

DoktorTronik

ELEKTRONIKA - SZKOLENIA - DOŚWIADCZENIE
DR INŻ. RAFAŁ STĘPIEŃ

SZKOLENIE: Projektowanie urządzeń elektronicznych z uwzględnieniem wymagań kompatybilności elektromagnetycznej (EMC)

INFORMACJE PODSTAWOWE O SZKOLENIU:

Czas trwania:	2 dni, około 14 godzin
Termin realizacji:	do indywidualnego ustalenia z Klientem lub po zebraniu grupy 3 osób,
Forma szkolenia:	szkolenie w siedzibie Klienta/szkolenie on-line/stacjonarne. Prezentacja power-point (75% czasu szkolenia), demonstracje na żywo (15% czasu szkolenia), ćwiczenia praktyczne (10% czasu szkolenia).
Grupa szkolenia:	od 3 do 8 osób, grupa docelowa: konstruktor elektronik, poziom doświadczenia w zakresie projektowania elektroniki: od 0 do 5 lat.

KOSZT SZKOLENIA:

Szkolenie stacjonarne:	3500zł netto za osobę
Szkolenie on-line:	2800zł netto za osobę

CEL SZKOLENIA:

- wprowadzenie do tematyki kompatybilności elektromagnetycznej
- omówienie zagadnień związanych z praktyczną realizacją projektu elektroniki pod kątem spełnienia norm EMC
- przygotowanie uczestników szkolenia do samodzielnego opracowywania planów testów oraz badań inżynierskich
- zrozumienie zjawisk fizycznych zachodzących w układach elektronicznych w trakcie testów EMC
- poznanie metod projektowania bloków funkcjonalnych zapewniających zgodność z normami EMC, m.in. zasilacze impulsowe, cyfrowe układy logiczne (MCU/FPGA), układy radiowe, przetworniki sygnałowe, magistrale danych z i bez izolacji galwanicznych
- wskazanie na typowe błędy w zakresie implementacji układów związanych z zapewnieniem zgodności z EMC (m.in. warystory, kondensatory X/Y, transile, dławiki sprzężone itp.)
- omówienie procedur postępowania w zakresie projektowania schematów oraz płyt PCB pod kątem EMC
- omówienie przygotowania układu do testów w laboratorium EMC
- pokazanie na przykładach procedur badania zgodności z normami EMC oraz możliwości wprowadzenia poprawek (debugowania) już w trakcie badań w laboratorium EMC

SZCZEGÓŁOWY ZAKRES SZKOLENIA:

- 1. Czym jest kompatybilność elektromagnetyczna?**
 - a. wymagania prawne -dyrektywa EMC
 - b. odporność urządzeń
 - c. emisja radiowa i przewodzona z urządzeń
 - d. metodologia testów zgodności z normami EMC

DoktorTronik

ELEKTRONIKA - SZKOLENIA - DOŚWIADCZENIE
DR INŻ. RAFAŁ STĘPIEŃ

2. Sygnały i metody pomiarowe stosowane w pomiarach EMC

- a. w zakresie odporności urządzenia:
 - i. Surge - EN61000-4-5
 - ii. Burst (EFT) - EN61000-4-4
 - iii. ESD - EN61000-4-2
 - iv. zaburzenia przewodzone indukowane przez pola wysokiej częstotliwości EN61000-4-6
 - v. odporność na pole elektromagnetyczne - EN61000-4-3
 - vi. zapady i przerwy napięcia sieciowego - EN61000-4-11
- b. w zakresie emisji z urządzenia
 - i. emisja promieniowana - EN55022
 - ii. emisja przewodzona dla przyłączy AC i DC

3. Metodologia planowania projektu elektronicznego uwzględniająca EMC

- a. określenie cech funkcjonalnych urządzenia
 - i. napięcia i prądy znamionowe
 - ii. izolacje galwaniczne
 - iii. sygnały zegarowe i ich częstotliwości
 - iv. dodatkowe zależności
- b. określenie zakresu norm EMC
- c. planowanie w zakresie rozwoju schematów i płyt PCB

4. Wprowadzenie mechanizmów ochrony projektu elektronicznego podczas testów narażeniowych EMC

- a. zasady ogólne
- b. omówienie metod ochrony układu elektronicznego
 - i. Surge
 - ii. Burst (EFT)
 - iii. ESD
 1. demonstracja na żywo: testy transila w układzie zabezpieczenia nadnapięciowego
 - iv. zaburzenia przewodzone indukowane przez pola wysokiej częstotliwości
 - v. odporność na pole elektromagnetyczne
 - vi. zapady i przerwy napięcia sieciowego
- c. interpretacja wyników i wyciąganie wniosków (na przykładach)
- d. typowe błędy w implementacji mechanizmów ochrony

DoktorTronik

ELEKTRONIKA - SZKOLENIA - DOŚWIADCZENIE
DR INŻ. RAFAŁ STĘPIEŃ

5. Wprowadzenie mechanizmów redukcji emisji z urządzenia elektronicznego

- a. wprowadzenie
- b. sygnały wspólne i różnicowe
- c. omówienie metod ograniczenia emisji z układu elektronicznego
 - i. emisja promieniowana
 - ii. emisja przewodzona dla przyłączy AC i DC
 - iii. **demonstracja na żywo: badanie charakterystyki przenoszenia filtra sieciowego**
- d. wykorzystanie sond pola bliskiego w detekcji źródeł emisji
 - i. **demonstracja na żywo: pomiar pól E i H za pomocą sond pola bliskiego**
- e. metody pomiaru emisji radiowej z przewodów urządzenia
 - i. **demonstracja na żywo: pomiar emisji z przykładowego zasilacza SMPS**
- f. interpretacja wyników i wyciąganie wniosków (na przykładach)
- g. typowe błędy w implementacji mechanizmów redukcji emisji

6. Implementacja bloków funkcjonalnych układu elektronicznego z uwzględnieniem zgodności z normami EMC

- a. wprowadzenie
 - i. parametry pasożytnicze elementów RLCM
 - ii. funkcjonalność urządzenia w kontekście EMC
 - iii. architektura systemu
 - iv. planowanie architektury PCB w kontekście EMC
 1. **demonstracja na żywo: wpływ ground plane w kontekście redukcji emisji promieniowanej z układu**
 - v. obudowy i ekranowanie
- b. przetwornice DC/DC
 - i. layout
 - ii. odsprzęganie zasilania
 - iii. optymalizacja konturów prądów powrotnych
 - iv. materiały magnetyczne
- c. procesory i inne układy cyfrowe
 - i. layout
 - ii. odsprzęganie zasilania
 - iii. interfejsy high-speed w kontekście EMC
- d. przetworniki ADC i DAC
 - i. layout
 - ii. odsprzęganie zasilania
 - iii. sygnały zegarowe
 1. jitter i szum fazowy
 2. **demonstracja na żywo - usuwanie szumów fazowych z sygnału zegarowego**

DoktorTronik

ELEKTRONIKA - SZKOLENIA - DOŚWIADCZENIE
DR INŻ. RAFAŁ STĘPIEŃ

- iv. filtracja sygnałów
- e. interfejsy izolowane RS232/RS485, Ethernet
 - i. layout
 - ii. zasilanie części izolowanych
- f. analogowe tory przetwarzania sygnałów
 - i. wzmacniacze operacyjne oraz tranzystory bipolarne w kontekście przetwarzania sygnałów oraz testów EMC
 - ii. layout
 - iii. odsprężanie zasilania
 - iv. filtracja sygnałów i ochrona wejść
- g. moduły radiowe
 - i. layout
 - ii. ochrona wejść antenowych
 - iii. wprowadzenie do dyrektywy RED
- h. przykłady typowych błędów oraz rozwiązań wzorcowych
- i. mechanizmy osiągnięcia zgodności z normami EMC poprzez zmiany w oprogramowaniu urządzenia

7. Realizacja badań w laboratorium

- a. wprowadzenie
- b. przygotowania do testów
- c. wykonywanie testów (omówienie na przykładach)
- d. wpływ okablowania oraz rozmieszczenia układu na stanowisku pomiarowym
- e. kolejność wykonywania testów
- f. co można poprawić w zakresie EMC będąc już w laboratorium?

8. Podsumowanie szkolenia, czas na dyskusję, wydanie certyfikatów.