



EMCってなんだろう？

研究室のサイ先輩に影響されて電子工作にはまってしまったアイ君。休日の今日も研究室に来て半田ごてと悪戦苦闘しています。

サイ 「アイ君、今日もがんばってるね」

アイ 「あつ、サイ先輩。さっき電気屋で買ってきた電子工作キットを早速組み立ててるんですよ」

サイ 「へえ、でもサイ君。そろそろキットは卒業して、自分で回路設計から始めてみたらどうだい？」

アイ 「うーん。まだその域に達してないですね。このキットの回路図だって、よくわからないところがあるので」

サイ 「どの部分がわからないの？」

アイ 「たとえば、このICの電源に付けるコンデンサは回路動作にはなにも影響しないと思うのですが、なぜ必要なんでしょう？」

サイ 「このバイパスコンデンサのこと？これはICの電源電圧を安定化するもので…。とりあえず、不思議に思うならコンデンサだけ取り外して、ICの出力や電源電圧をオシロスコープで観測してみたら？たぶん、クロック周期よりも短い周期で振動すると思うよ」

アイ 「(早速、オシロスコープで確認するアイ君。) あ、本当だ。うーん、なぜ振動するんだろう？」

サイ 「CMOSの出力が反転するときに電源系に高周波電流が流れることは知ってるよね。もしパソコンがなければこの電流はどこから流れてくるだろう？」

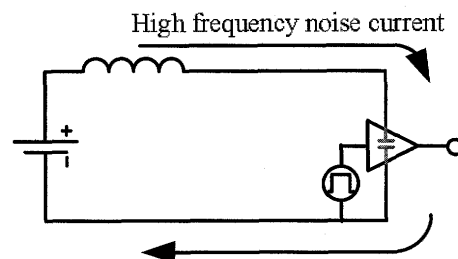
アイ 「えーと、電源の配線は電池までつながってるので、電池から流れると思います」

サイ 「そう。ICから電池まではもちろん回路基板上の配線やケーブルでつながっているわけだけど、これらの配線にはわずかながら抵抗やインダクタンスが含まれるんだ。ICから電池までの長い経路を電流が流れると、この寄生のインダクタンスが無視できなくなる。電源電圧の振動はこの寄生インダクタンスとIC自身もつ容量とがLC共振(第1図参照)を起こしていたからじゃないかな？バイパスコンデンサはその名の通り電流経路を“バイパス”(第2図参照)して、高周波電流をICの近傍に閉じ込めちゃうんだ」

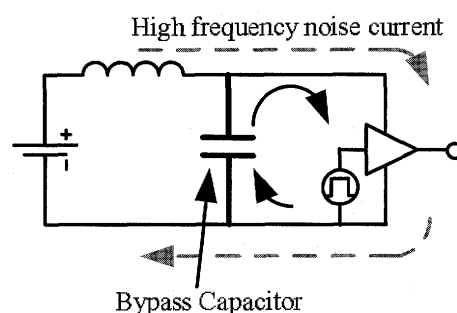
アイ 「そっか。電流の流れる経路が短くなることで、LC共振が抑制されて電源電圧が安定するんですね」

サイ 「そうだね。このコンデンサは回路動作には影響しないようにみえるけど、実はシステムが正常に動作するために必要な部品だったわけだね。こんなふう

アイ・サイ問答教室



第1図 IC電源系の共振



第2図 バイパスコンデンサの役割

に、部品を追加したり配置場所を変えたりして設計者が想定したとおりに動作するように回路やシステムを設計することをEMC設計っていうんだよ」

アイ 「EMC設計？」

サイ 「EMCっていうのはElectro-Magnetic Compatibilityの略だよ。日本語では「環境電磁工学」とか「電磁両立性」って訳される。あるシステムから発生する電磁ノイズが別のシステムに影響を与えないことと、外部の電磁ノイズの影響でシステムが誤動作しないこと、この二つを考慮に入れて設計することだよ」

アイ 「ふーん」

サイ 「なんだか、実感してもらってないな。よし、じゃ具体例で説明するよ。アイ君の家では無線LANを使ってる？」

アイ 「はい。ノートPCを買った時から使ってます。でも、時々電波の状態が悪くなるので、結局LANケーブルを使ってますね」

サイ 「通信品質が劣化するの、ひょっとしたら電子レンジのせいかもしれないよ」

アイ 「え!?! 無線LANと電子レンジなんてぜんぜん関係ないじゃないですか？」

サイ 「でも、使ってる周波数帯は同じなんだ。IEEE 802.11bやIEEE 802.11gなどの無線LAN規格では2.4GHz帯の電波を使って通信してるけど、電子

レンジも食品の加熱のために同じ周波数帯を使ってるんだ。もちろん電子レンジから漏洩する電磁波はごく微量なものだけど、それでも無線LANの通信にとっては致命的なノイズになってしまうんだよ」

アイ 「つまり、EMC設計っていうのは、電子レンジが電磁ノイズを外部に放出しないように設計することと、電子レンジがノイズを発していても無線LANの通信品質を保てるように回路を設計することってことですね。でも、電子レンジのような電化製品がどれくらい電磁ノイズを放出するかなんて、作ってみないとわからないんじゃないですか？」

サイ 「そうだね。実際に家電メーカでは、商品として販売する前に、電磁ノイズが基準値以下に抑制されているかを試作機を用いてテストしているんだ。もし基準値以上の電磁ノイズが発生していれば、設計変更をしなくてはいけなくなる。最悪の場合、1から設計をやり直さなくてはならないけど、実際には試作機の回路図に若干の修正を加えたり、素子を追加したりして電磁ノイズを規制値以下に低減することの方が多んじゃないかな。そして、こういった修正は技術者の“勘と経験”に頼っていることが多いんだ。試作っていう製造の最終段階で可能な電磁ノイズの対策は限られているので、低ノイズな製品を低コストで作るためには、なるべく設計の初期段階で電磁ノイズを予測し対策をとることが望ましいんだけどね」

アイ 「設計の初期段階で電磁ノイズの発生量を知るためにはどうすればいいんですか？」

サイ 「回路シミュレーション¹や電磁界シミュレーション²で予測するんだよ。とくに最近は計算機の処理速度が著しく速くなってるので、パソコンのマザーボードのような大きな回路基板であっても、基板全体の電流分布やそこから発生する電磁ノイズを計算することが可能だよ。何度も試作品を作り試験をすると、開発期間が伸びてコストが増大するのでメーカとしても好ましくない。だから、比較的短時間で結果を得ることができる電磁界シミュレーションの重要性がますます高まっているんだよ」

アイ 「シミュレーションによって、電磁ノイズが基準値以下かどうかを前もって計算するわけですね。もし基準値以上の電磁ノイズが発生していれば、設計段階で修正する。でも、マザーボードみたいな複雑な回路基板でどこが電磁ノイズの原因かを特定して、改善するのは難しいと思うのですが」

¹たとえば、SPICE (<http://bwrc.eecs.berkeley.edu/Classes/IcBook/SPICE/>).

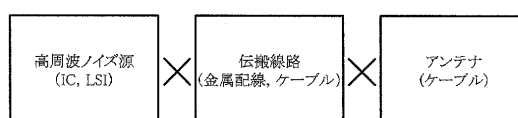
²たとえば、FDTD (Finite Difference Time Domain) 法。

* 京都大学 大学院 工学研究科 電気工学専攻

サイ 「その通りだね。電磁ノイズの発生要因は多岐にわたっていて、それらをすべて特定し修正するというのは非常に難しい。回路のどの箇所が問題であり、どのように対策すればよいかというEMC設計手法は確立していないんだ」

アイ 「だから、技術者の“勘と経験”が頼りなんですね」

サイ 「そういった技術者の中では、EMC設計に対する認識としてこの図(第3図参照)を意識している人が多いよ。この図のようにEMCの問題は、『ノイズ源』、『伝搬経路』、『アンテナ』の三つの要素から成り立ってるんだ」



第3図 EMCの基本要素

アイ 「『ノイズ源』はICが動作するときに流れる高周波電流のことですよ。『伝搬経路』は電池までの基板上配線やケーブルだとすると、『アンテナ』は何に対応するんですか？」

サイ 「『アンテナ』は電磁ノイズを空間中に放射するもので、たとえば電磁ノイズが問題となる周波数の波長と同程度のケーブルが効率のよいアンテナになるんだ。この場合、実体としては『伝搬経路』と重複してるんだよ。実際の回路基板では三つの要素を完全に分離することなんてできないからね。電磁ノイズの抑制は、この『アンテナ』までの経路でノイズ電流を抑制すればよいということになる。たとえばケーブルにフェライトコアを付けるとかね」

アイ 「フェライトコア？」

サイ 「フェライトコアっていうのは強磁性体の材料で、ケーブルの周りに取り付けることで電流の伝搬を抑制することができるんだ。サイ君の持ってるノートPCの電源ケーブルを見てごらん。きっとケーブルの根元に円筒形ものが入ってるでしょ」

アイ 「あ、本当だ。こんな身近なところにEMCの対策が施されているんですね。じゃあ、僕がつくっている電子工作も電磁ノイズを出してるのかな」

サイ 「そうかもしれないね。一度、電磁ノイズが放出されているか測定してみたらいい。アイ君が電子工作で遊んでいる間、隣の家でラジオやテレビにノイズが入って、文句を言われてるかもしれないよ」

アイ 「うーん。知らないところで迷惑をかけてるのは嫌ですね。EMCをちゃんと考えて設計しないといけないんですね」

(松嶋 徹*)