

## EMI 対策について

EMI は水晶発振回路の色々な部分から発生します。EMI の発生部分を明確にして発生を抑える対策をされた基板を設計することにより EMI レベルを低減することが可能となります。

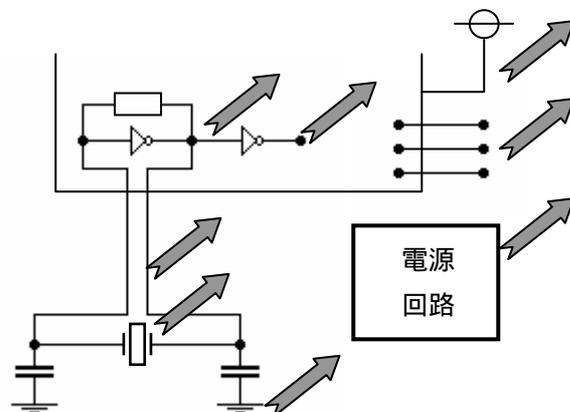
### 1. EMI の発生部分

#### IC 内部

IC 内部からも EMI が発生します。

#### 基板パターン

IC と水晶振動子やコンデンサ等をつなぐ基板パターンが長くなるとこの部分がアンテナとなり EMI レベルが増加しますが、インバータの OUT 側のパターンから多くの EMI が発生しています。図のように IN、OUT のラインを平行に長く引くと負性抵抗も減少するので好ましくありません。



#### 水晶振動子

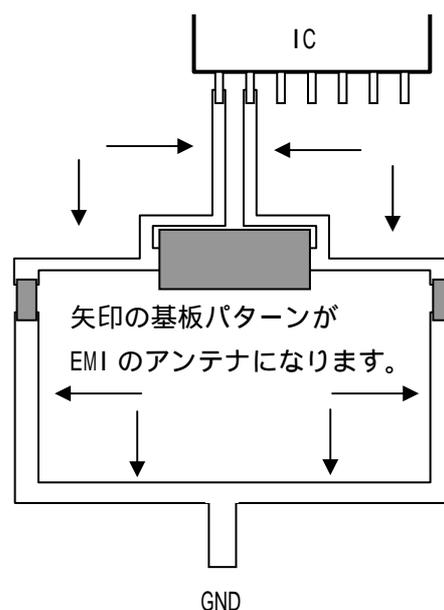
発振している水晶振動子の電極には発振周波数の交流振幅が現われますが、発振段の IN 側電極は一般的に正弦波に近い波形なので EMI レベルはかなり低いのですが、OUT 側では矩形波に近い波形で多くの高調波を含んでいて高いレベルの EMI を放射します。

#### グラウンドライン

グラウンドラインのインピーダンスが高いと EMI レベルが増加します。

#### 電源ライン

通常電源ラインは交流的にグラウンドと同レベルです。電源ラインの交流インピーダンスが高くなると電源ラインが EMI を輻射するアンテナになってしまいます。



#### 出力ポート

データを出力するポートからも EMI が発生します。

#### 電源

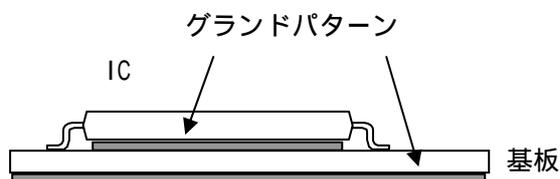
電源の出力自体にノイズが含まれると水晶発振回路や他の機能回路がノイズによって変調を受けてしまい、これらの回路から発生する EMI レベルが増加します。又、電源ラインのインピーダンスが高いと発振振幅が電源ラインに現われるため、電源ラインをアンテナとして EMI が輻射されてしまいます。

## 2. EMI 対策

C-MOS インバータを使ったピアース水晶発振回路の IN 側の発振波形はサイン波若しくはサイン波に近い波形ですのでこの部分から発生する高調波は微小です。それに比べてインバータの OUT 側の波形は矩形波又は歪を持った矩形波ですので多くの高調波成分を含みます。この部分に接続された基板パターンがアンテナとなり EMI として空中に輻射されます。

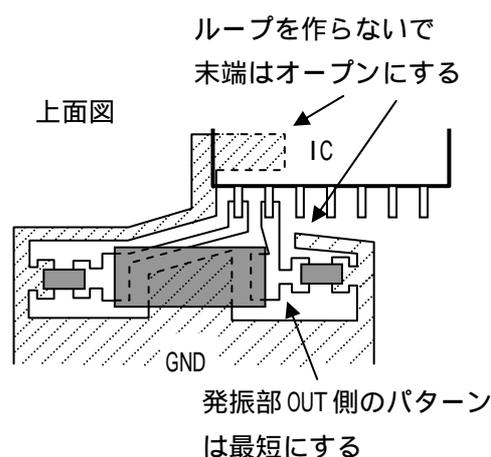
IC 内部から発生している EMI

基板の IC 下部に面グランドを設けると IC の下側へ輻射される EMI を減少させる事が可能です。



基板パターンから発生している EMI

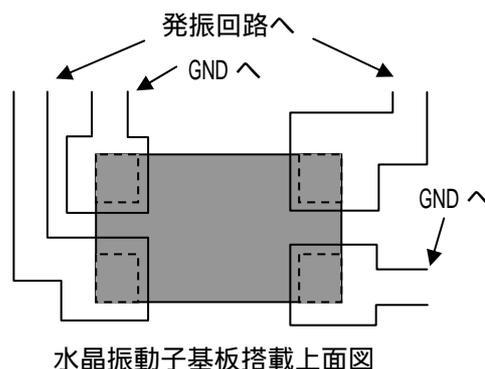
右の図のように IC と水晶振動子やコンデンサ等をつなぐ基板パターンが EMI を輻射するためのアンテナとならないように最短のパターン長になるように基板を設計します。さらに発振部の信号パターン周辺をグランドパターンでシールドすることも効果がありますが、これらのパターン同士を接近させ過ぎると負性抵抗が減少してしまいますので基板パターン設計の際には注意が必要です。又、グランドパターンは矢印部分のように端を開放し、決してループを作らないように設計する事が重要です。



発振部の基板パターンの中では多くの EMI がインバータの OUT 側に接続されたラインから発生しますので、このパターン長を最短に設計する事が重要です。後述の「プリント基板の設計に関する御注意も合わせてご参照願います。インバータの IN 側の波形は殆どの場合に正弦波ですので発生する EMI は低レベルです。基板パターンが OUT 側より長くなる事による EMI の増加量は OUT 側のパターンを長くした場合に比べてはるかに少ない量です。

水晶振動子から発生している EMI

金属キャップが使われている SMD 水晶振動子の CX-2520SB、CX-3225SB、KXS-23、CX-4025S、CX-96F、KXS-35、KXS-36、CX-91F では空き端子が水晶振動子の内部で金属キャップに接続されているので、空き端子をグランドに接続すると水晶振動子から電極のキャップに誘導されて空中に輻射される EMI レベルを減少させる事が可能です。



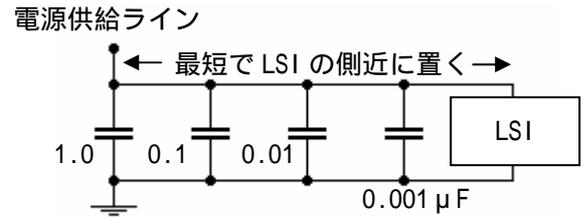
缶タイプ (リードタイプ) の水晶振動子はキャップ全体に発振振幅が誘導されて現われ、EMI として空中に輻射されます。水晶振動子から空中に輻射される EMI レベルを減少させるには缶をグランドに接続するための金属ジャケットが装着された CX-49L タイプをご利用願います。

グランドラインから発生している EMI

コンデンサのグランド側パターンの引き回しが細長くなるとその部分がアンテナとなって EMI が輻射されるのでこれらも最短のパターン長でグランドラインに接続されるように基板を設計しなければなりません。前記対策をご参照願います。

### 電源ラインから発生している EMI

広い周波数帯で電源ラインのインピーダンスが高くなるように自己共振周波数の異なる数種類の値のバイパスコンデンサを接続すると効果的です。通常は右の図のように水晶発振回路 IC の電源端子の側近に最短のパターン長で CM、CT、CF シリーズ中の高誘電率セラミックコンデンサをパスコンとして接続します。電源供給ラインの長い基板ではこれらのコンデンサをセッ



トにして複数箇所に接続すると非常に効果的です。1 個の LSI で数種類の電源電圧を必要とする場合はそれぞれにパスコンが必要です。低周波域のノイズに対しては数  $\mu\text{F}$  以上の容量値の電解コンデンサを併用しますが電源のレギュレータの出力端に大きな容量のコンデンサを接続するとレギュレータ IC 自体が発振してしまう場合がありますので注意が必要です。

又、電源ラインから輻射される EMI を抑えるには KNH シリーズの EMI フィルター KNH21104 や KNH21473 をご使用されますと効果的です。

### 出力ポートから発生する EMI

データの形態によってはラインフィルターが使用できる場合も有りますが不可能な場合はポートやデータを伝送するパターンの周辺を上記の方法で被い更に基板の反対側を面グランドパターンで被うと効果的です。使わないポート等は IC マニュアルに指示された適正なインピーダンスで終端します。

### 電源から発生する EMI

直流電源発生回路から輻射される EMI 低減するには電源回路を金属カバー等でシールドすると効果的です。

## 3. EMI を減少させる回路構成と定数の選択 (高調波を発生させないようにする為の対策)

振動波形の形状によって EMI の量やレベルが変化しますが、振動波形がサイン波の場合に EMI が最も少なくなります。C-MOS インバータ水晶発振回路ではインバータの IN 側の振動波形はサイン波に近いのでこの端子から発生する EMI は少量です。しかし、OUT 側には IN 側のサイン波が反転増幅された矩形波が現われるので高調波が多く含まれます。次のような方法で OUT 側の発振波形の歪を減少させ EMI の量を減少させる事が可能です。

Rd や Rx を使用して C2 に充放電される電荷量を減少させる。

これらの抵抗を使用する事により、発振回路の負性抵抗が減少し発振起動時間が長くなる変化が起こりますので、適正な値の抵抗値を選択すると共に回路検討によってご設計の目標値を満足することを確認しておく必要があります。

C2 を C1 に比べて極端に小さな値を使用します。

例えば C1 = 22pF、C2 = 5pF のように OUT 側の容量値を小さな値にすると OUT 側の波形が矩形波からサイン波に近くなりますので EMI レベルが減少します。但し、OUT 側のコンデンサの容量値を小さくし過ぎると振幅レベルも低下しますので、OUT 側の振幅レベルが後段の回路を駆動する為に十分な値で有る事を確認しておく必要が有ります。

