

着目すべきはセラミックの共振！ ICの電源を広帯域&低インピーダンス化！

## まさかの逆噴射！ ノイズが確実に減る電源パスコンのつけ方

小林 芳直 Yoshinao Kobayashi

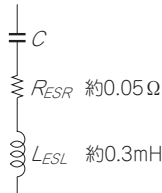


図1 コンデンサの等価回路

- ICの安定動作とノイズ低減に効くコンデンサはたくさんつけばいいというもんじゃない

最近の回路は動作周波数が高いので、電源のインピーダンスを広い周波数範囲で低く保つ必要があります。そのために、高周波特性の良い小容量のセラミック・コンデンサをパスコンとして使うようになりました。

電源のパスコン(バイパス・コンデンサ)として入れた複数のコンデンサが共振現象を起こして、電源インピーダンスが周波数によって激しく変動することがあります。これを反共振といいます。反共振が起きると、回路が誤動作したり、ノイズが増えたりする不具合が発生します。ここでは反共振のしくみと、その対策を説明します。

### コンデンサは共振回路である

- コンデンサはインダクタに化ける
  - ▶ インダクタに化ける境界周波数「自己共振周波数」  
コンデンサは容量という本来の機能の他に、内部配線やリード線による等価直列インダクタンス(ESL: Equivalent Series Inductance)というインダクタンス成分を持ちます。さらに等価直列抵抗(ESR: Equivalent Series Resistance)という抵抗成分も持ちます。図1に示す回路のようにC、R、Lが直列につながると直列共振回路になります。  
直列共振回路は特定の周波数で共振状態になり、インピーダンスは最小になります。この共振周波数を自己共振周波数(SRF: Self Resonance Frequency)といいます。コンデンサは自己共振周波数より低い周波数ではCとして正しく働いてくれますが、自己共振周波数より高い周波数ではLになり、ノイズ電流を吸収す

ることなくノイズ電圧を発生します。つまりL成分となったコンデンサはもはやパスコンとしての働きをしてくれません。

それでもインピーダンスが低ければ、発生するノイズも少ないので、多少は自己共振周波数より高い周波数領域でも使われます。

- 効くかどうかの分かれ道！ クロック周波数と自己共振周波数の関係

システム・クロックが24.576 MHzというシステムなら、自己共振周波数が25 MHzの0.1 μFのセラミック・コンデンサを入れておけば、おそらくトラブルはないでしょう。システム・クロックが24.576 MHzなら、その高調波は10倍ぐらいまで高い周波数成分を持ちますが、基本波さえ押さえれば動作します。ところがシステム・クロックが100 MHzまで高くなると、コンデンサの自己共振周波数をもう少し高くしておかないとパスコンとして動作してくれません。1000 pFのセラミック・コンデンサなら自己共振周波数が250 MHzぐらいあるので、これをパスコンに入れます。

二つのコンデンサの自己共振周波数が違うので、うまくいけば広い周波数範囲でインピーダンスが低くなりますが、現実には二つのコンデンサが干渉して反共振を起こすことがあります。反共振の程度は、共振回路のQという値で決まります。

- 共振の特性を表す二つのパラメータ「強さQ」と「中心周波数 $f_0$ 」

共振回路のQ(Quality Factor: クオリティ・ファクター)は共振周波数でのリアクタンス成分と抵抗成分の比率で決まります。リアクタンス分に対して抵抗分が少ないコンデンサが良いコンデンサと言えます。

共振周波数は、等価直列インダクタンスESLのインピーダンス $Z_{ESL} = 2\pi f_0 L_{ESL}$ とコンデンサCのインピーダンス $Z_c = 1/2\pi f_0 C$ が等しくなったところです。

周波数 $f_0$ について解くと、

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{ESL}C}}$$

という共振周波数が求まります。

QはCのリアクタンス成分と抵抗成分の比であり、またLのリアクタンス成分と抵抗成分との比でもあります。これは共振周波数で等しくなります。