut relever d'un défaut physique ou de protocole, l'utilisation d'un système de sonde commun avec les oscilloscopes et les analyseurs DigRF peut minimiser les possibilités des résultats trompeurs. La Figure 7 montre un jeu commun de pointes à résistances pouvant être reliées aux deux types d'instruments. La sonde active de l'analyseur DigRF n'ajoute que 150 pf de charge capacitive.

Stimulation de la liaison DigRF : Pour réaliser un test de la couche liaison DigRF sur un RFIC, l'environnement de test actif imite un dispositif pair relié au port DigRF du DUT. La nature de l'équipement de test actif peut être divisée en deux catégories : dispositifs de test « sans état » et « avec état ».

L'environnement de test sans état génère un stimulus ayant une connaissance limitée ou nulle des machines d'état de protocole du DUT. Il n'est donc pas capable de s'ajuster en fonction des erreurs qui se produisent souvent pendant le test.

L'environnement de test avec état (ou « stimulateur ») incorpore les machines d'état de protocole DigRF et agit plutôt comme un vrai dispositif. Pour illustrer les avantages du stimulateur, l'exemple typique est celui du test d'une séquence « retry » (nouvelle tentative). La plupart des piles de protocole numériques incluent un mécanisme de retransmission de paquet : un récepteur peut demander que l'émetteur réémette un paquet s'il ne l'a pas reçu correctement la première fois. Une plate-forme de test avec état va identifier la requête de retransmission de paquet et agir suivant la définition de la séquence de retransmission. Un dispositif sans état ignorera tout simplement la requête.

Un environnement de test avec état permet de tester les modes de bus suivants :

- Transitions du mode Veille au mode actif
- Séquences « retry »
- Mécanismes de contrôle de flux exigeant que l'émetteur ralentisse ou accélère le trafic
- Emulation d'un bus et de ses caractéristiques physiques dynamiques, qui peuvent évoluer en réaction à des événements de protocole (ex. arrêt, niveau de tension)

La plupart des plates-formes de test avec état (ou stimulateurs) sont bidirectionnelles, car elles doivent être constamment à l'écoute du DUT pour interagir avec lui. La plate-forme de test Agilent RDX est un stimulateur DigRF, autorisant le stimulus avec état du RFIC.

Stimulation et analyse des transitions de mode bus : une puissance absorbée réduite assurera une durée de vie prolongée de la batterie d'un terminal mobile. Pour y parvenir – et optimiser tant la puissance absorbée que les performances – le bus DigRF a été conçu pour plusieurs modes de fonctionnement, à haute vitesse et à basse puissance. En l'absence d'envoi de données, le bus passe en mode Veille, lequel consomme très peu d'énergie. Quand des données doivent être transférées, le bus peut se réveiller rapidement pour lancer le transfert des données.

L'une des principales caractéristiques d'un environnement de test DigRF approprié réside dans sa capacité à appuyer les fonctions de gestion de l'énergie et les transitions de bus associées. Du point de vue du stimulus, la plate-forme de test doit mettre en œuvre ces modes de manière déterministe, afin de pouvoir vérifier les transitions de mode du DUT ainsi que l'exécution conforme à la spécification.

Du point de vue de l'analyse, il est nécessaire d'accomplir deux types de mesures avec un seul module d'analyse, de suivre les transitions et de capturer les données entre les transitions, surtout au réveil du bus. Dans cette application, le temps de synchronisation de l'instrumentation est critique car il doit capturer les données de l'horloge embarquée. Si le temps de synchronisation de l'instrument de test est plus lent que celui du DUT, il ne peut pas mesurer avec fiabilité le comportement du dispositif et il risque de perdre les éléments de données initiaux après le réveil du bus. La plate-forme de test Agilent RDX inclut un mécanisme de récupération d'horloge multivoie pour capturer les données pendant les transitions très rapides du mode bus.

Test des mécanismes de codage : le code d'émission 8b/10b convertit un flux de données d'un octet de largeur et formé de uns et de zéros aléatoires en un flux symétrique en DC composé de uns et de zéros. Le code fournit aussi les transitions de signaux suffisantes pour permettre une récupération d'horloge fiable. Le nombre moyen de uns et de zéros dans le flux série doit être maintenu à des niveaux égaux ou quasi-égaux.

Lors du test d'une liaison DigRF, il est important de s'assurer que le DUT code et décode correctement les données. Il est aussi essentiel d'identifier correctement les erreurs de disparité et d'analyser comment le DUT détecte ces exceptions et récupère ensuite. Les erreurs de disparité tendent à se produire de façon non fréquente et les mécanismes de déclenchement de l'analyseur doivent inclure une détection en temps réel de ces erreurs.

Vérification des réponses du RFIC : à ce stade du processus de développement, il est important de s'assurer que le RFIC réagit correctement. Pour valider les réponses – et activer le mode de boucle – il est nécessaire d'envoyer différentes commandes au RFIC. L'interface utilisateur graphique du stimulateur représentée en Figure 8 illustre comment créer une ou plusieurs trames personnalisées et surveiller la réponse.

Test des réponses d'erreur : bien qu'il soit important de tester le DUT au moyen de commandes DigRF standard, il est aussi utile de créer des erreurs et de valider ainsi dans quelle mesure le système sous test détecte bien les erreurs et récupère après ces erreurs, et de vérifier la conformité des mécanismes de récupération avec

les spécifications. Cette méthode augmente aussi la couverture de test des machines d'état de protocole en analysant les transitions exceptionnelles entre chaque état. Il existe plusieurs catégories d'erreur : les erreurs de bas niveau incluent les erreurs de disparité et de symbole ; les erreurs de haut niveau incluent les erreurs de contrôle de redondance cyclique (CRC) dans un paquet. La Figure 9 montre comment choisir les erreurs dans une liste modèle et les ajouter dans le fichier de stimulus principal.

Vérification de la séquence d'initialisation : le RFIC doit être initialisé avant chaque opération, par le biais d'une séquence de commandes de contrôle qui configurent ses registres internes et son mode de fonctionnement. Cette séquence ne doit être exécutée qu'une fois, après quoi le moteur de stimulus doit revenir à son opération prévue. Si la séquence d'initialisation est courte, par exemple pour placer le port DigRF en mode de boucle, l'interface utilisateur graphique de la trame personnalisée peut servir à configurer la séquence d'initialisation. Dans certains cas, cette séquence inclut de nombreux paramètres de configuration qui ne peuvent pas être créés manuellement. Ainsi que l'illustre la Figure 10, le logiciel de stimulus peut récupérer une longue séquence dans un fichier et l'exécuter une fois avant le test.

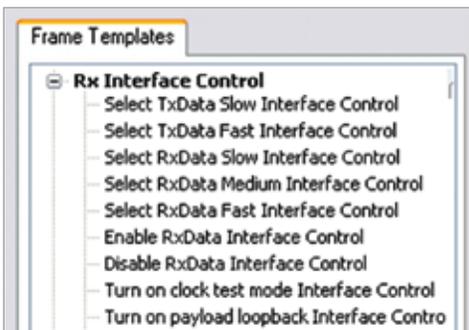


Figure 8. Une ou plusieurs trames personnalisées peuvent être créées dans l'interface utilisateur graphique du stimulateur, ce qui permet aussi de surveiller les réponses.

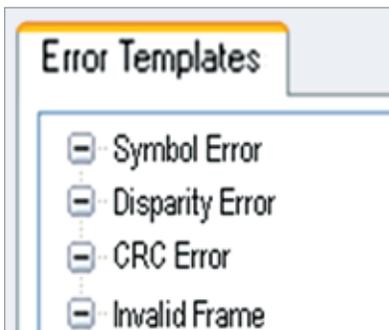


Figure 9. Il est possible de créer une ou plusieurs trames erronées et de les envoyer au DUT pour analyser dans quelle mesure il parvient à récupérer à partir de telles erreurs.

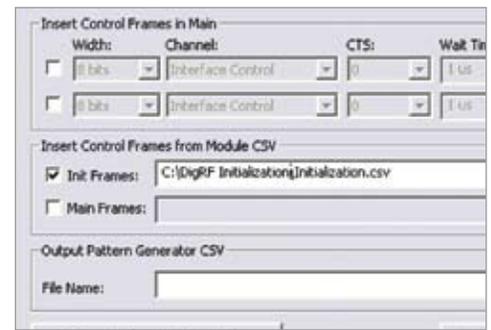


Figure 10. Le logiciel de stimulus peut insérer des trames de contrôle comme celles qui sont stockées dans le fichier « Initialization.csv ».

numérique TRANSITIONS RF

Du numérique/protocole au RF/physique

Dès que la liaison DigRF proprement dite semble fonctionner correctement, le moment est venu de commencer à tester le reste du RFIC. Cela peut se faire par l'envoi de données via le CI, en embarquant des informations IQ numérisées dans des trames DigRF. L'un des avantages du testeur RDX de Agilent est sa capacité à insérer des données IQ (générées par des outils standard) dans le flux de données DigRF. Le Signal Inserter permet d'insérer des signaux générés par une multitude de sources (reportez-vous à la section suivante, Couche RF/physique, pour plus de détails).

A l'inverse, le testeur RDX a la capacité de séparer les données IQ reçues, pour les envoyer dans le logiciel VSA 89601A, ce qui autorise une analyse et une caractérisation détaillées des données IQ reçues, sans avoir besoin d'un CI BB connecté ou d'un port IQ spécial pour contourner l'interface DigRF (bien qu'un port IQ direct puisse aussi être très utile dans le débogage). Le Signal Extractor intégré au logiciel RDX assure la visibilité dans les données IQ reçues, tout en préservant la visibilité des données numériques. Il comporte des vues qui affichent simultanément le logiciel VSA (outil d'analyse RF/physique) et les informations des paquets montrant les informations du protocole numérique (Figure 2).

3. Couche RF/physique

Les tests physiques RF réels sont réalisés via l'interface d'antenne et l'interface DigRF ou via un port IQ spécial du côté bande de base du RFIC. Pour effectuer des tests via l'interface DigRF, un instrument de test doit pouvoir insérer des données IQ dans le flux binaire DigRF (pour le test d'émetteur) ou extraire les informations IQ du flux binaire (pour le test de récepteur). C'est une fonction majeure du testeur Agilent RDX.

Une série d'outils peuvent servir à créer et générer des formes d'onde IQ. Par exemple, les logiciels de conception comme le logiciel Advanced Design System (ADS) de Agilent génèrent des formes d'onde basées sur des modèles de conception. Le logiciel Signal Studio offre des possibilités de création de forme d'onde pour une variété de formats de modulation, notamment LTE et WIMAX. MATLAB™ ou d'autres outils d'analyse (ou langages de programmation) peuvent aussi être utilisés pour créer des formes d'onde personnalisées.

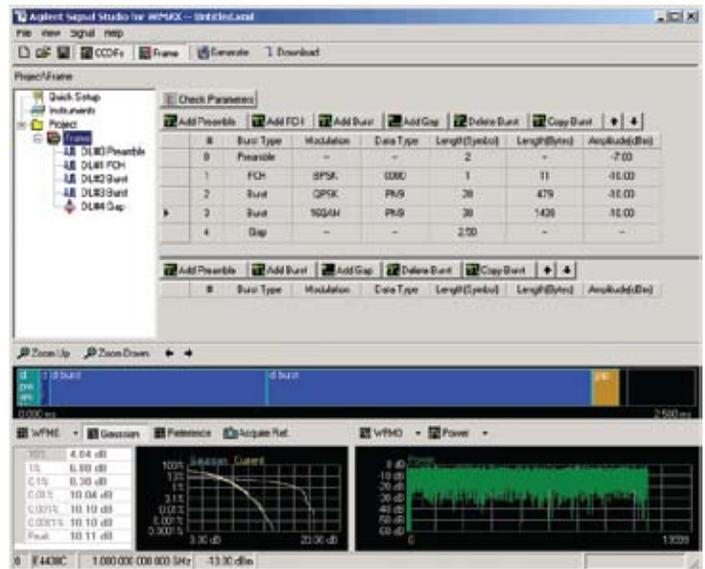


Figure 11. Signal Studio peut servir à générer des formes d'onde IQ spécifiques d'un type de modulation.

Plus spécifiquement, par exemple, Signal Studio N7624B de Agilent pour 3GPP LTE permet de créer des signaux 3GPP LTE standardisés, conformes à 3GPP Version 8 (version de mars 2008). Avec ce logiciel, vous pouvez configurer les signaux de test standardisés nécessaires à la vérification des performances de la liaison montante et descendante RF (en mesurant EVM, ACLR et CCDF) et à la création de signaux de test standardisés (couche transport et physique) entièrement codés pour les premiers tests du récepteur, en utilisant des mesures du taux d'erreur sur les blocs (BLER).

Le testeur DigRF RDX inclut un outil d'insertion de signaux qui traduit les données IQ en un format adapté au stimulus. Il permet aussi d'insérer des trames de contrôle, des messages Strobe de précision temporelle et des messages d'état. Le résultat final sera un fichier de stimulus contenant quatre éléments :

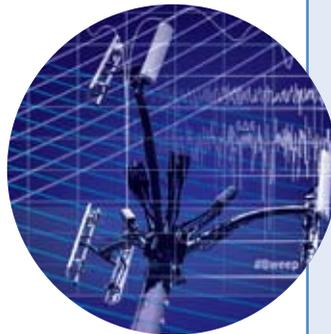
- La séquence d'initialisation du RFIC (trafic de contrôle)
- Des trames de données contenant les informations IQ numérisées
- Des trames de contrôle à la volée
- Des messages TAS (Time-accurate strobe)

Le débogage et la qualification du sous-système RF d'un RFIC comprennent le test complet et la vérification de trois voies : émission, réception et contrôle. Il convient aussi de vérifier la linéarité de l'amplificateur, les algorithmes de contrôle, la qualité de modulation ainsi que de nombreux autres éléments.

La séquence réelle des tests RF/physiques à exécuter dépend des types de format de modulation que le RFIC est conçu pour traiter. Reportez-vous à l'encadré ci-dessous pour connaître les ressources Agilent qui couvrent les tests de couche RF/physique suggérés pour différents formats de modulation.

4. Couche RF/protocole

Le test de cette couche débute généralement plus tard dans le processus de conception et d'intégration de la puce et du système complet. Il a donc relativement peu de poids dans le sous-système DigRF et n'est pas traité ici. D'autres ressources sont disponibles auprès de Agilent et fournissent plus de détails (voir l'encadré ci-dessous).



RESSOURCES POUR LE TEST RF

TEST DE LA COUCHE RF/PHYSIQUE

3GPP Long Term Evolution: System Overview, Product Development and Test Challenges

5989-8139EN (disponible sur : www.agilent.com/find/LTE)

Mobile WiMAX™ PHY Layer (RF) Operation and Measurement

5989-8309EN

IEEE 802.16e WiMAX OFDMA Signal Measurements and Troubleshooting

5989-2382EN

WiMAX Concepts and RF Measurements

5988-2027EN

D'autres ressources WiMAX sont accessibles en ligne sur www.agilent.com/find/wimax

TEST DE LA COUCHE RF/PHYSIQUE

Webcast : Testing Mobile WiMAX Radios from Pre-Certification Through Manufacturing

seminar2.techonline.com/s/agilent_sep2806

Conclusion

La norme DigRF multi-gigabit est en train de s'imposer rapidement comme interface série de prochaine génération entre les circuits intégrés BB et RF pour mobiles, car elle supprime le goulet d'étranglement de la communication entre les puces. Toutefois, elle introduit aussi des défis de mesure, que l'on trouve dans et entre les couches physique et protocole des domaines numérique et RF. Ces défis sont amplifiés par les capacités des outils de test de la génération précédente. Pour comprendre vraiment ce qui se produit dans les systèmes DigRF, un ensemble unifié d'outils intéressera à la fois les concepteurs numériques et RF.

Pour résoudre ces difficultés, Agilent a associé des outils de mesure RF traditionnels avec des outils d'analyse et de stimulus numérique et de protocole au sein d'un environnement de test complet pour le test Cross-Domain des RFIC. La nouvelle plate-forme de test Agilent RDX permet le débogage de protocole DigRF et elle offre un stimulus et une analyse complets dans les domaines numérique et RF, à l'intention des développeurs de CI – BB et RF – et des intégrateurs de combinés. La plate-forme RDX est particulièrement utile pour le test des RFIC utilisés dans les terminaux sans fil de prochaine génération : elle répond à de nouveaux besoins de mesure et elle autorise de nouvelles méthodologies de test qui englobent les domaines numérique et RF.

Aujourd'hui, la solution Agilent est la seule à permettre et à accélérer la mise en route, la validation et l'intégration des dispositifs DigRF. Des gigabits jusqu'aux gigahertz, notre solution de bout à bout permet aux concepteurs et aux intégrateurs de travailler dans les deux domaines – numérique ou RF – et d'utiliser les nouvelles méthodologies de test nécessaires pour obtenir une visibilité approfondie dans les voies de transmission et de réception des RFIC utilisés dans les terminaux 3.9G.

Documentation connexe

- **Agilent DigRF solutions brochure**, 5989-9400EN
- **Agilent RDX Test Solutions for DigRF V3 and V4 data sheet**, 5989-9575EN

Ayez une confiance accrue dans vos conceptions DigRF

Nous avons regroupé nos instruments et nos logiciels leaders de l'industrie au sein d'une plate-forme intégrée pour le test des domaines numérique/RF, aux couches physique et protocole. De la mise en route jusqu'à l'intégration, des gigabits aux gigahertz, Agilent offre une solution de bout à bout qui vous permettra de travailler dans votre domaine de prédilection – numérique ou RF – et de gagner une visibilité nouvelle. A chaque pas, Agilent propose des solutions capables de vous aider à caractériser et à intégrer rapidement vos dispositifs, afin de raccourcir vos délais de mise sur le marché.



Agilent Email Updates

www.agilent.com/find/emailupdates
Recevez les informations les plus récentes sur les produits et les applications qui vous intéressent.

Agilent Direct

www.agilent.com/find/agilentdirect
Choisissez et utilisez rapidement vos solutions d'équipement de test, en toute confiance.

« WiMAX », « Mobile WiMAX », « WiMAX Forum », le logo WiMAX Forum, « WiMAX Forum Certified » et le logo WiMAX Forum Certified sont des marques déposées du Forum WiMAX.

MATLAB est une marque déposée aux Etats-Unis par The MathWorks, Inc.

Remove all doubt

Nos services de réparation et calibrage vous restituent un équipement dont les performances sont redevenues identiques à celles de matériels neufs et ce, dans les délais annoncés. Vous pouvez ainsi tirer pleinement parti de votre équipement Agilent tout au long de son existence. Il sera entretenu par des techniciens formés par Agilent aux toutes dernières procédures de calibrage en vigueur à l'usine, sur la base d'un diagnostic de réparation automatisé et avec les pièces d'origine. Vous n'aurez ainsi aucun doute quant à la qualité de vos mesures. Pour toute information relative à l'auto-maintenance de ce produit, veuillez prendre contact avec votre agence Agilent.

Agilent propose pour vos équipements une large gamme de services complémentaires assurés par des experts du test et de la mesure, notamment une assistance à la prise en main, une éducation et une formation sur site, ainsi que des services de conception, d'intégration système et de gestion de projet.

Pour plus d'informations sur les services de réparation et de calibrage, rendez-vous sur :

www.agilent.com/find/removealldoubt



www.lxistandard.org

LXI est le successeur basé LAN de GPIB, offrant une connectivité plus efficace et plus rapide. Agilent est l'un des membres fondateurs du consortium LXI.

www.agilent.com

www.agilent.com/find/DigRF

Pour plus d'informations sur les produits, les applications ou les services de Agilent Technologies, contactez votre agence locale Agilent. La liste complète est disponible sur :

www.agilent.com/find/contactus

Amériques

Amérique latine	305 269 7500
Canada	(877) 894-4414
Etats-Unis	(800) 829-4444

Asie Pacifique

Australie	1 800 629 485
Chine	800 810 0189
Corée	080 769 0800
Hong Kong	800 938 693
Inde	1 800 112 929
Japon	0120 (421) 345
Malaisie	1 800 888 848
Singapour	1 800 375 8100
Taïwan	0800 047 866
Thaïlande	1 800 226 008

Europe et Moyen-Orient

Allemagne	07031 464 6333 *
	* 0.14 €/minute
Autriche	01 36027 71571
Belgique	32 (0) 2 404 93 40
Danemark	45 70 13 15 15
Espagne	34 (91) 631 3300
Finlande	358 (0) 10 855 2100
France	0825 010 700**
	**0.125 €/minute
Irlande	1890 924 204
Israël	972-3-9288-504/544
Italie	39 02 92 60 8484
Pays-Bas	31 (0) 20 547 2111
Royaume-Uni	44 (0) 118 9276201
Suède	0200-88 22 55
Suisse	0800 80 53 53

Autres pays européens :

www.agilent.com/find/contactus

Date de révision : 14 août 2008

Les spécifications et descriptions des produits présentés dans ce document sont sujettes à modification sans préavis.

© Agilent Technologies, Inc. 2008

Imprimé aux Etats-Unis, 31 octobre 2008
5989-9885FRE



Agilent Technologies