

# FORMATION

## CEM – Du PCB au système

Du 5 au 7 juin 2018 à Gardanne (13)

**Durée : 3 jours (21h)**

**Prix : 1 350 € HT (1 050 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)**

### PUBLIC VISE ET PREREQUIS

Ce stage intensif s'adresse à tous les ingénieurs et techniciens qui conçoivent, interconnectent ou intègrent des cartes ou modules électroniques qui souhaitent maîtriser les effets des perturbations électromagnétiques. Elles sont analysés et leurs remèdes discutés. Les règles de bonne conception sont méthodiquement étudiées.

### OBJECTIFS

Ce stage permettra d'optimiser l'implantation et le tracé des cartes. Enfin, les règles de blindage, de filtrage, de câblage, d'interconnexion et de mise à la masse sont clairement exposées.

### LIEU

Centre de microélectronique de Provence - 880 route de Mimet - 13120 GARDANNE

### INTERVENANT

M. Philippe DUNAND – Société AEMC

## PROGRAMME

### 1- Définitions

- Un peu d'histoire...
- La CEM est un objectif fonctionnel
- Méthode d'analyse de la CEM
- Mode commun / Mode différentiel
- Table de conversion en décibels
- Conversion temps – fréquence
- Propagation des champs électromagnétiques
- Rayonnement du doublet de Hertz
- Rayonnement d'un doublet magnétique
- Champ proche / champ lointain
- Réciprocité des couplages

### 2- Réglementation européenne

- Eléments d'une directive
- Conformité aux exigences essentielles
- Normes harmonisées
- Interprétation du JOUE
- Eléments de la déclaration de conformité
- Exemple de déclaration de conformité
- Documentation technique
- Notice technique
- Marquage CE
- Directive européenne CEM – Exigences essentielles
- Directive européenne CEM – Domaine d'application
- Directive européenne CEM – Classification
- Directive européenne CEM – Procédure d'évaluation
- Directive européenne CEM – Normes harmonisées
- Exemple de norme CEM – Définition des tests

### 3- Directive 2014/53/UE : Domaine d'application

- Directive 2014/53/UE : Exigences essentielles
- Directive 2014/53/UE : Evaluation de la conformité
- Directive 2014/53/UE : Documentation technique
- Directive 2014/53/UE : Déclaration de conformité

### 4- Circuits actifs

- Détection d'enveloppe
- Caractérisation de l'étage d'entrée d'un ampli OP
- Détection d'enveloppe des amplificateurs
- Impédance de sortie d'ampli op.
- Courant de sortie
- Caractérisation de l'étage de sortie d'un ampli OP
- Marge de bruit en tension
- Marges statiques des logiques courantes
- Forme d'onde des logiques courantes
- Surconsommation de transition
- Résumé des problèmes numériques

### 5- Circuits de Commutation

- Convertisseurs statiques
- Mode commun d'une alimentation à découpage
- Filtrage du mode commun
- Mode commun d'entrée à sortie
- Les 3 cas de mode commun entrée à sortie
- Réduction du Mode Commun Entrée à Sortie
- Mode différentiel d'alimentation à découpage
- Filtrage du mode différentiel
- Filtre de mode commun + différentiel
- Réduction de la surface des boucles
- Résumé des problèmes de découpage

### 6 - Impédance Commune

- Couplage par impédance commune sur une carte
- Couplage par impédance commune dans un câble
- Impédance d'un plan de masse
- Calcul de l'impédance par maille
- Impédance d'un plan de cuivre
- Fente dans un plan de masse
- Impédance des conducteurs
- Impédance des pistes et conducteurs en HF
- Intérêt et risques du câblage en étoile
- Chaînage des masses en analogique

- Comparaison analogique / numérique
- Calcul du bruit d'alimentation
- Impédance des condensateurs non polarisés
- Principe de découplage
- Cartes mixtes analogiques / numériques
- Carte mixte : placement et alimentations
- Répartition optimale des couches de CIP
- Impédances « cachées » d'un connecteur
- Résumé des problèmes d'impédance commune

### **7- Couplage carte à châssis**

- Couplage capacitif carte à châssis
- Capacité totale entre carte et plan de masse
- Effet de masque par proximité
- Capacité d'une piste isolée
- Masse mécanique / masse électrique
- Raccordement du 0V au châssis
- Utilisation d'écrans électrostatiques
- Résumé des problèmes « d'effets de main »

### **8- Couplage piste à piste**

- Diaphonie capacitive et Diaphonie inductive sur CIP
- Diaphonie entre deux circuits
- Diaphonie capacitive piste à piste
- Diaphonie inductive piste à piste
- Capacité totale C12 entre paires
- Inductance mutuelle totale M12 entre paires
- Réduction de la diaphonie par plan de masse
- Résumé des problèmes de diaphonie

### **9- Couplage champ à système**

- Tension de boucle
- Calcul de la tension de boucle
- Torsade des conducteurs
- Courant d'antenne
- Réduction du champ par plan de masse
- Résumé des problèmes champ à fil

### **10- Rayonnement des électrons**

- Spectre d'un train trapézoïdal
- Rayonnement d'une petite boucle
- Spectre rayonné en mode différentiel
- Pourquoi se méfier des horloges ?
- Surfaces rayonnantes
- Réduction du rayonnement à la source
- Rayonnement d'un petit fouet
- Origines du courant de mode commun
- Spectre rayonné en mode commun
- Rayonnement carte / Fond de panier
- Techniques de réduction du rayonnement M.C.
- Résumé des problèmes de rayonnement de M.C.

### **11- Lignes en impulsion**

- Qu'est-ce qu'une logique rapide ?

- Qu'est-ce qu'une ligne de transmission ?
- Paramètres linéiques
- Impédance caractéristique
- Propagation dans une ligne sans perte
- Lignes en impulsion : réflexion des fronts
- Forme des signaux
- Désadaptation de la charge - Adaptation du générateur
- Topologies des lignes
- Quand doit-on adapter une ligne ?
- Désadaptation d'une ligne
- Résumé des problèmes de lignes

### **12- Protection en conduction**

- Parasurtensions
- Dimensionnement d'une varistance
- Dimensionnement d'un Transzorb
- Les 3 méthodes de protection en MC HF
- Différentes structures de filtres
- Les 3 règles de montage des filtres secteur
- Implantation et routage des filtres
- Selfs de mode commun
- Impédance de tores de ferrite
- Impédance en fonction du nombre de spires

### **13- Câbles blindés**

- Câbles blindés et coaxiaux
- Impédance de transfert : définition
- Zt des câbles courants
- Principe de l'effet réducteur
- Relation entre Zt et effet réducteur
- Terminaison des blindages
- Raccordement des connecteurs blindés
- Effet réducteur d'une paire blindée
- Raccordement des écrans de câbles blindés
- Résumé des problèmes de câbles blindés

### **14- Blindage**

- Mode de fonctionnement d'un écran
- Réflexion
- Impédance de barrière
- Absorption
- Effet de peau
- Efficacité de blindage
- Nécessité des ouvertures
- Fente dans un blindage
- Quelques joints conducteurs
- Blindage des plastiques par métallisation
- Etapes de mise au point d'un blindage

### **15- Conclusion**

- Résumé des problèmes de CEM
- Acronymes en CEM
- Bibliographie CEM française
- Quelques sites Internet intéressants

**Moyens pédagogiques :** Support de cours - Exercices pratiques - Mises en situation

**Moyens permettant d'apprécier les résultats de l'action :**

- Evaluation à chaud du module de formation par un « questionnaire de critique constructive »,
- Suivi de la mise en application en situation de travail : un mois après la formation pour une évaluation à froid : envoi du questionnaire aux managers/ administratifs

**Moyen permettant de suivre l'exécution de l'action :** Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par journée de formation.

**Sanction de la formation :** Attestation de présence