

H7 - Intégrité du signal

Objectifs

- Identifier les sources de dégradation des signaux numériques
- Eviter les pièges de la mesure de signaux haute fréquence
- Exploiter un logiciel de simulation dédié à l'intégrité de signal
- Apprendre à concevoir des cartes rapides
- Apprendre à vérifier l'intégrité des signaux
- Définir les procédés de fabrication à mettre en oeuvre

Matériel

- Un support de cours

Exercice : Observations de formes d'onde à l'aide d'un réflectomètre Agilent

Pré-requis

- Connaissances de base en électronique numérique et analogique

Environnement du cours

- Cours théorique
 - Support de cours au format PDF (en anglais) et une version imprimée lors des sessions en présentiel
 - Cours dispensé via le système de visioconférence Teams (si à distance)
 - Le formateur répond aux questions des stagiaires en direct pendant la formation et fournit une assistance technique et pédagogique
- Au début de chaque demi-journée une période est réservée à une interaction avec les stagiaires pour s'assurer que le cours répond à leurs attentes et l'adapter si nécessaire

Audience visée

- Tout ingénieur ou technicien en systèmes embarqués possédant les prérequis ci-dessus.

Modalités d'évaluation

- Les prérequis indiqués ci-dessus sont évalués avant la formation par l'encadrement technique du stagiaire dans son entreprise, ou par le stagiaire lui-même dans le cas exceptionnel d'un stagiaire individuel.
- Les progrès des stagiaires sont évalués par des quizz proposés en fin des sections pour vérifier que les stagiaires ont assimilé les points présentés
- En fin de formation, une attestation et un certificat attestant que le stagiaire a suivi le cours avec succès.
 - En cas de problème dû à un manque de prérequis de la part du stagiaire, constaté lors de la formation, une formation différente ou complémentaire lui est proposée, en général pour conforter ses prérequis, en accord avec son responsable en entreprise le cas échéant.

Plan

Introduction

- définition des termes techniques de base : temps de montée, horloge et signal, constante diélectrique, lignes de transmission, impédance et terminaisons
- illustration de ces concepts
- formes d'onde réelle en haute fréquence
- causes d'incompréhension
- familles de problèmes
- les 3 catégories de solution : nouvelle conception, nouveaux composants et nouveaux outils de CAO
- références de sites internet et de livres connexes

Les principes fondamentaux

- mode commun / mode différentiel
- modèles réels des composants électroniques : résistance, condensateur, inductance et circuits intégrés
- rôle critique joué par l'inductance dans la qualité de signal
- chemin de retour de courant
- représentation des signaux dans le domaine fréquentiel, notion de bande passante, importance du temps de montée
- diaphonie [cross-talk] : d'origine inductive et d'origine capacitive
- dépassement de niveau et oscillations [overshoot et ringing]
- rebond de masse [ground bounce]
- effet de peau
- techniques de mesure

Les lignes de transmission

- rappels sur la propagation des ondes
- lignes à impédance contrôlée, adaptation d'impédance, impédance vue par un signal : notion d'impédance caractéristique
- types de lignes : microstrip, strip line, embedded microstrip
- commutation sur onde incidente / commutation sur onde réfléchie
- techniques de terminaison : résistance série, résistance parallèle, réseau RC, réseau de Thévenin, réseau de diodes
- comparatif des différentes méthodes
- modélisation des lignes : modèle analytique, modèle graphique
- application au bus CompactPCI
- calcul d'impédance différentielle : exemple de l'USB
- intérêt des stubs, application au bus IEEE1394
- rupture d'impédance, critères de sélection d'un connecteur
- prise en compte des temps de propagation : génération de retards par serpentins
- intérêt des MCM [Multi Chip Module]

Les règles de conception d'un circuit imprimé

- règles générales de placement / routage : blindage des lignes, importance de la géométrie du circuit imprimé
- utilité du découplage et sélection du type de condensateur en fonction du domaine de fréquence
- circuits monocouche
- circuits multicouches : plans d'alimentation et plans de masse
- principe de conception de carte à cross-talk faible
- cartes mixtes analogique / numérique
- méthodologie de conception
- ajustement et optimisation des caractéristiques physiques de l'interconnexion pour améliorer la qualité de signal

Les outils d'aide à la conception

- impédances caractéristiques simples et différentielles
- effets liés à la température
- simulation des lignes : modèle SPICE et modèle IBIS

- environnement de simulation pré et post routage complet
- prédiction de l'intégrité de signal et conséquences sur les contraintes de routage, la topologie des horloges, la sélection de la vitesse des devices et les réseaux de terminaison
- importation de la topologie physique de la carte et des informations sur l'empilage des couches
- création de modèles IBIS
- prédiction du cross-talk sur les cartes travaillant à fréquence élevée

La mesure des signaux

- théorie de la TDR [Time Domain Reflectometry]
- utilisation d'un réflectomètre Agilent pour observer des formes d'onde sur un PCB volontairement conçu pour causer des problèmes de réflexions et de cross-talk
- mesure de l'impédance caractéristique
- détection de ruptures d'impédance caractéristique
- calcul des temps de propagation

Renseignements pratiques

Renseignements : 3 jours