



コンデンサ・インダクタ・EMCの 基礎知識

— for Windows —

第 1 章 コンデンサのいろは

第 2 章 インダクタのいろは

第 3 章 EMCのいろは

ご覧になりたい項目をクリックしてください。

太陽誘電株式会社



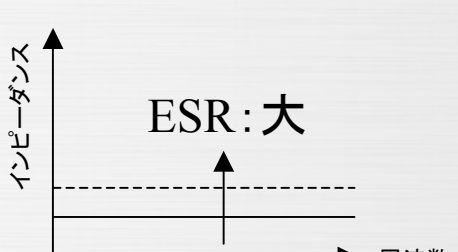

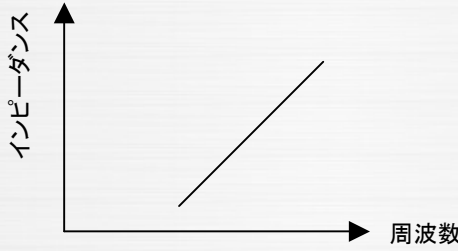
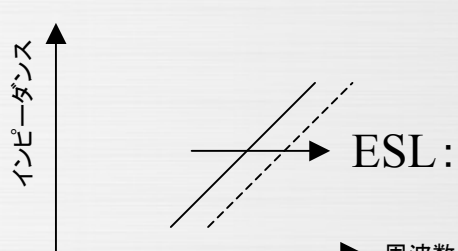
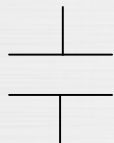
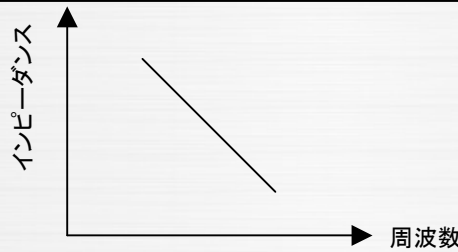
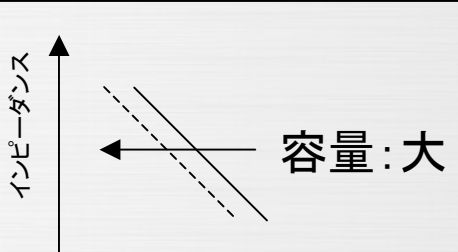
<http://www.ty-top.com>

TOP



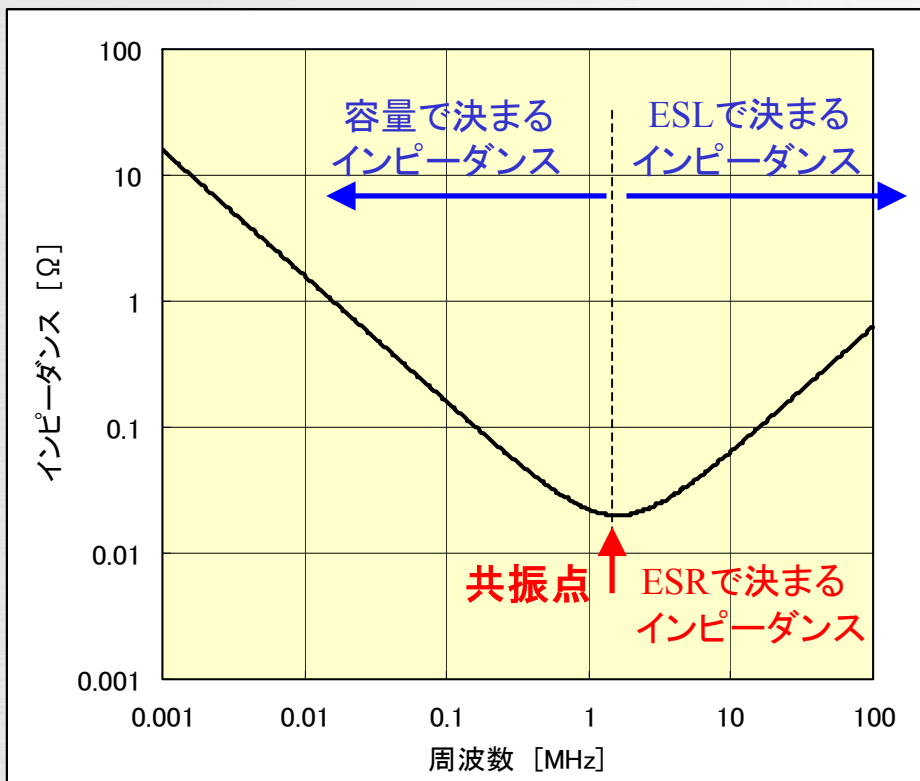
コンデンサの“いろは”

コンデンサのインピーダンス等価回路はRLC直列モデルになる

コンデンサの各成分	周波数変化	成分変化
ESR 	 <p>インピーダンス</p> <p>周波数</p> <p>周波数によらず一定</p>	 <p>インピーダンス</p> <p>周波数</p> <p>ESR: 大</p>
ESL 	 <p>インピーダンス</p> <p>周波数</p> <p>周波数の増加と共に増加</p>	 <p>インピーダンス</p> <p>周波数</p> <p>ESL: 小</p>
容量 	 <p>インピーダンス</p> <p>周波数</p> <p>周波数の増加と共に減少</p>	 <p>インピーダンス</p> <p>周波数</p> <p>容量: 大</p>

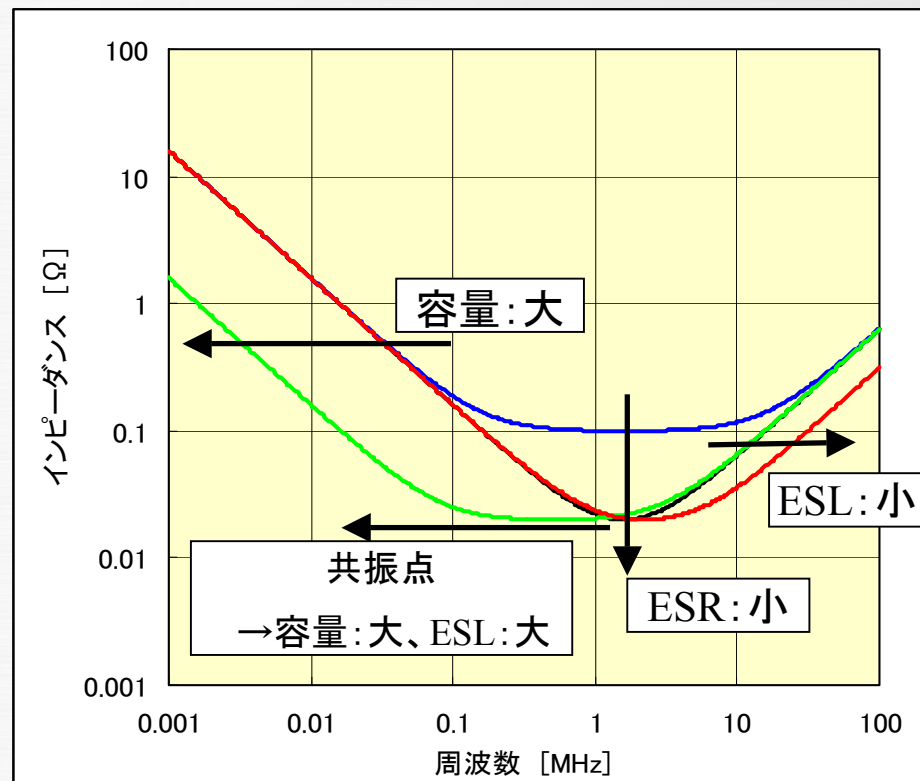
直列接続したときのインピーダンスは???

○直列接続のインピーダンス



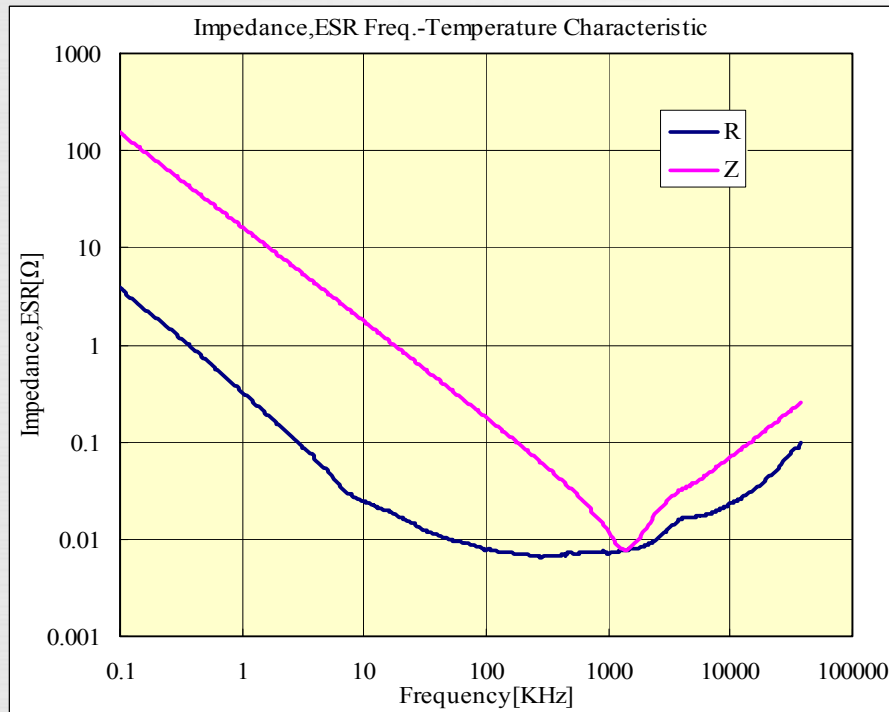
- ・共振点では容量、ESLのインピーダンスはない
(ESRのインピーダンスのみ)
- ・共振点の周波数は容量、ESLで決まる

○成分の違いによるインピーダンス



各成分の大きさと特性が変わる

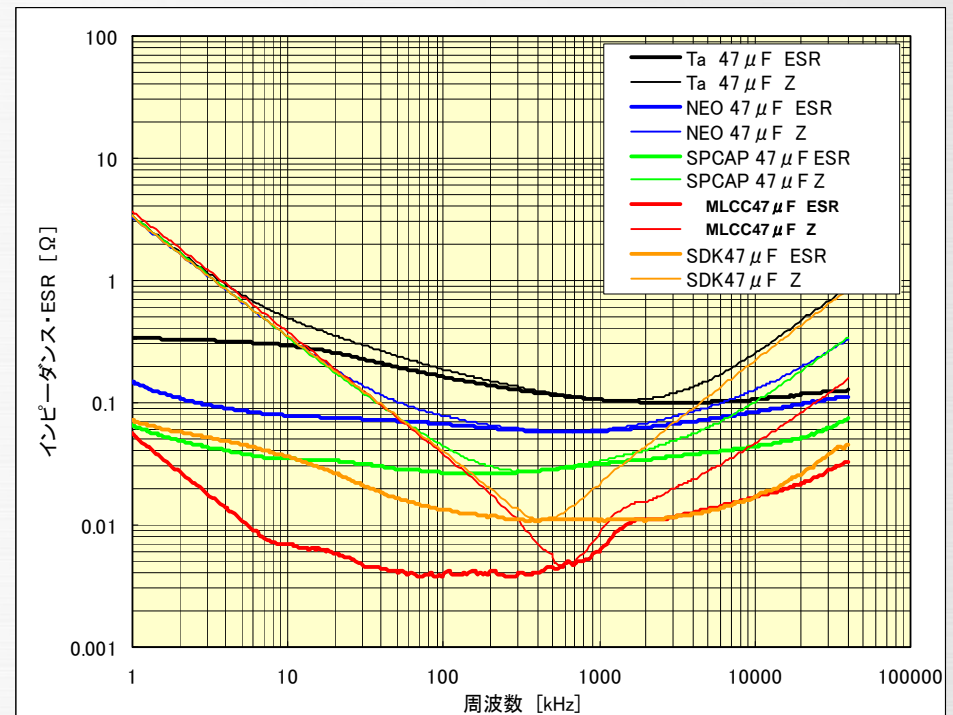
○ESRは周波数によって変化する



RLC直列モデル→ESRが周波数によらず一定

実際は変化する

○コンデンサの種類による周波数特性



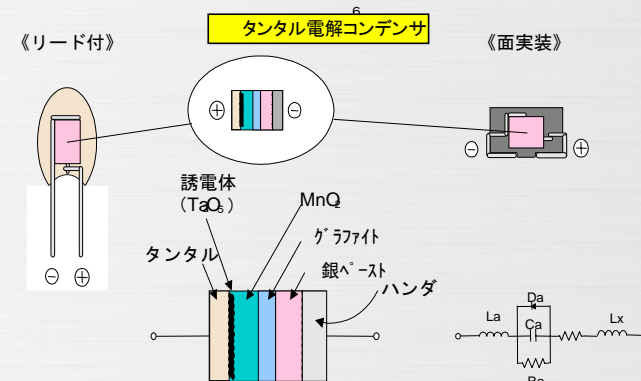
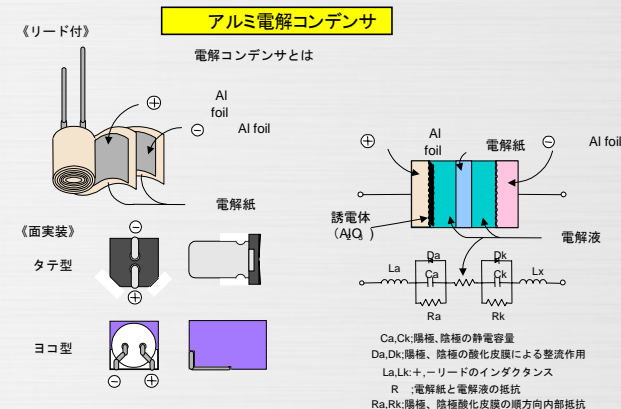
コンデンサの材料、構造、形状でRLCが異なる

コンデンサの種類によって特性が異なる
特にESR

積層コンデンサの信頼性

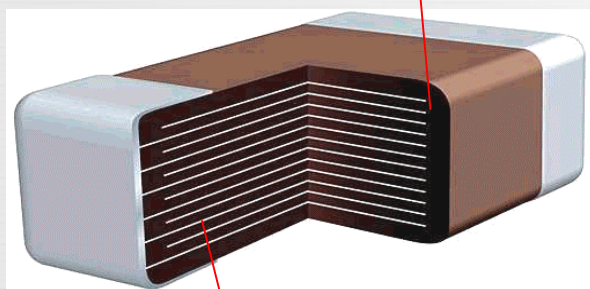
1. 回路使用条件比較

	極性	デレーティング	リップル電流制限	半田耐熱性	対溶剤性	負荷試験
積層コンデンサ	無し	◎	◎	◎	◎	◎
タンタル電解	有り	×	△	×	△	×
アルミ電解	有り	×	×	△	×	△
実用上の問題点	*レイアウト時の考慮 *実装時の管理 *逆電圧への配慮	*定格電圧の70~50%程度での使用制限	*対リップル制限を考慮し余分な容量の設定 *自己発熱による信頼性の低下	*リフロー半田付の制限と劣化の促進	*モリシック形の積層コンデンサ以外は必ず溶液等の進入発生	*アルミ電解電解液の損失等による容量抜け *タンタル電解Agの拡散、絶縁層の劣化によるショート

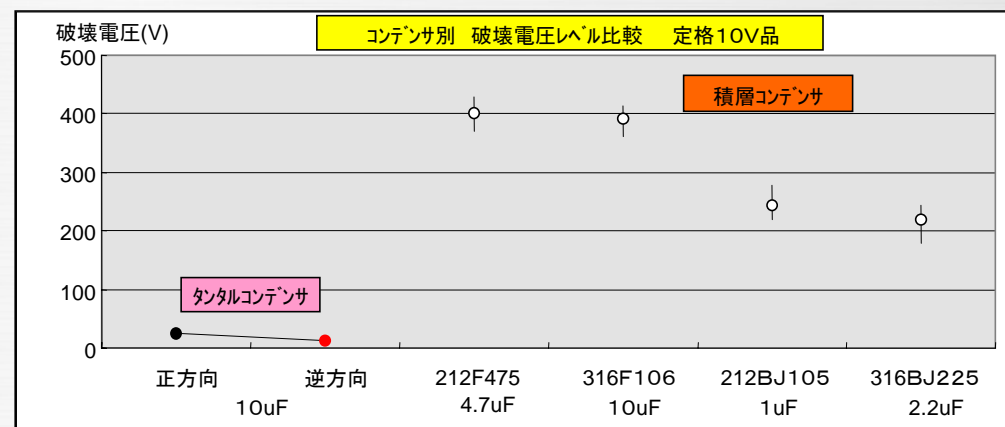


セラミックコンデンサ

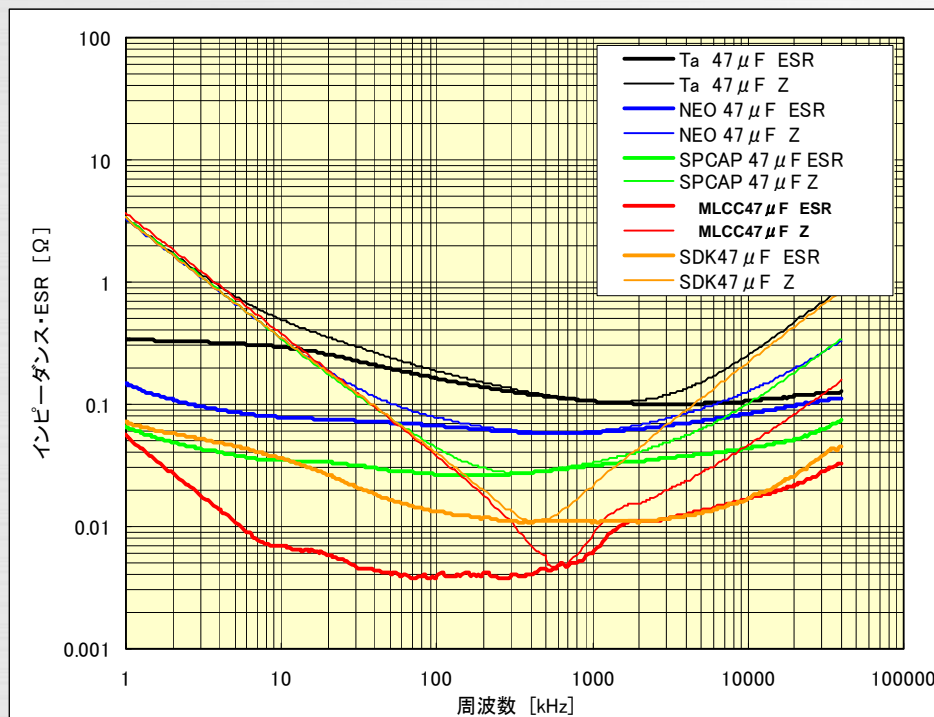
誘電体: チタン酸バリウム



電極: Ni



○周波数特性



ESRが種類により大きく異なる

Al > Ta > 機能性Ta > 機能性Al > 積層

低ESRであるほど高周波の
インピーダンスが低くなる

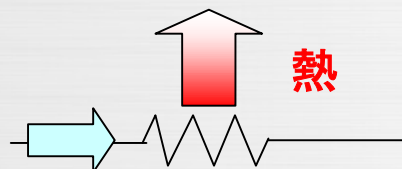
Al > Ta > 機能性Ta > 機能性Al > 積層

積層コンデンサはインピーダンス、ESRの周波数特性が非常に優れている



大きなメリット

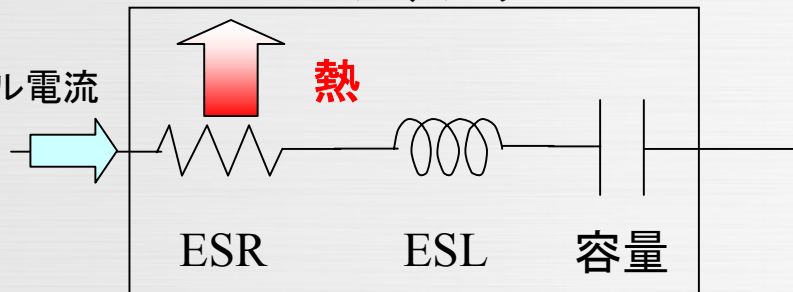
○リップル電流特性



抵抗に電流が流れると熱が発生する

コンデンサ

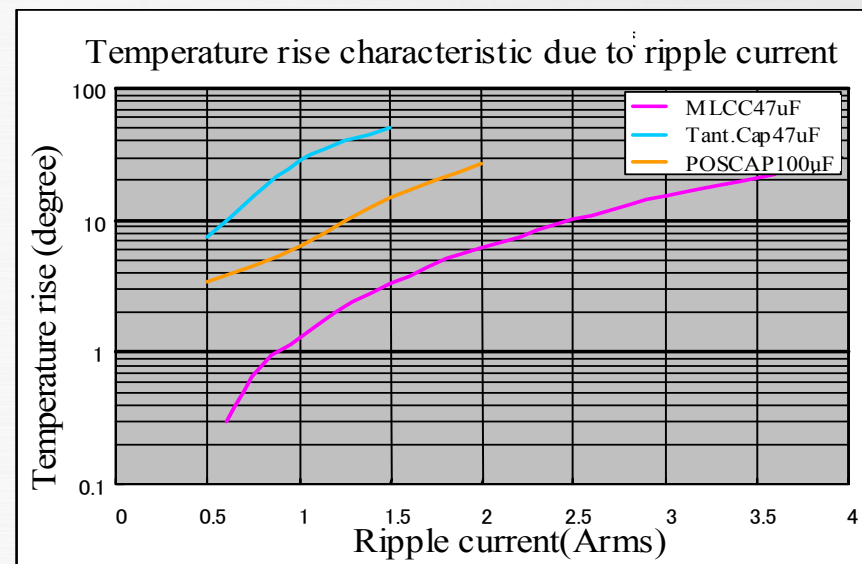
リップル電流



コンデンサにリップル電流
(交流電流)が流れると発熱する
(直流電流はほとんど流れない)

熱はコンデンサの寿命を縮める

○各種コンデンサのリップル電流特性



同じ発熱量に対して積層コンは低ESRなので
多くのリップル電流を流すことができる

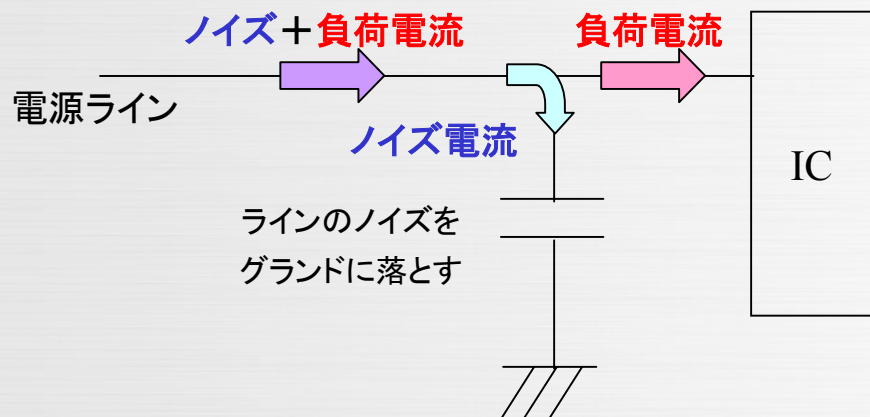
- ・積層は発熱10°C以内での使用(太陽推奨)
積層コンは許容リップル電流の規定はない

- ・電解は発熱5°C以内での使用(カタログ規定)
電解コンの許容リップル電流は各社で規定

回路に関する知識

バイパス(デカップリング)コンデンサの働き

○バイパスコンデンサの役割



○バイパスコンの動作原理

- ・直流電流は流さない(インピーダンス無限大)

➡ 直流電流はすべてICに供給

- ・交流(ノイズ)は流す

➡ 交流電流(ノイズ)はグラウンドへ流れる

ノイズ除去→ICの安定動作

○バイパスコンデンサに必要な特性

インピーダンス(電流の流れにくさ)が低い



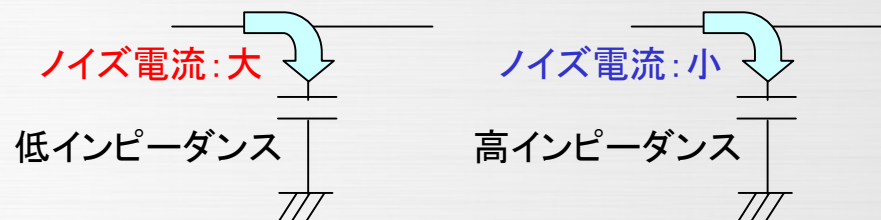
電流がよく流れる



ノイズ電流を効率よくグラウンドに落とすことができる



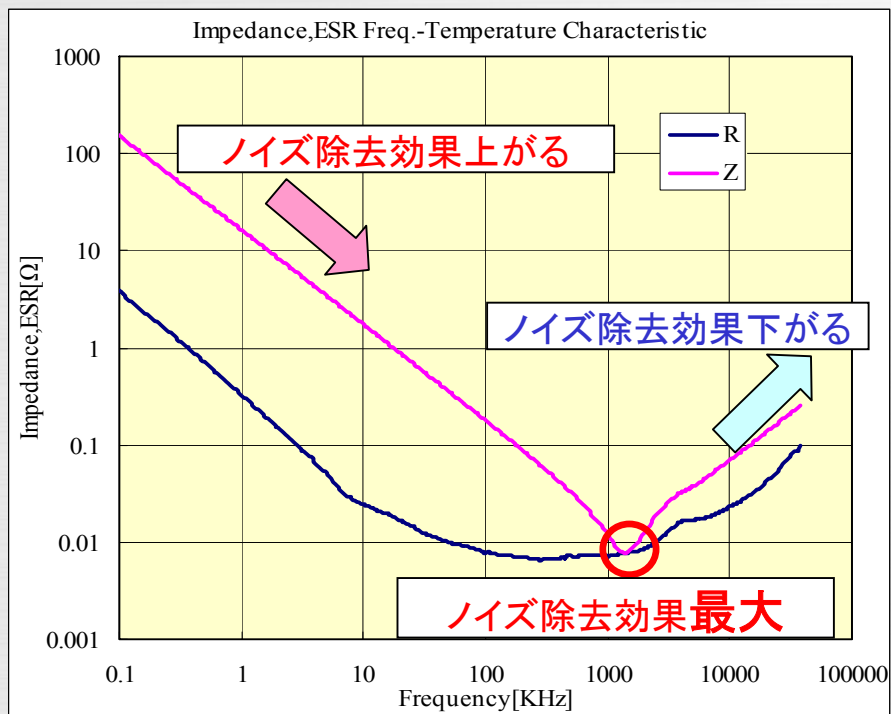
ノイズ低減効果大きい



インピーダンス	小	↔	大
ノイズ低減効果	効果大	↔	効果小

バイパス(デカップリング)コンデンサの働き

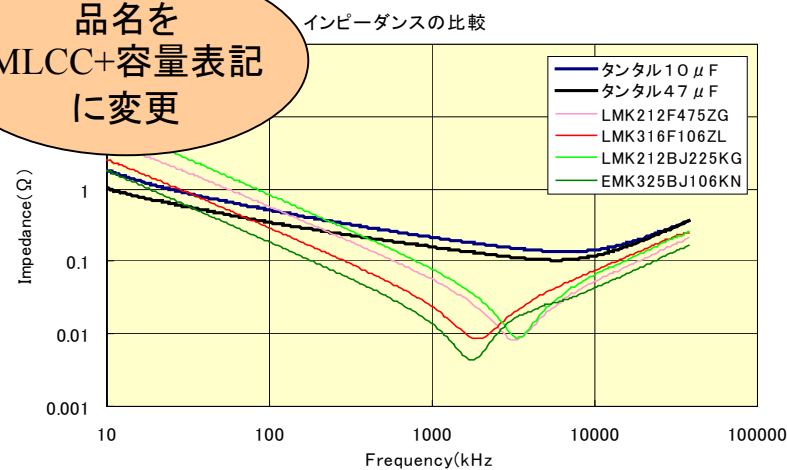
○コンデンサの選択基準



除去したいノイズの周波数によって容量を選択

○バイパスコンにおけるTa置換

品名を
MLCC+容量表記
に変更



10kHzから100kHz以上では積層コンの
インピーダンスは非常に小さい

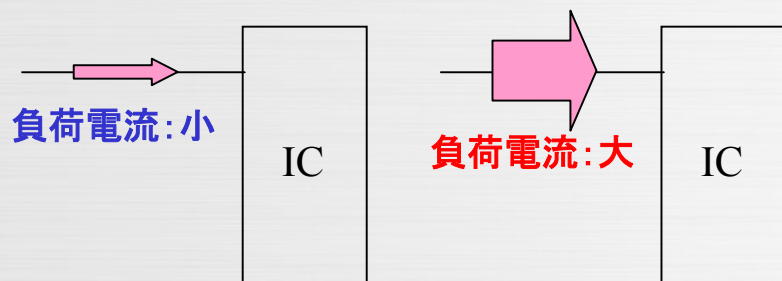
積層コンデンサは高周波ノイズの
低減効果がTaコンより優れている

Taコンより小さな容量で
積層コンデンサに置換が可能

バックアップコンデンサの働き

○ICへの負荷電流

ICへの負荷電流は一定ではない

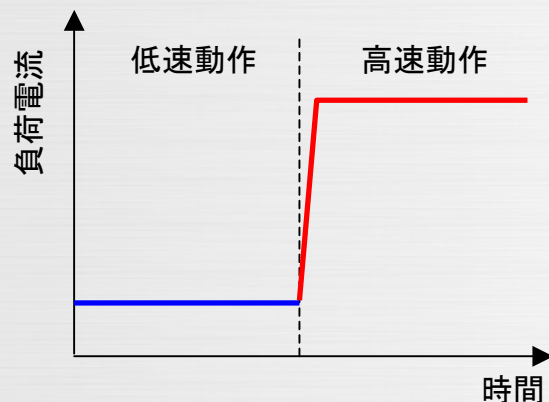


低速動作時

高速動作時

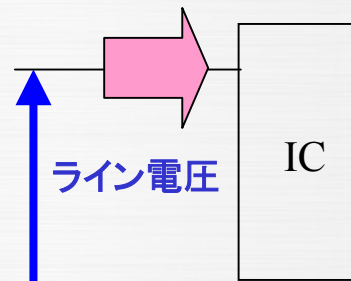
○高速負荷変動

急激にICの速度が変わる(低速→高速)と
急激に大きな負荷電流が必要になる

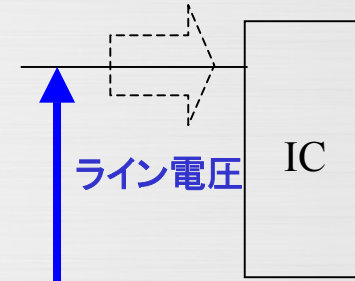


○高速負荷変動時の電源ライン

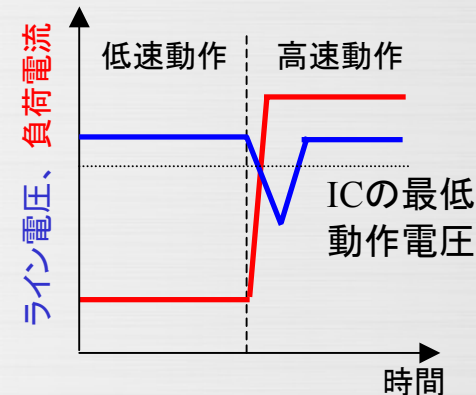
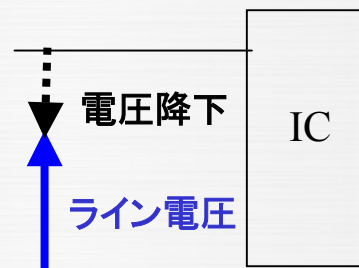
急激に大きな負荷電流が必要



電流がすぐに来ない



ライン電圧が維持できなくなる
電圧がドロップする



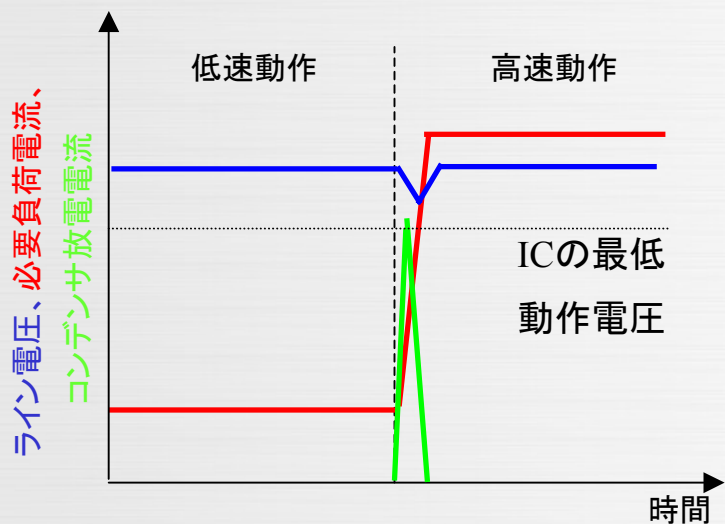
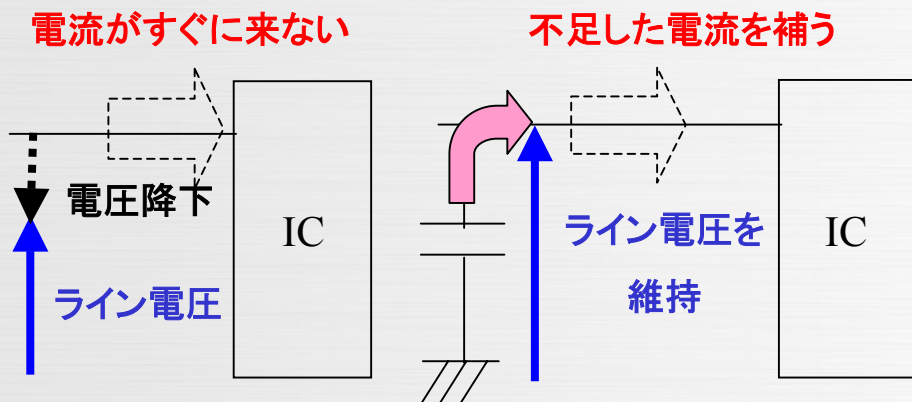
ライン電圧がICの最低動作電圧を下回る



ICの動作が停止する

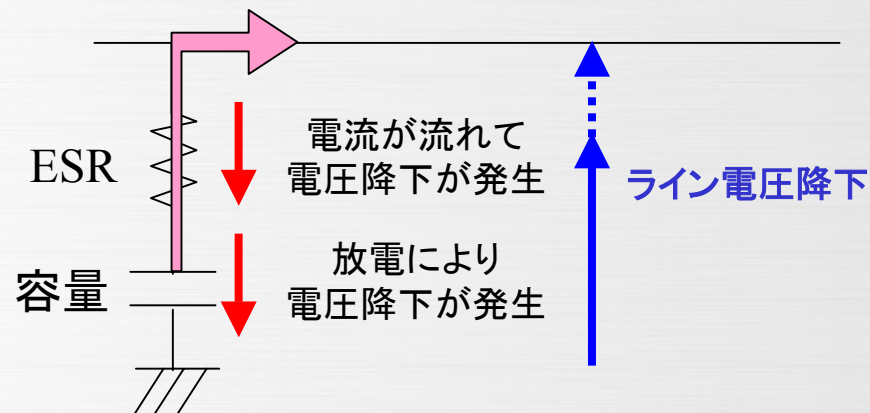
バックアップコンデンサの働き

○バックアップコンデンサの役割

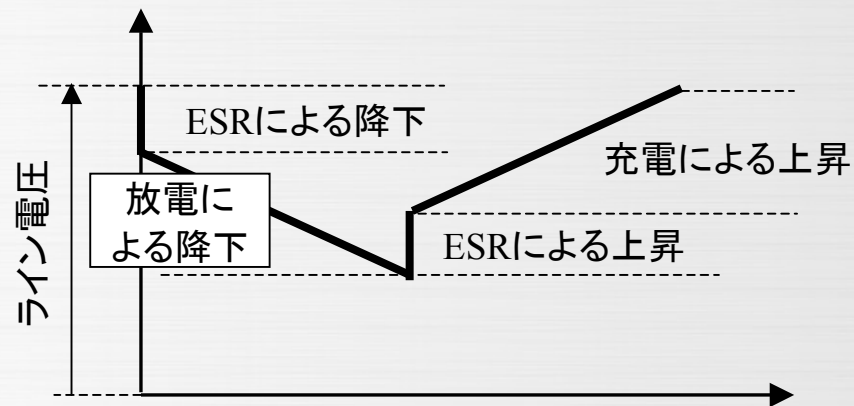


IC最低動作電圧を下回らない ➡ 安定動作

○実際のコンデンサの動作(等価回路で考察) (簡略化のためESLは考慮しない)



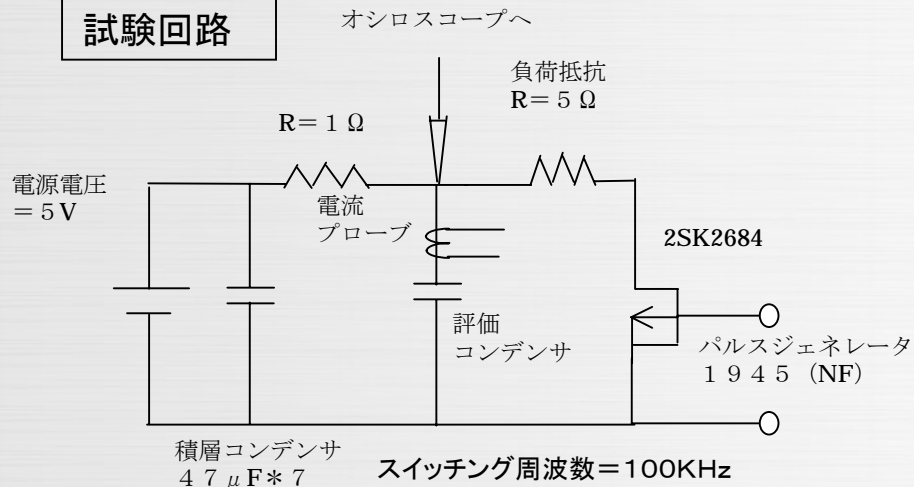
・充電時にも電圧変動が起こる



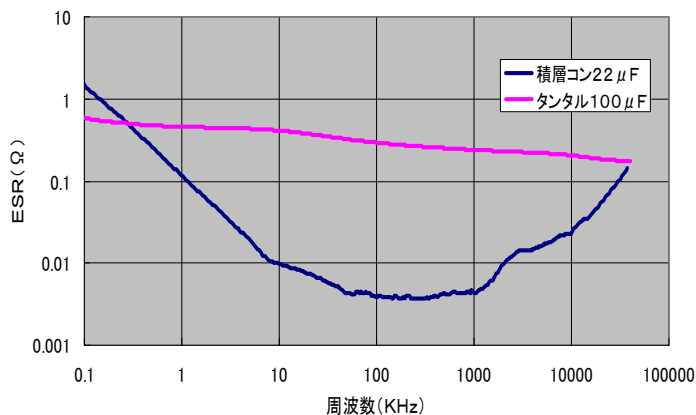
容量とESRで電圧降下量が決まる

バックアップコンデンサの働き

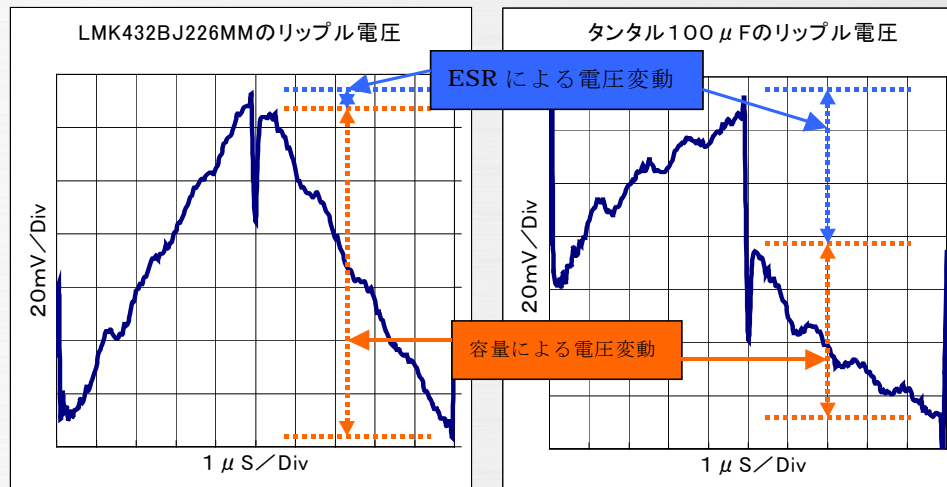
試験回路



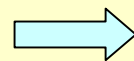
ESRの比較



ESRと容量の影響



高容量
低ESR



ライン変動幅が小さくなる

積層コンのメリット

Taコンデンサよりも **小さな容量** で
Taコンデンサと **同等以上の電圧変動抑制効果**

アプリケーション例 — バックアップ3

10uF

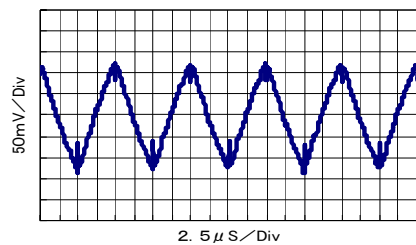
22uF

47uF

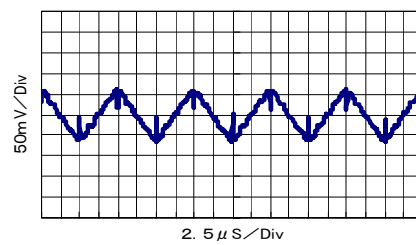
100uF

MLCC

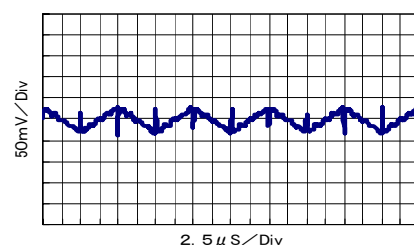
JMK316BJ106ML(10uF)



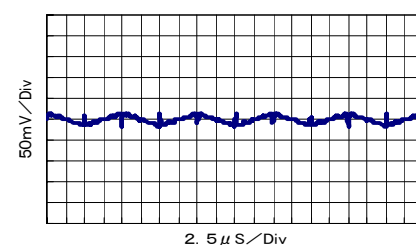
JMK325BJ226MM(22uF)



JMK432BJ476MM(47uF)

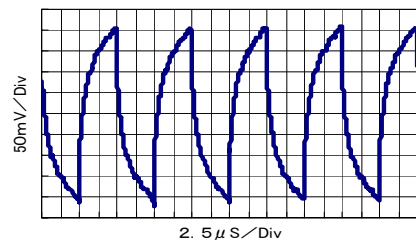


JMK550BJ107MM(100uF)

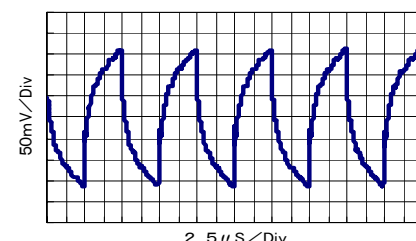


タンタル

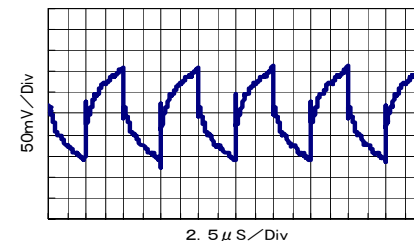
タンタルコンデンサ10μF



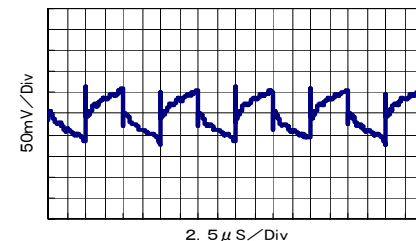
タンタルコンデンサ22μF



タンタルコンデンサ47μF

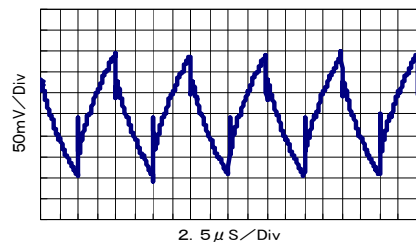


タンタルコンデンサ100μF

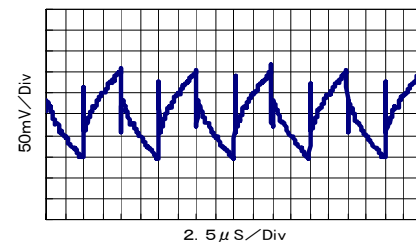


OS-CON

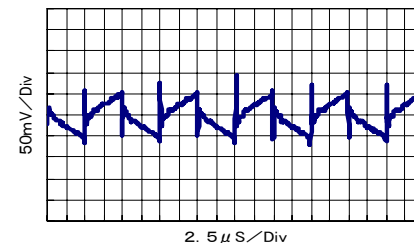
OS-CON 10uF



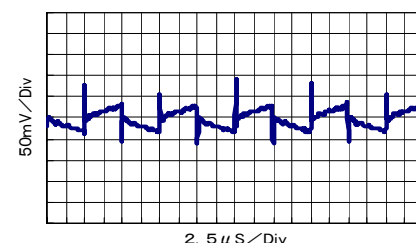
OS-CON 22uF



OS-CON 47uF



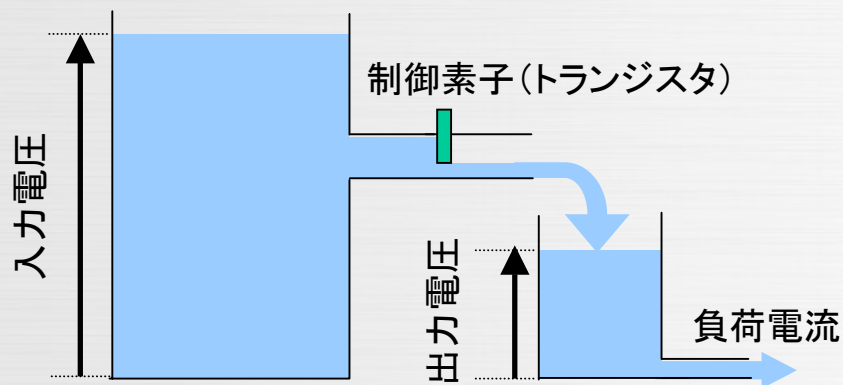
OS-CON 100uF



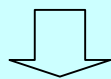
電源回路に関する知識

シリーズレギュレータ(3端子レギュレータ)

○回路の動作(水のモデル)

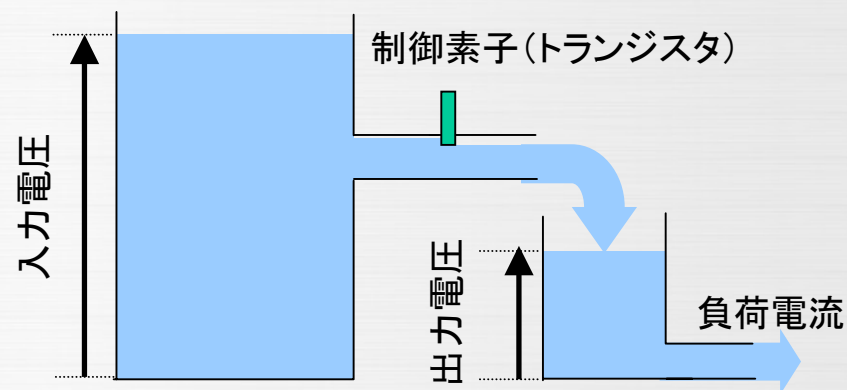


入力電圧を下げても一定の
出力電圧を出力する



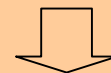
降圧型電源

○負荷電流変動時



水位を一定に保つように
水門を制御

制御素子で負荷電流を制御

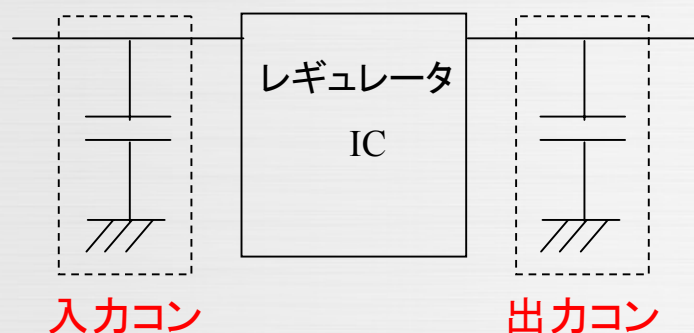


出力電圧を一定に保つ

シリーズレギュレータ(3端子レギュレータ)

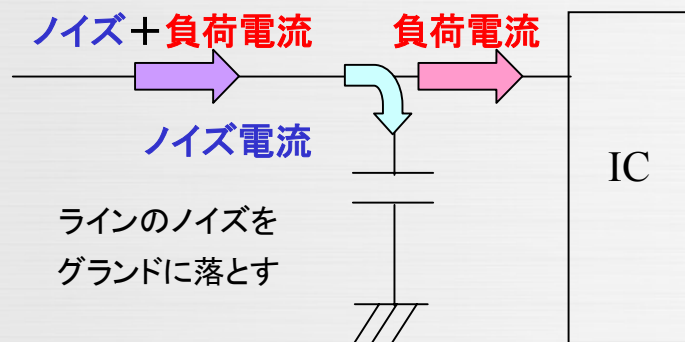
○回路の構成

入力電圧 > 出力電圧



IC、入力コン、出力コンで構成

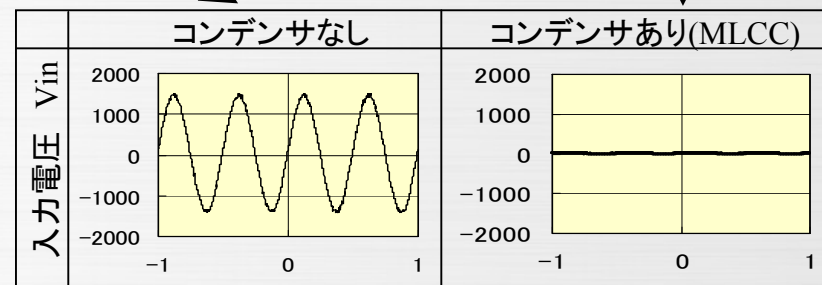
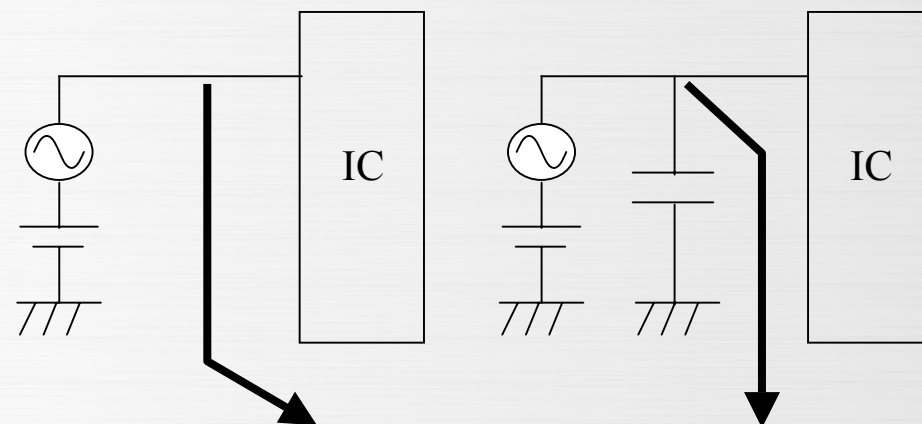
○入力コンの働き



バイパスコンと同じ働き

○入力コンの効果

入力電圧にわざと交流分を加えて
入力コン有無の際の入力電圧を測定

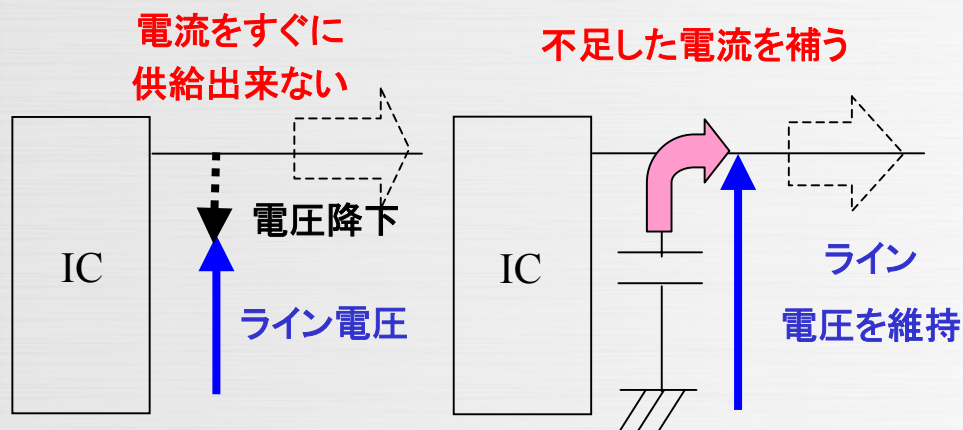


縦軸: mV、横軸: μ sec

入力コンの挿入により入力電圧安定

シリースレギュレータ(3端子レギュレータ)

○出力コンの働き

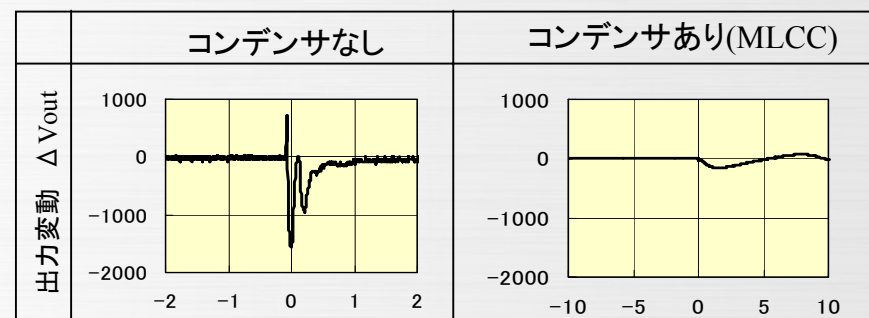
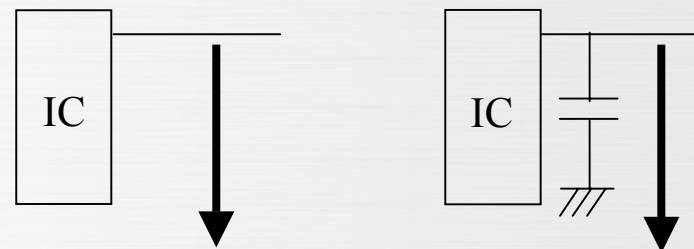
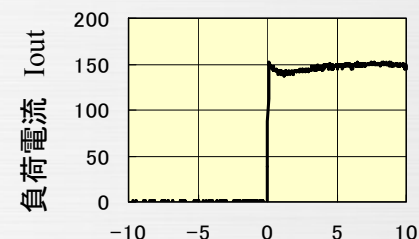


急激な負荷変動に対して電流を供給して電圧変動を抑える

バックアップコンと同様の働き

○出力コンの効果

出力コンの有無で負荷変動時の電圧変動を測定

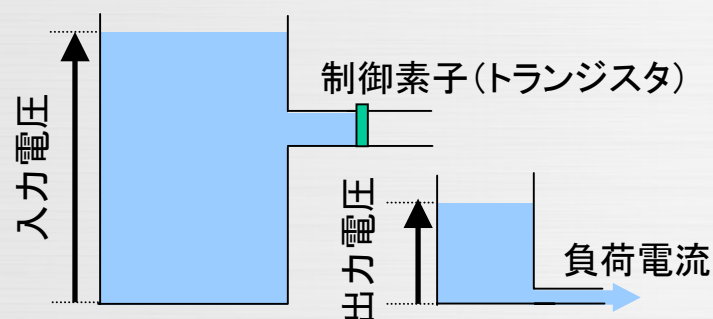
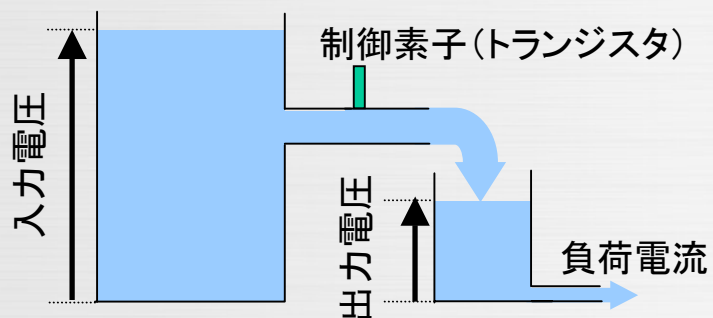


出力コンの挿入により出力電圧安定

ステップダウン(降圧型)コンバータ

○回路の動作(水のモデル)

制御素子を制御することで入力電圧を
下げて電圧を出力する



スイッチング電源の制御素子は
ONかOFFのどちらかのみ

スイッチ動作

スイッチの開閉動作で出力電圧を制御

ONする周期 → 一定

ONしている時間 → 変化

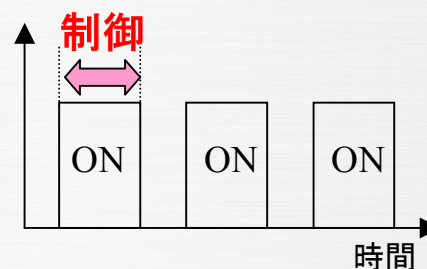
⇒ PWM方式

ONする周期 → 一定

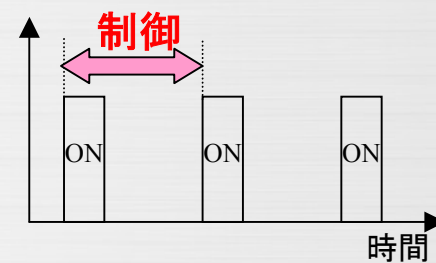
ONしている時間 → 一定

⇒ PFM方式

スイッチをONする周期 → スwitching周波数



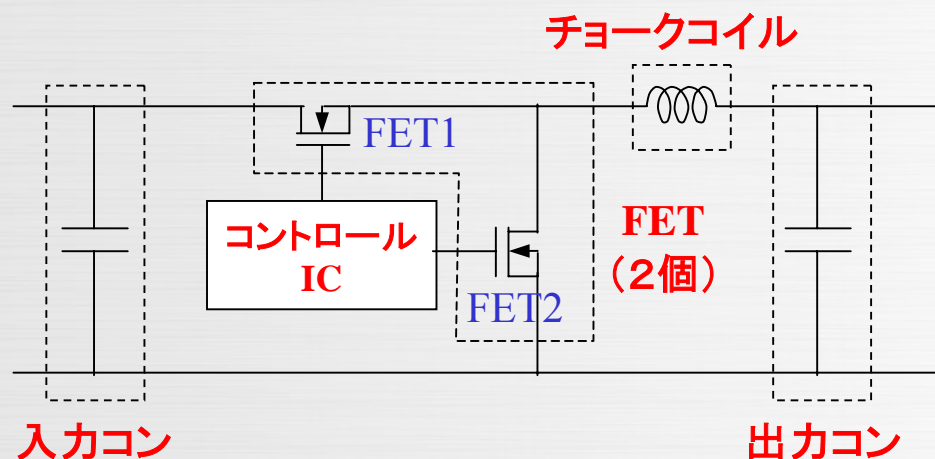
PWM



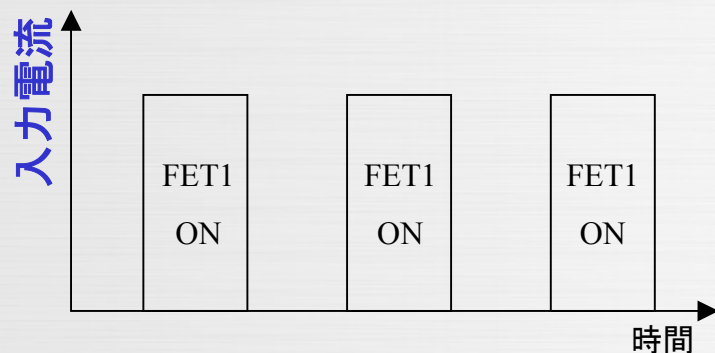
PFM

ステップダウン(降圧型)コンバータ

○回路の構成

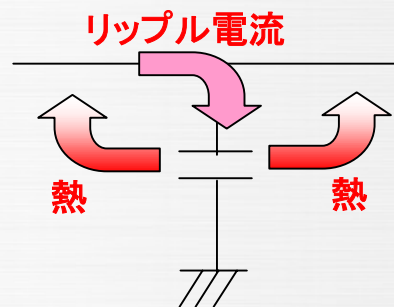


○入力側の電流



交流分を含んだ電流(リップル電流)が大きく流れる

○入力コンの動作



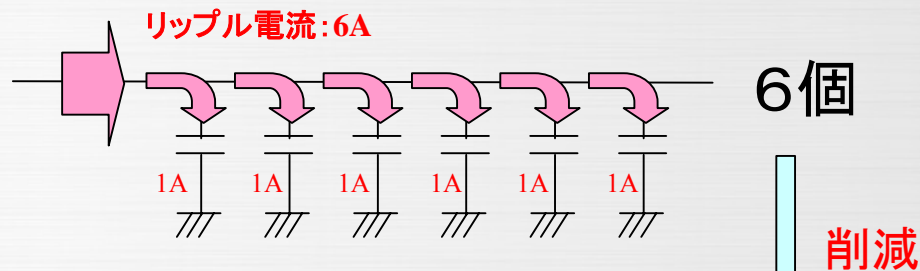
リップル電流が
入力コンに流れる

ESRにより発熱

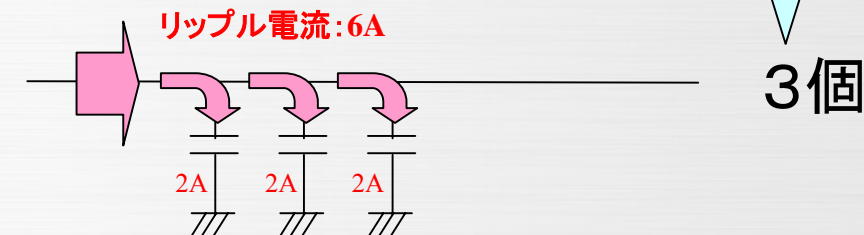
○入力コンの必要な特性

大きな許容リップル電流

例: 部品の許容リップル電流が1A(回路のリップル6A)

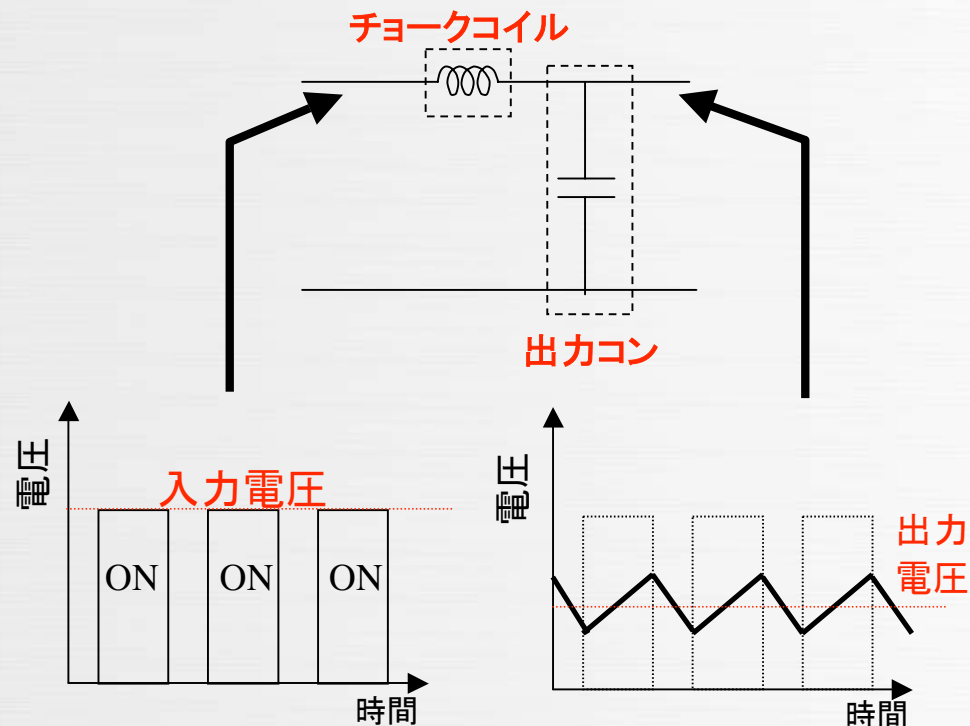


例: コンデンサの許容リップル電流が2A



ステップダウン(降圧型)コンバータ

○出力側の動作



スイッチングにより
入力電圧が断続的になる

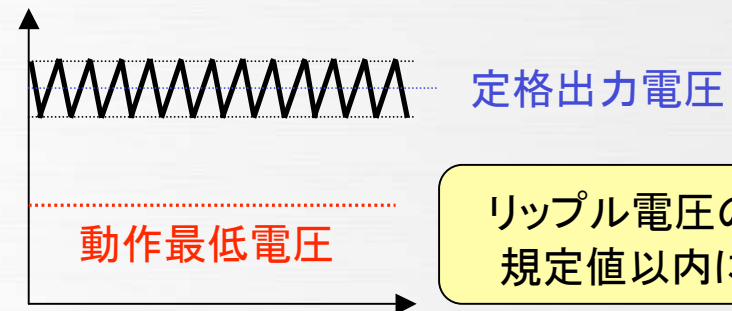
チョークコイルと
出力コンで平滑される

リップル電圧が含まれる

○出力電圧の留意点

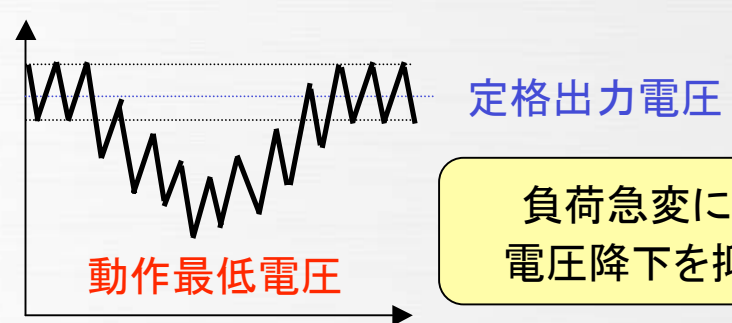
負荷となるICの**動作最低電圧**以上の電圧を維持

・リップル電圧について



リップル電圧の幅を
規定値以内にする

・負荷急変時について

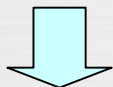


負荷急変による
電圧降下を抑える

ステップダウン(降圧型)コンバータ

○負荷急変による電圧降下を決める要因

負荷急変時の動作



バックアップコンと同じ

○負荷急変のコンデンサに必要な特性

・大容量

→高い電荷供給の能力

・低ESR

→電荷供給時の電圧降下を小さくする

大容量積層セラミックコンデンサ



適している

○リップル電圧を決める要因

スイッチON、OFFの繰り返し



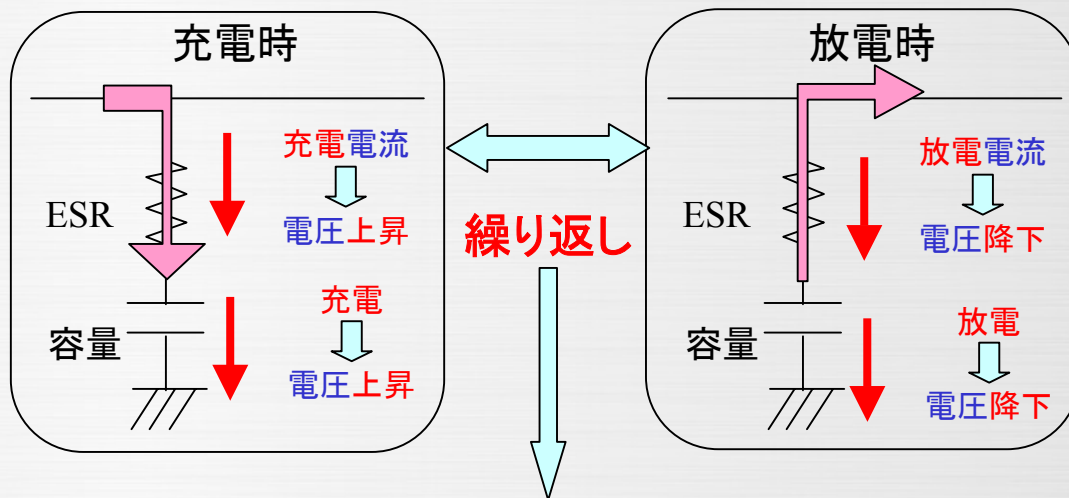
出力コンは充放電が繰り返される



電流の出入りにより電圧が変動



リップル電圧

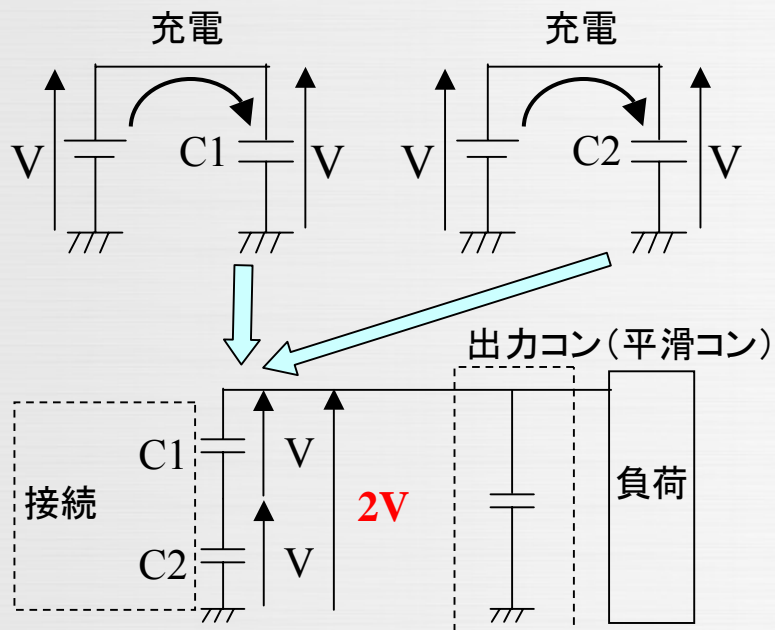


大容量・低ESRがリップル電圧を低減

チャージポンプ(昇圧型)

○チャージポンプの動作(イメージ)

2つのコンデンサを別々に充電



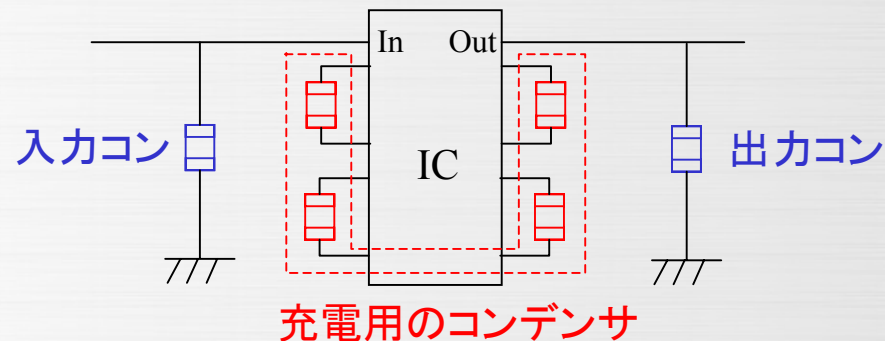
充電されたコンデンサを接続

入力の2倍の電圧が出力

出力コンで平滑(スイッチング→2倍出力が途切れ途切れ)

接続するコンデンサの数で出力電圧が決定(整数倍)

○チャージポンプの回路構成(例:2倍昇圧)



○コンデンサに求められる特性

充電用と出力コン

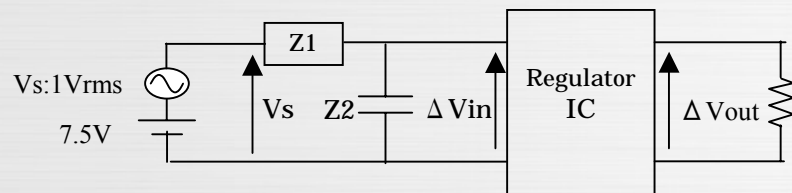
→ 充放電による電圧変動を下げる

バックアップコン、
ステップダウンの出力コンと同じ

大容量、低ESRが必要

まとめ 入力コンとしての各種コンデンサ比較

○入力ラインに正弦波を加えて入力コンのノイズ吸収性と
そのノイズに対する出力電圧変動を確認



使用IC: NJM78L05(JRC)

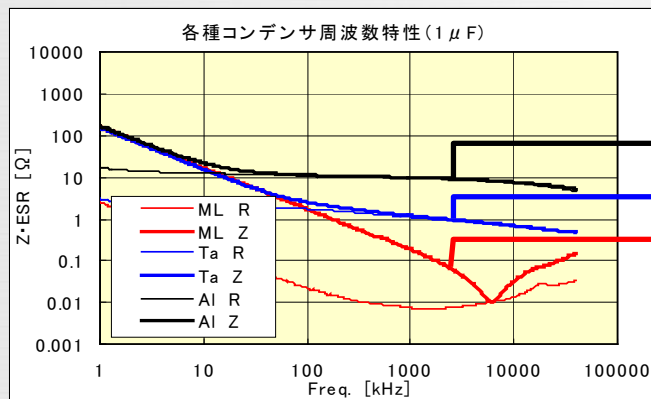
使用コンデンサ: LMK212BJ105KG、Ta1 μF、Al1 μF

$$\Delta V_{in} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} V_s \quad (Z_1: \text{ラインインピーダンス})$$

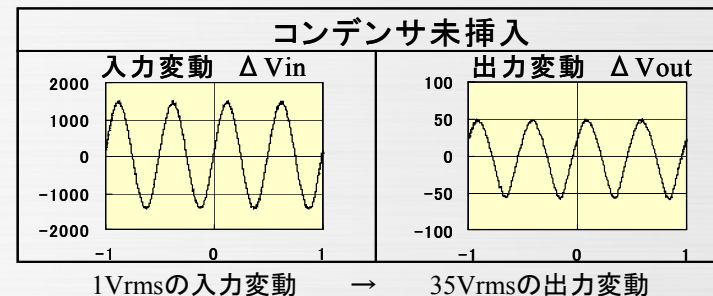
コンデンサ (Z2) が低インピーダンス

→ ノイズ除去効果: 大

IC入力電圧安定



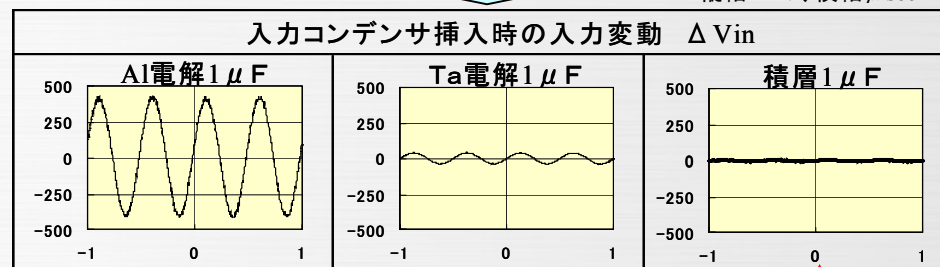
縦軸 mV、横軸 μ sec



コンデンサ未挿入

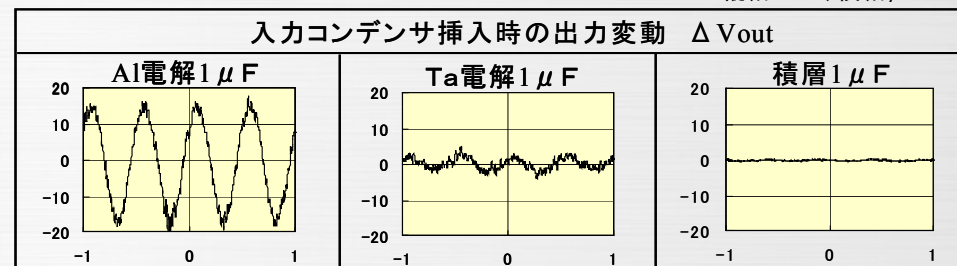
入力コンを挿入

縦軸 mV、横軸 μ sec



積層コンのノイズ吸収性が優れている (低インピーダンス)

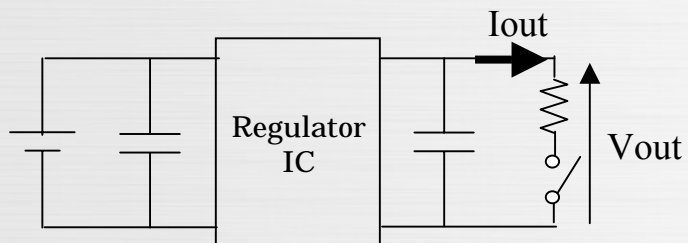
縦軸 mV、横軸 μ sec



IC入力電圧が安定するため出力変動が小さくなる

積層コンは広範囲にわたってTaより低インピーダンス
入力コンには積層セラミックコンデンサが適している

出力電圧変動の観測



波形観測: I_{out} 、 V_{out}
(出力コンの種類別に観測)

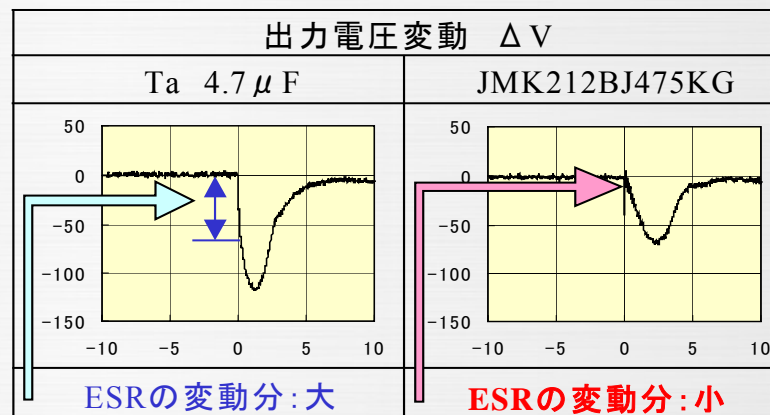
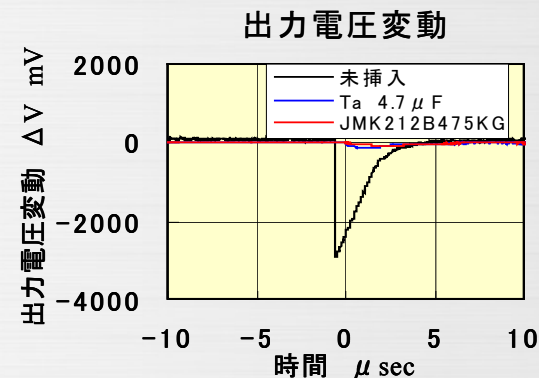
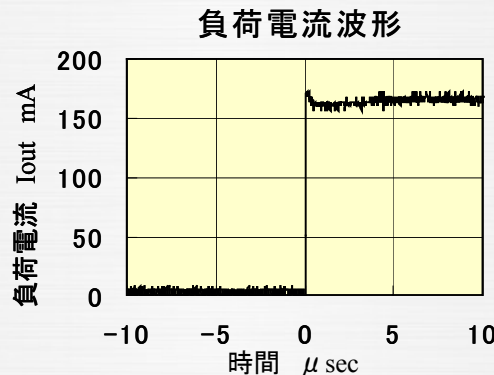
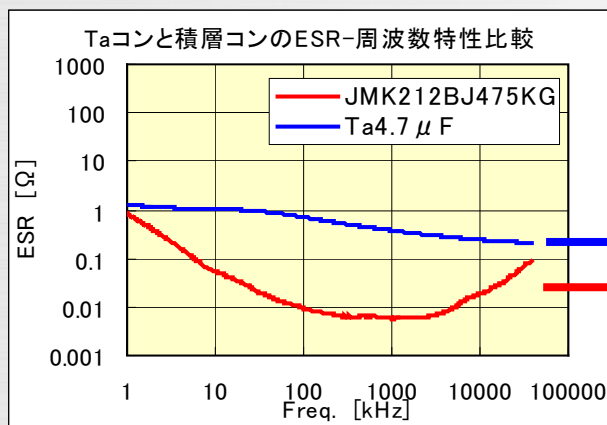
使用IC: R1112N331B (リコー)

入力コン: LMK212BJ225KG

入力電圧: 5V

スイッチング周波数: 100kHz

負荷電流: 150mA



ESR: 大

ESR: 小

縦軸: mV、横軸: μ sec

ESRが小さい出力コンを用いると負荷変動時の
出力電圧ドロップが小さく押さえられる。

出力コンにはESRの低い積層セラミックコンデンサが有利

市場の要求

回路区分

デジタル回路

アナログ回路

増幅回路
演算回路
発振回路
変復調回路
デジタル回路
電源回路

ロジック回路
高周波回路
電源回路
音声回路
その他回路

コンデンサ用途 区分

インピーダンス,ESR特性に重点

デカップリング用途

バックアップ用途

平滑用途

高耐圧用途

フィルタ用途
カップリング用途

時定数、共振用途

実効容量や温度,バイアス安定性に重点

求められる性能

回路のノイズ対策に代表される用途で
デジタル回路に非常に多く使用されている。
低インピーダンス,低ESR特性が重要
0.1~10uFの積層F特性コンデンサが最適。

CPUに代表される負荷変動の大きい回路で、
電源の安定、ICの保護などで用途が拡大。
低ESR,低ESL,低インピーダンス特性が重要
1~10uFの積層のF、B特性が最適。

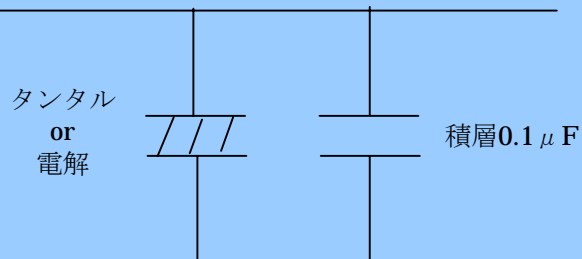
電源回路の入出力に使用される用途で、
機器の小型化に伴い、採用が急激に拡大。
実効容量,低ESR,低ESL,低インピーダンス特性
に加え、定格電圧、信頼性が重要
1~数10uFの積層のB特性が最適。

増幅、発振、変復調回路やフィルタ回路で、
容量の温度、バイアス安定性が重要
積層の温度補償用コンデンサが最適。
(CFCAP、TC系積層)

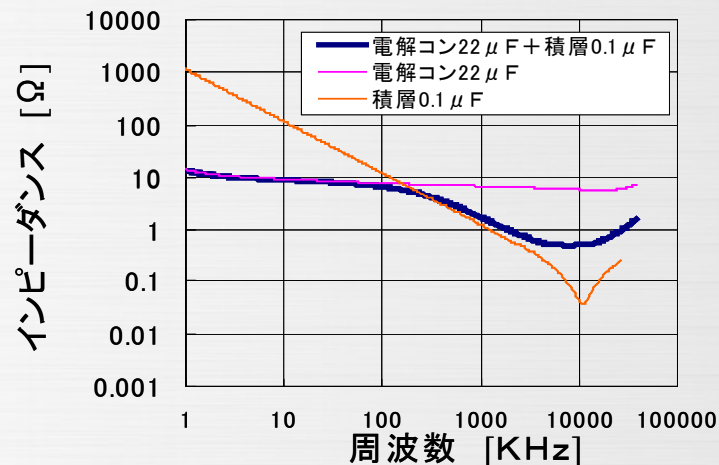
バイパスコンデンサにおける御提案

大容量Ta or Al電解+積層0.1 μ F 置換提案

よく行われる事例

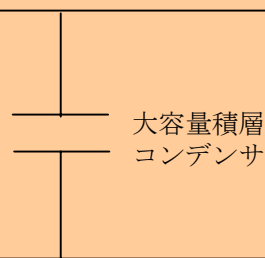


電解コン22 μ F+積層0.1 μ Fのインピーダンス特性



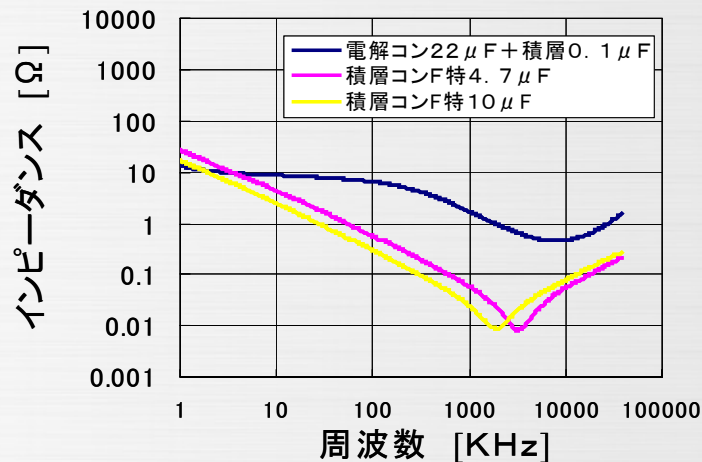
高周波のインピーダンスが下がる → 高周波特性向上

大容量積層コン1個で置換



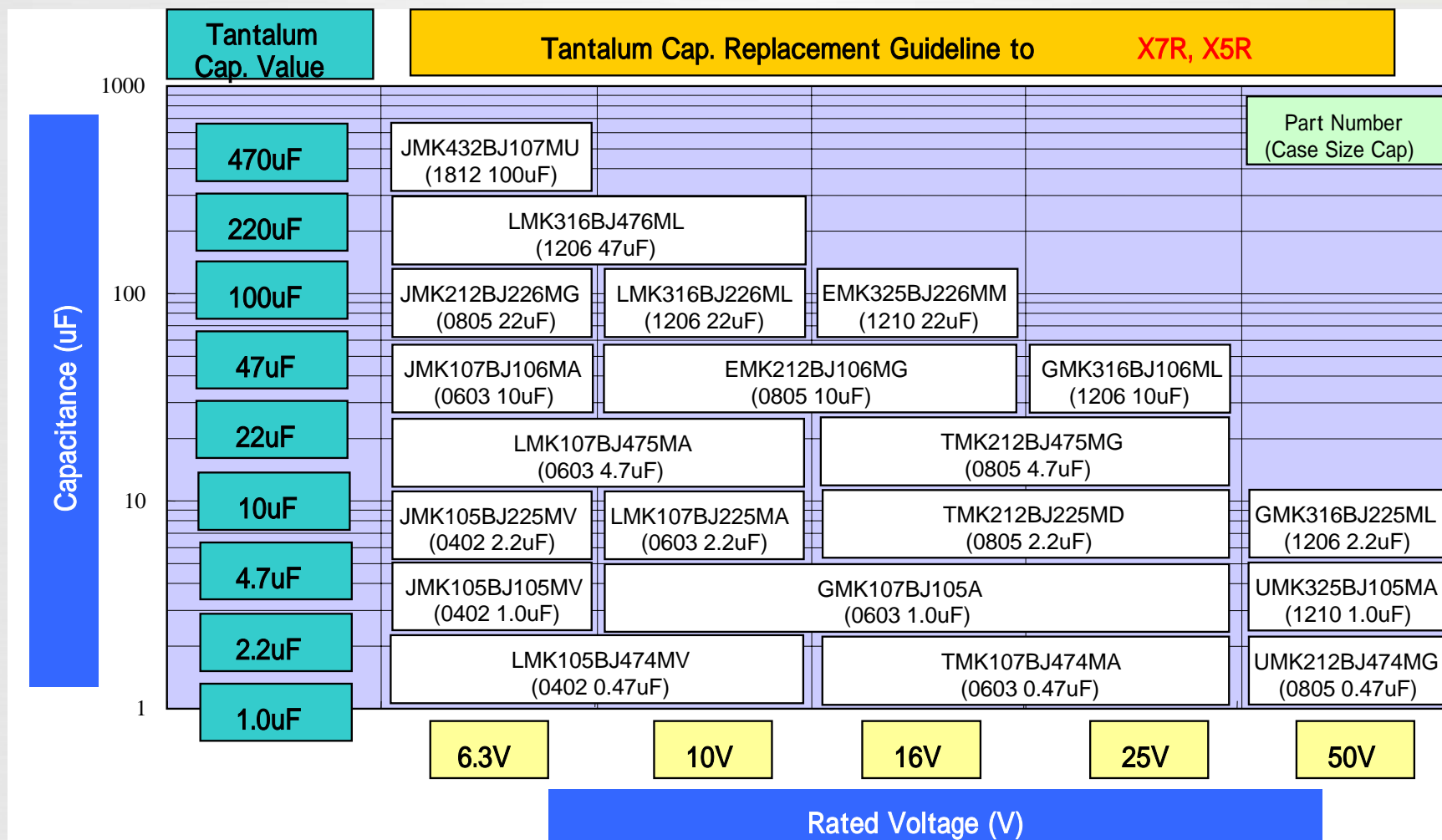
セラミックコンデンサ1個で置換が可能

大容量積層コンデンサのインピーダンス特性



並列使用の場合より低インピーダンス領域が広範囲

Ta cap & Al cap replacement guideline to MLCC X7R, X5R

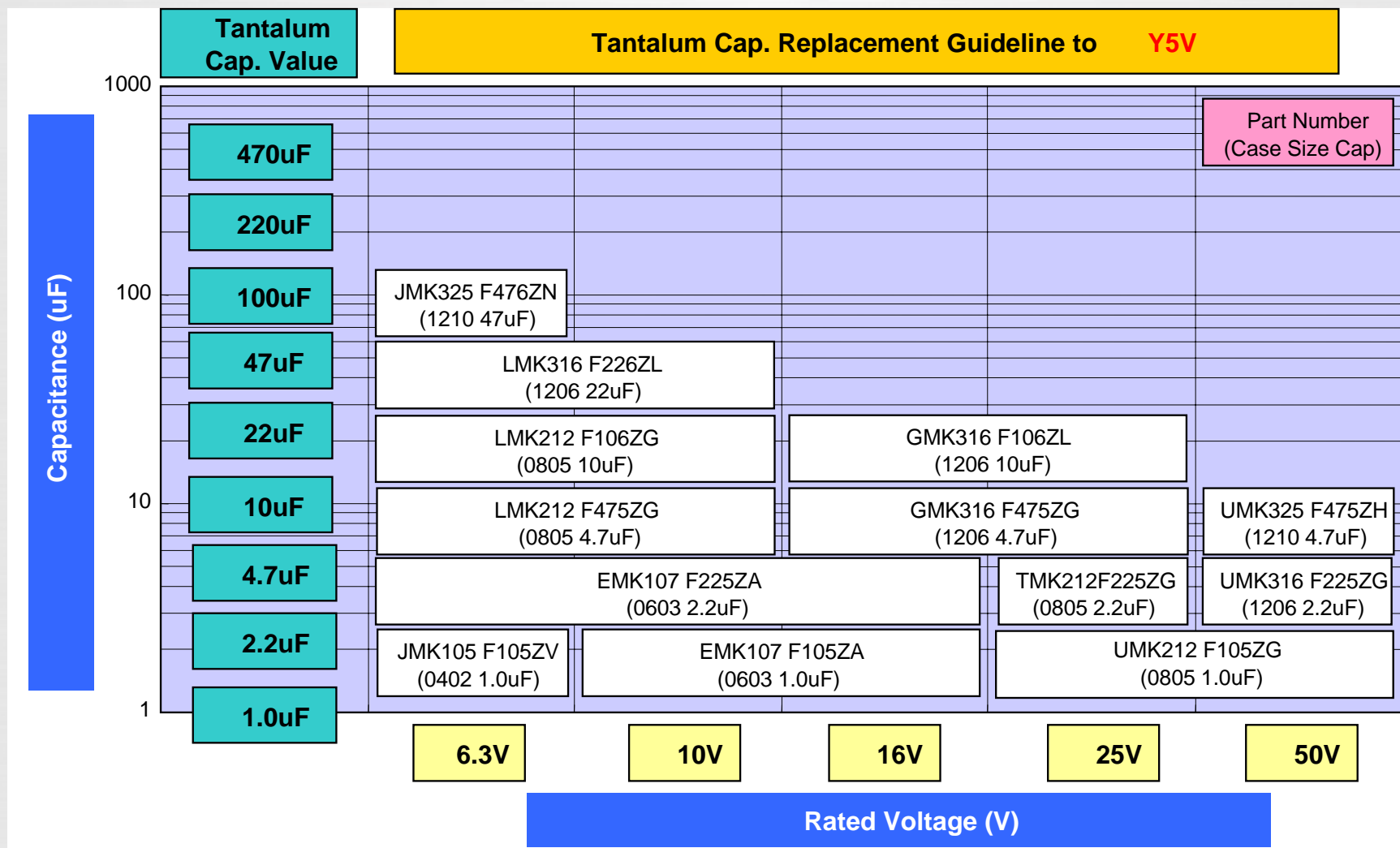


Note: Suggested capacitance value of MLCC may be changed depending on the frequency level of noise.

Note: As derating is not required for MLCCs, use the actual voltage of the circuit when selecting MLCC for replacement.

アルミ電解は上記代替容量値よりも更に小さな値にて置換可能です

Ta cap & Al cap replacement guideline to MLCC Y5V

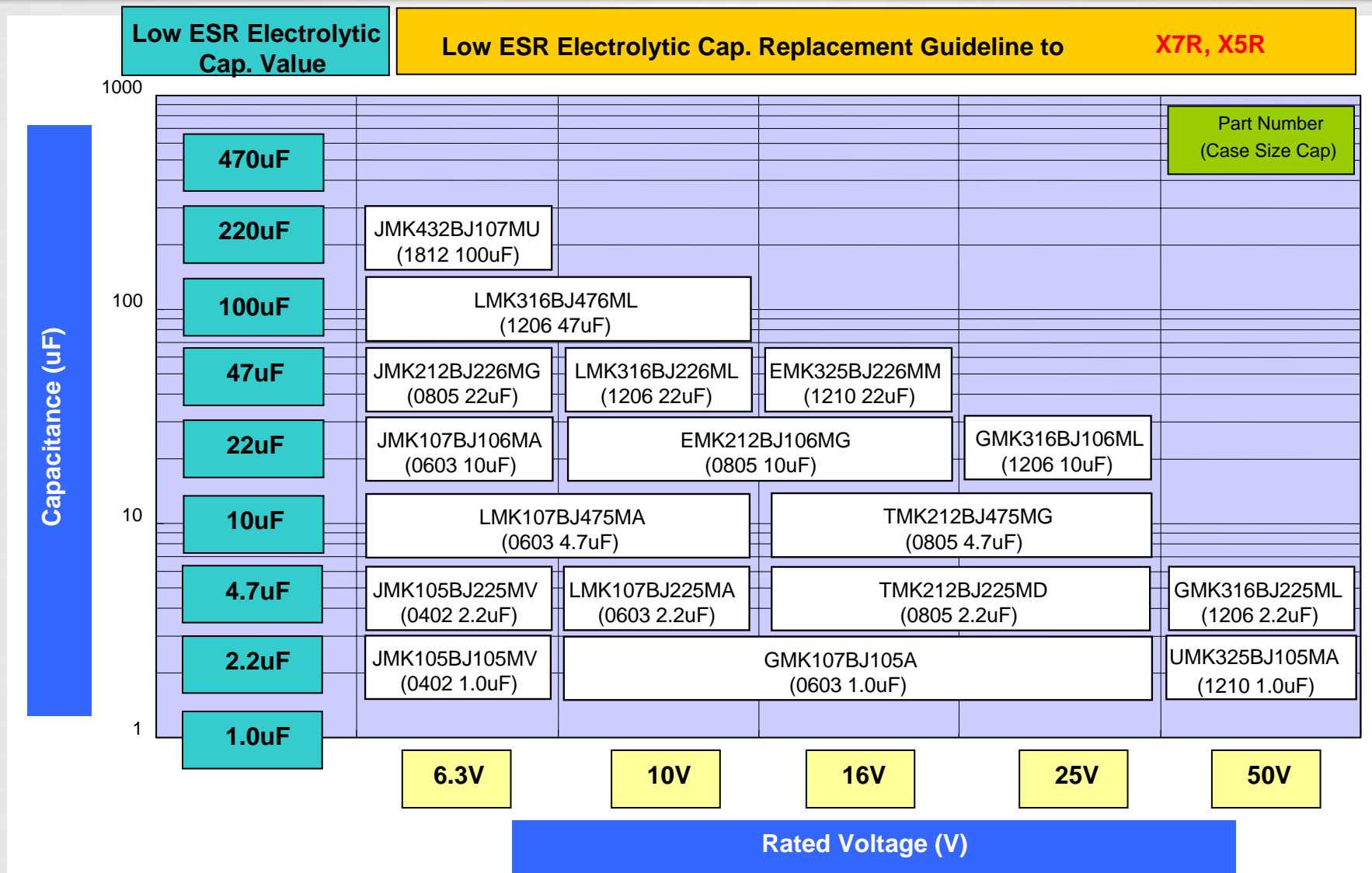


Note: Suggested capacitance value of MLCC may be changed depending on the frequency level of noise.

Note: As derating is not required for MLCCs, use the actual voltage of the circuit when selecting MLCC for replacement.

アルミ電解は上記代替容量値よりも更に小さな値にて置換可能です

Low ESR Electrolytic cap. replacement guideline to MLCC X7R, X5R



Note: Suggested capacitance value of MLCC may be changed depending on the frequency level of noise.

Note: As derating is not required for MLCCs, use the actual voltage of the circuit when selecting MLCC for replacement.

インダクタの“いろは”

●オームの法則：（交流電圧）＝（インピーダンス）×（交流電流）

●純粋なインダクタのインピーダンス：誘導性リアクタンス：周波数とともに増加。

インダクタンス：L

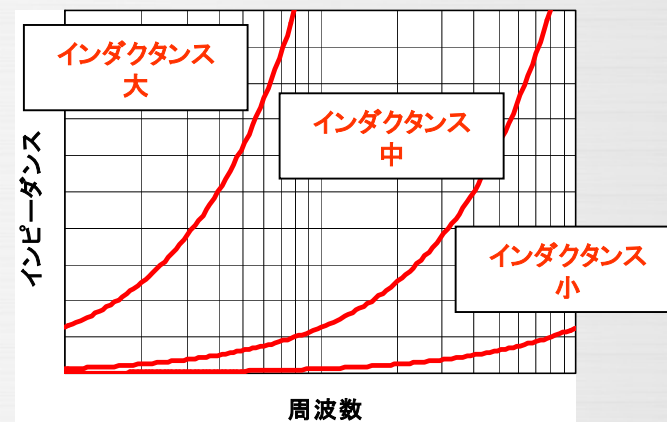


周波数：f
電圧振幅：V0
 $V = V0 \cdot \exp(j\omega t)$

電圧、電流とインダクタンスの関係式を解くと、純粋なインダクタのインピーダンスは、周波数とインダクタンスに**比例**することが求められる。

$$V = L \cdot di/dt$$

これを解くと $V0 = j2\pi f \cdot L$
インピーダンスは、 $Z = XL = 2\pi f \cdot L$



●純粋なコンデンサのインピーダンス：容量性リアクタンス：周波数とともに減少。

周波数：f
電圧振幅：V0
 $V = V0 \cdot \exp(j\omega t)$

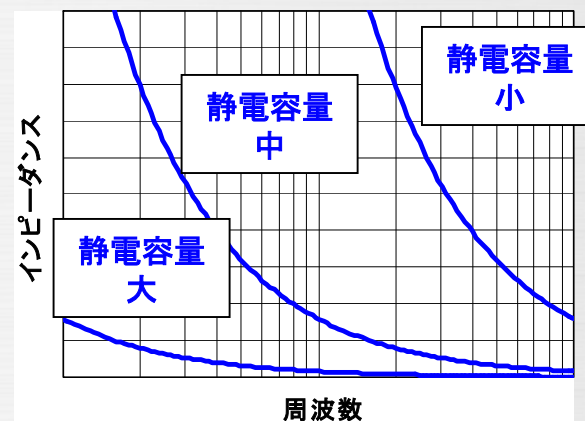


静電容量：C

電圧、電流と静電容量の関係式を解くと、純粋なコンデンサのインピーダンスは、周波数と静電容量に**反比例**することが求められる。

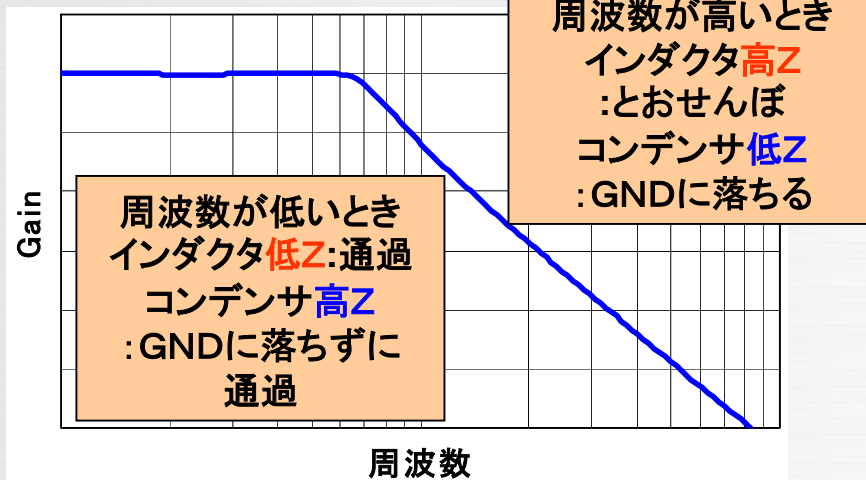
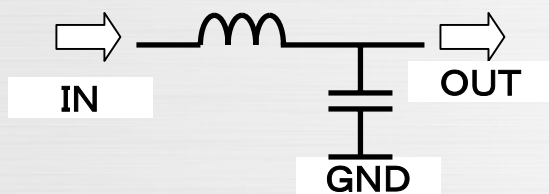
$$V = 1/C \cdot \int i dt$$

これを解くと $V0 = 1/(j2\pi f \cdot C)$
インピーダンスは、 $Z = Xc = 1/(2\pi f \cdot C)$

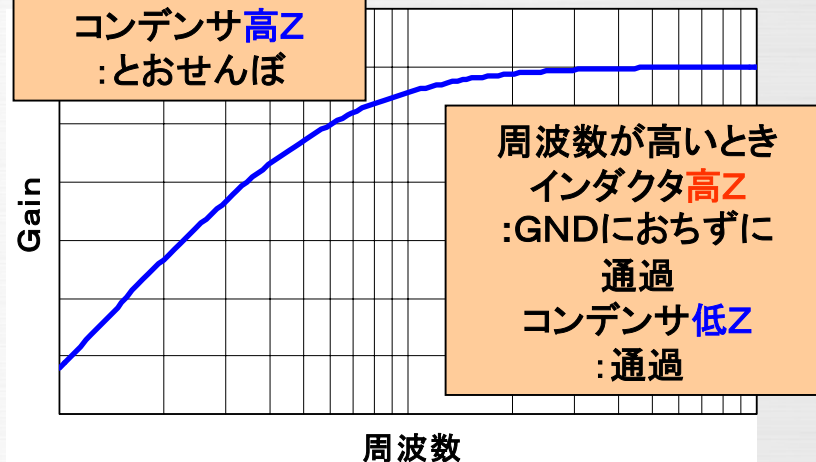
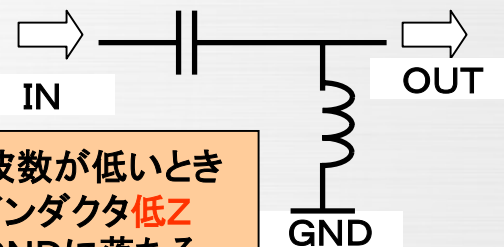


- **インダクタ**のインピーダンス: 周波数が上がると**上がる**。
- **コンデンサ**のインピーダンス: 周波数が上がると**下がる**。

●ローパスフィルタと特性例



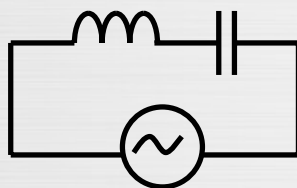
●ハイパスフィルタと特性例



インダクタとコンデンサの“直列回路・直列共振と並列回路・並列共振”

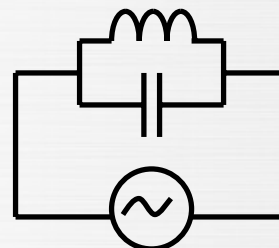
- **インダクタ**のインピーダンス: 周波数が上がると**上がる**。
- **コンデンサ**のインピーダンス: 周波数が上がると**下がる**。

● 純粋なインダクタとコンデンサ の直列回路: 直列共振

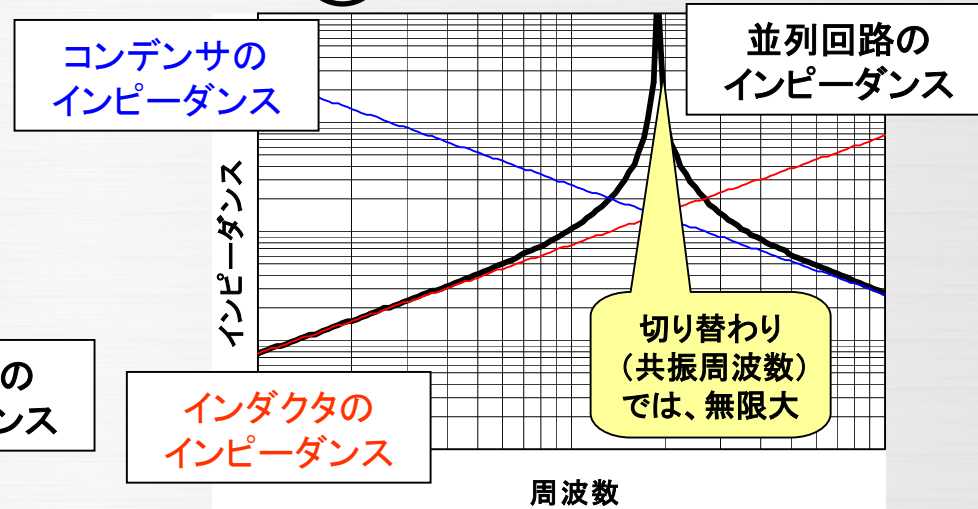
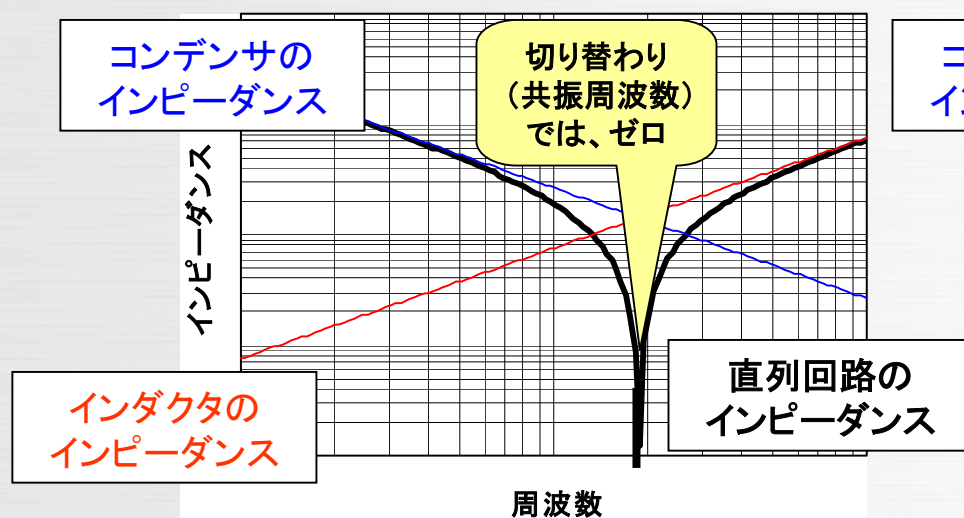


直列
: 基本的には
足し算

● 純粋なインダクタとコンデンサ の並列回路: 並列共振



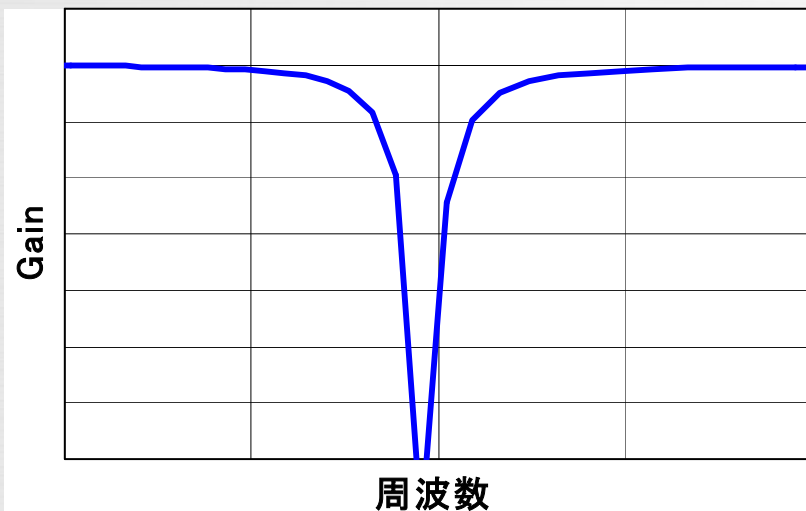
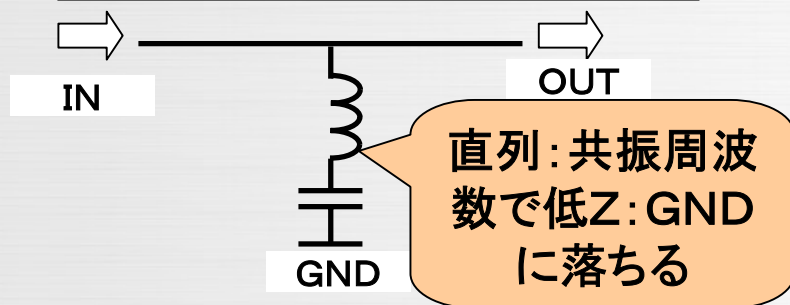
並列
: 基本的には
低い方を流れる



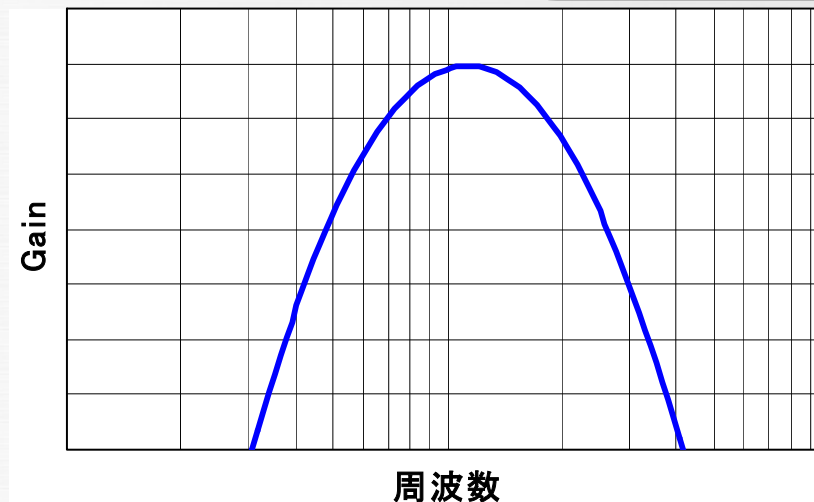
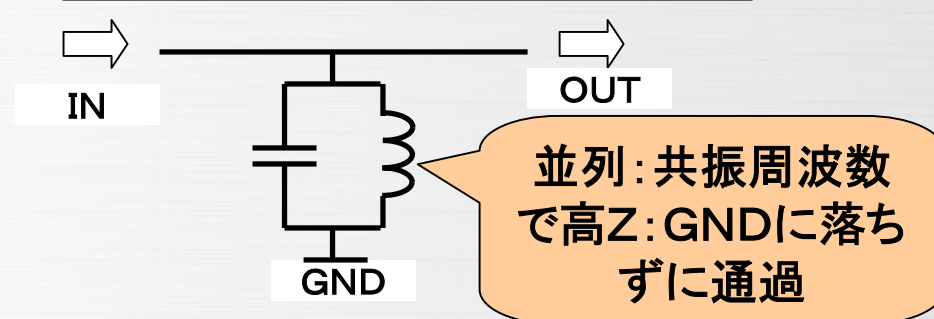
●直列回路のインピーダンス : 共振周波数で**最小**。

●並列回路のインピーダンス : 共振周波数で**最大**。

●トラップフィルタと特性例

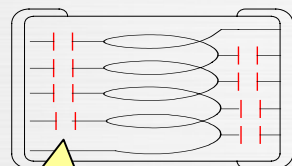
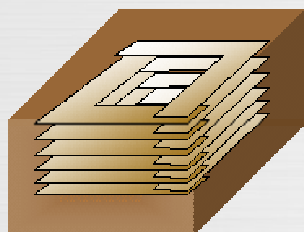


●バンドパスフィルタと特性例



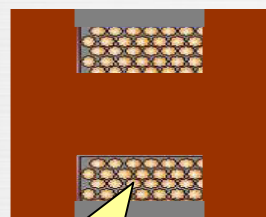
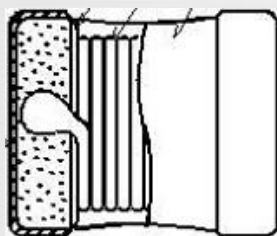
インダクタの実特性 “自己共振特性”

●積層インダクタ



例えば、内部電極と外部電極との間に**浮遊容量**が存在する。

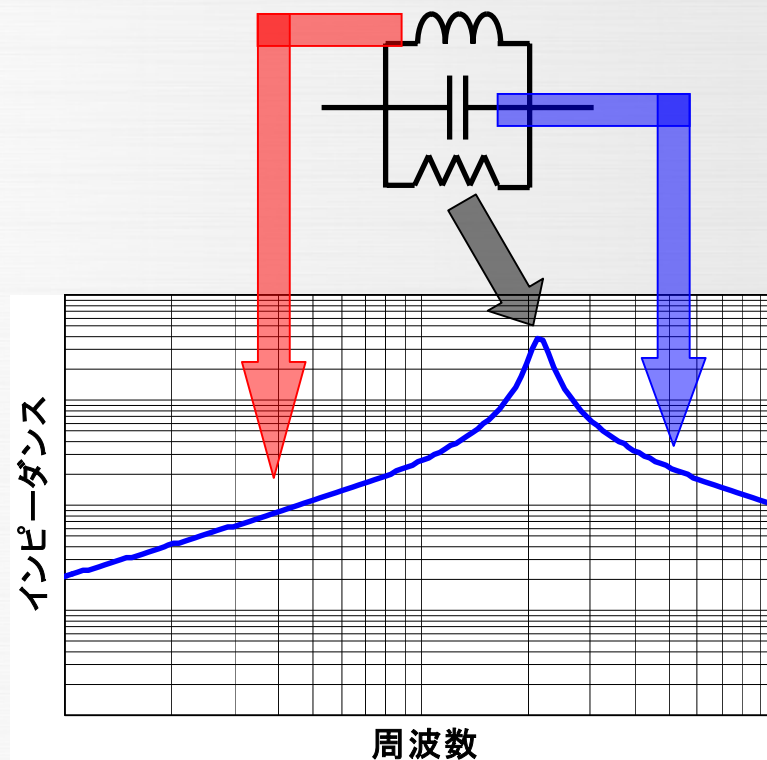
●巻線インダクタ



例えば、折り返して巻かれた線と線の間に**浮遊容量**が存在する。

●実在インダクタのインピーダンス特性例

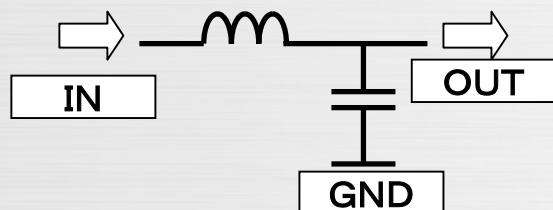
LCR並列接続回路のインピーダンス特性に類似



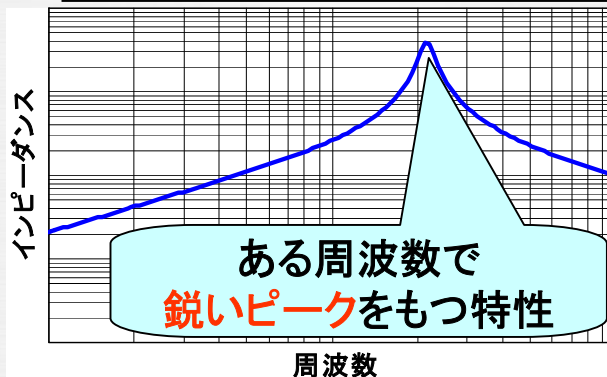
低周波側では**インダクタ**
高周波側では**コンデンサ**
共振点では有限の抵抗値

インダクタの自己共振特性の利用例“ローパスフィルタでのトラップ形成”

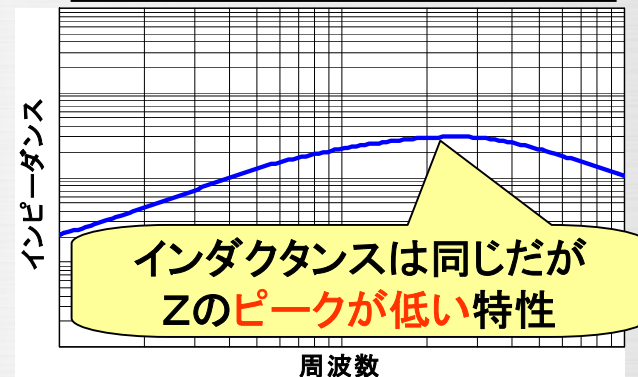
●ローパスフィルタ例



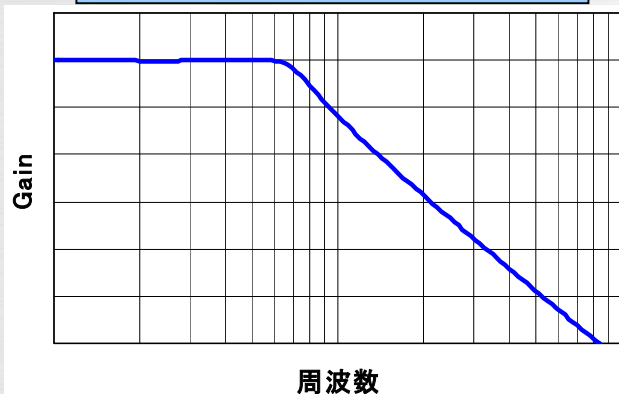
インダクタ:A インピーダンス特性



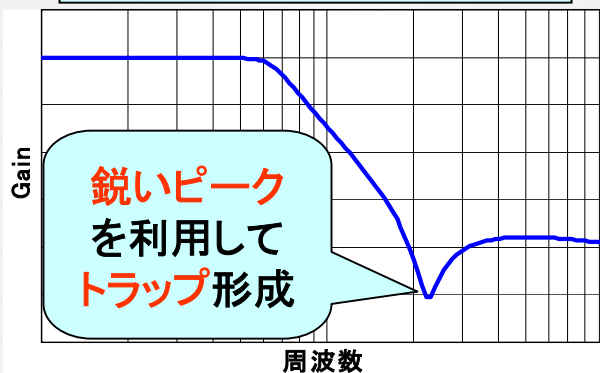
インダクタ:B インピーダンス特性



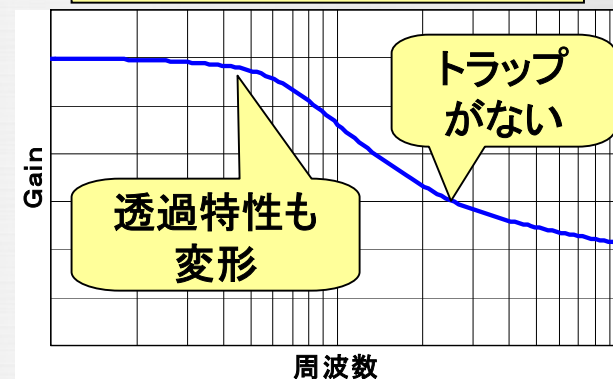
純粋なインダクタでの フィルタ特性



インダクタA使用時

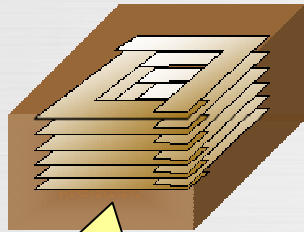


インダクタB使用時



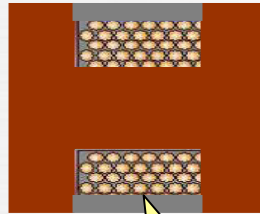
フィルタ回路では、インダクタの自己共振特性を積極的に利用している場合があり、代替品提案やダウンサイズ化に際してはこれにも注意が必要。

●積層インダクタ



コア材料のシートに
導電体を印刷して積層

●巻線インダクタ



コアに
導電線を巻く

●インダクタのQ値

純粋なインダクタのインピーダンス
: 誘導性リアクタンス

抵抗成分
(損失の総和)



Q

=

誘導性リアクタンス

抵抗成分

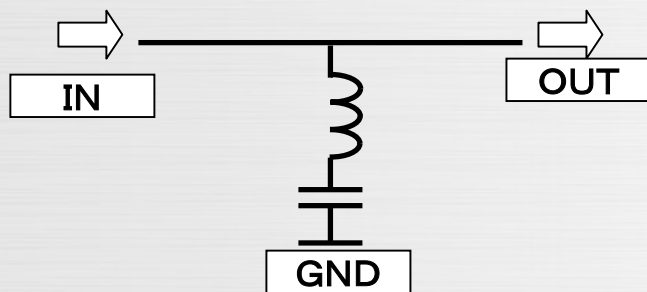
コア材料では、
ヒステリシス損失、渦電流損失、誘電体損失など
導電体(導線)では、
直流抵抗、表皮効果による高周波での抵抗損失
などが実在する。
損失が小さいほど純粋なインダクタに近い。

インダクタのQは、
純粋なインダクタへの近さを
示す値。
Qが大きいほど、回路上では
純粋なインダクタとして機能
する。

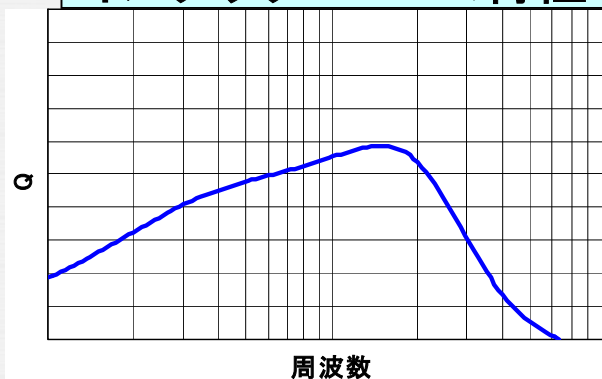
インダクタのQ特性とフィルタ特性“Q特性差がトラップフィルタ特性に与える影響例”

●トラップフィルタ例

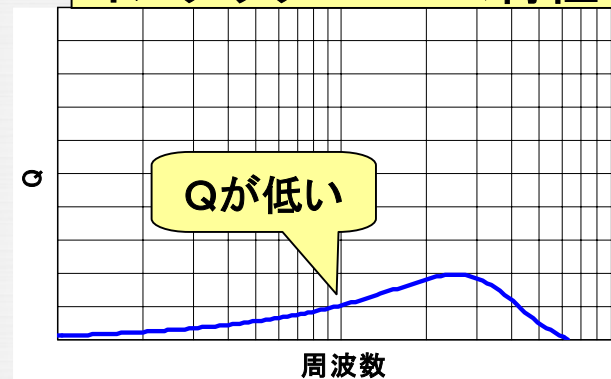
インダクタとコンデンサの直列共振



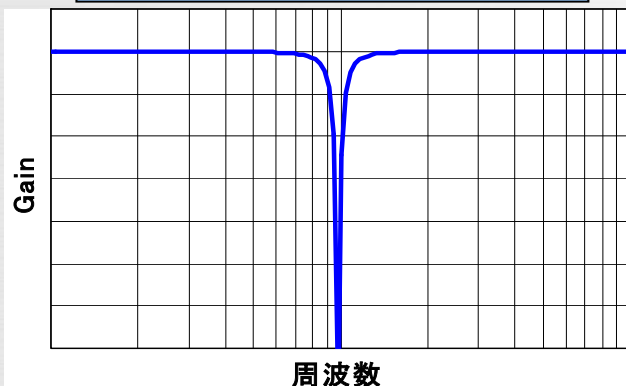
インダクタ:A Q特性



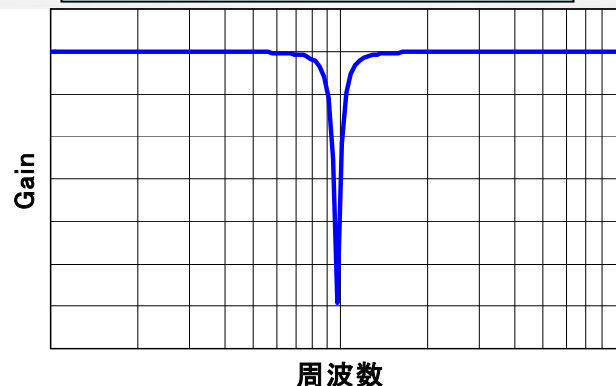
インダクタ:B Q特性



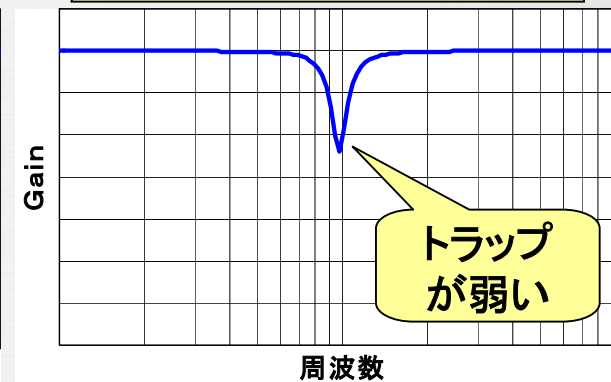
純粋なインダクタでの フィルタ特性例



インダクタA使用時



インダクタB使用時

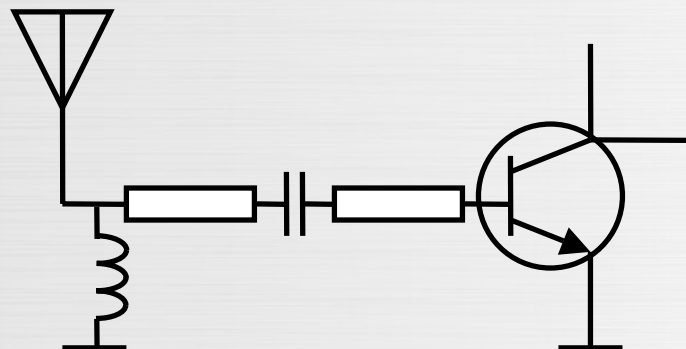


コンデンサとの共振回路を組む場合、一般にインダクタのQ特性が与える影響は大きい。

インダクタのQ特性とマッチング特性“Q特性差がマッチング特性に与える影響例”

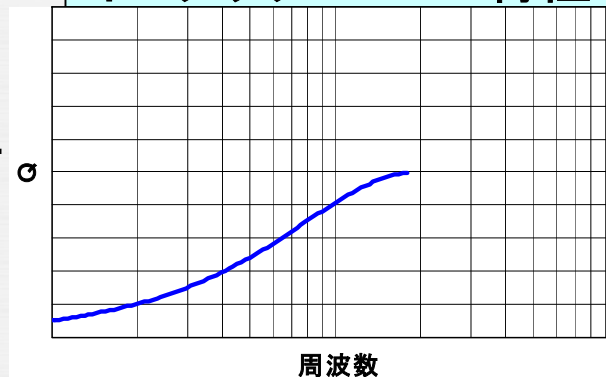
● マッチング回路例

アンプとアンテナのマッチング



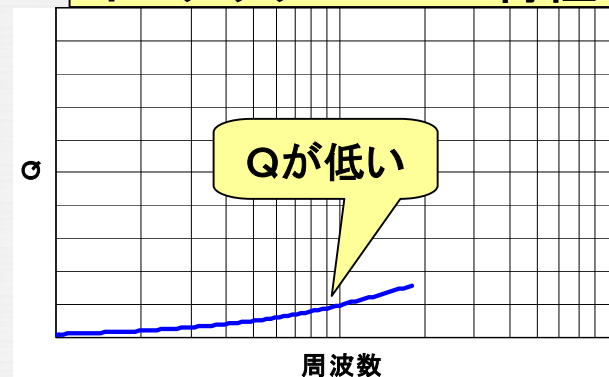
純粋なインダクタでの
マッチング設計例

インダクタ:A Q特性

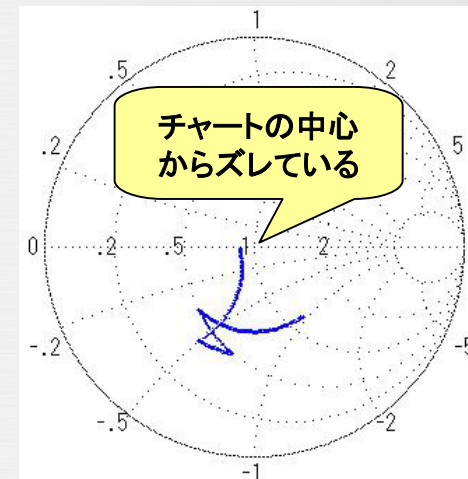
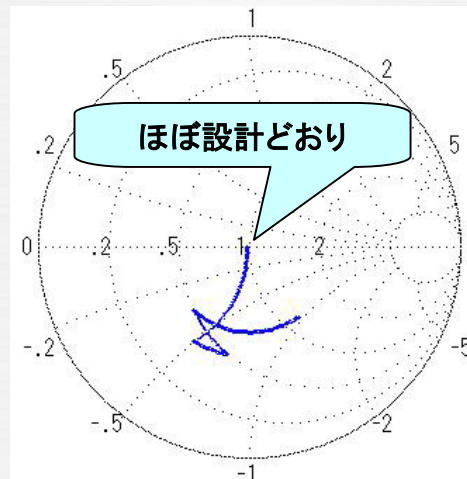
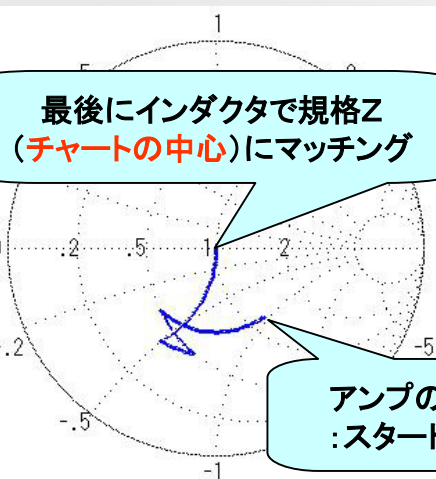


インダクタA使用時

インダクタ:B Q特性



インダクタB使用時



マッチング回路においては、一般にインダクタのQ特性が与える影響は大きい。

●インダクタのQ値

インダクタには損失がある。

純粋なインダクタのインピーダンス
: 誘導性リアクタンス

抵抗成分
(損失の総和)



$$Q = \frac{\text{誘導性リアクタンス}}{\text{抵抗成分}}$$

インダクタのQは、
純粋なインダクタへの近さを示す値。
Qが大きいほど、回路上では純粋な
インダクタとして機能する。

●コンデンサの $\tan \delta$ 値

コンデンサにも損失が実在する。

純粋なコンデンサのインピーダンス
: 容量性リアクタンス

抵抗成分
(損失の総和)



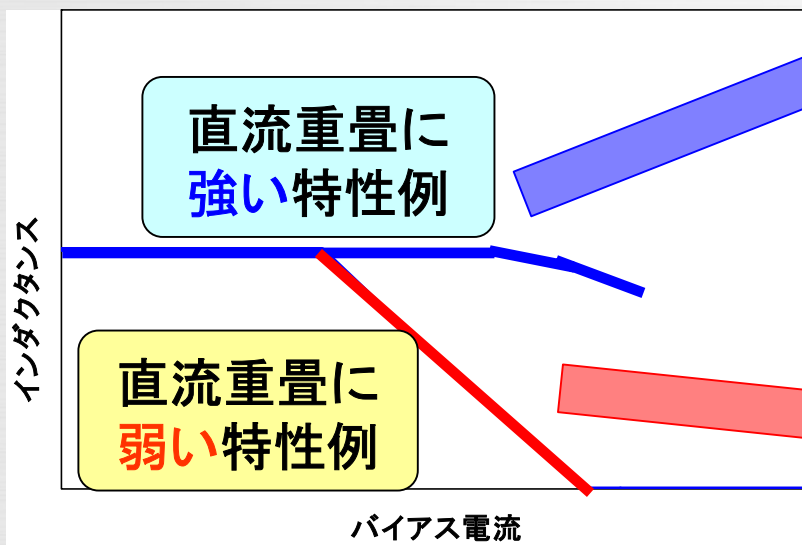
$$\tan \delta = \frac{\text{抵抗成分}}{\text{容量性リアクタンス}}$$

コンデンサの $\tan \delta$ は、
純粋なコンデンサへの遠さを示す値。
 $\tan \delta$ が小さいほど、回路上では純粋
なコンデンサとして機能する。

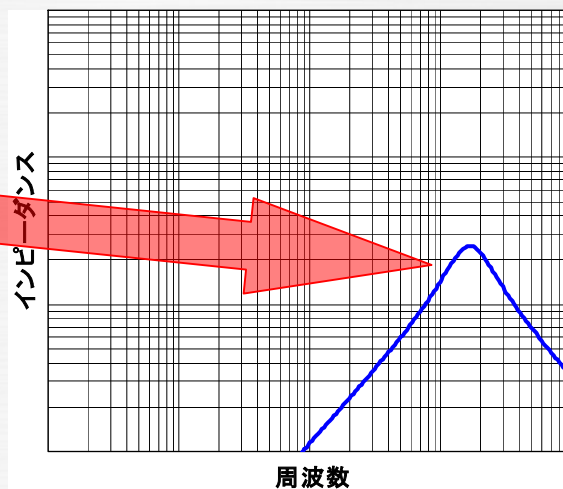
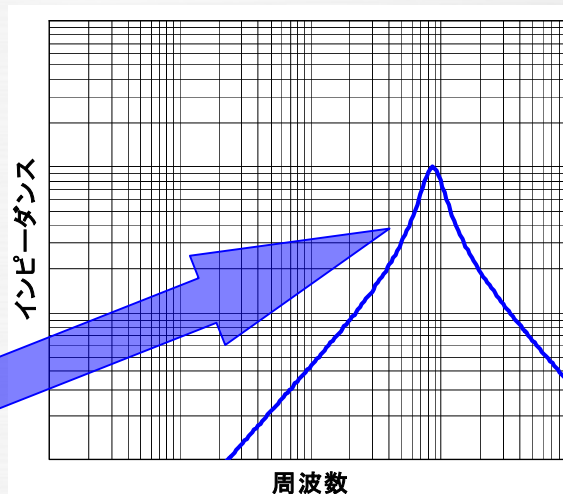
インダクタの実特性“直流重畳特性・磁気飽和特性”

●インダクタの直流重畳特性例

コアが例えば磁性体の場合、磁気飽和特性があるのでDCバイアス電流を大きくするとインダクタンスは低下する。



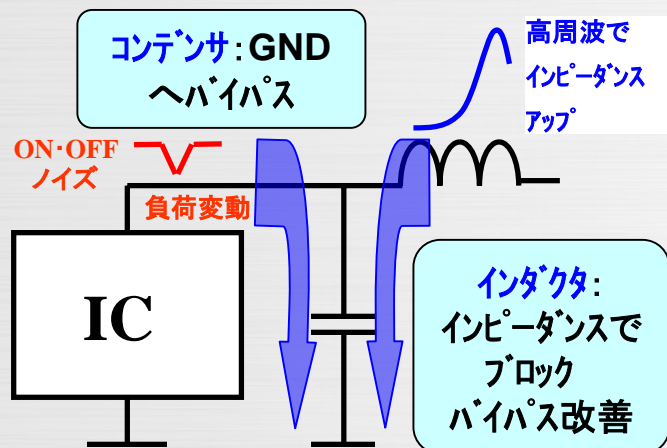
●インピーダンス特性例



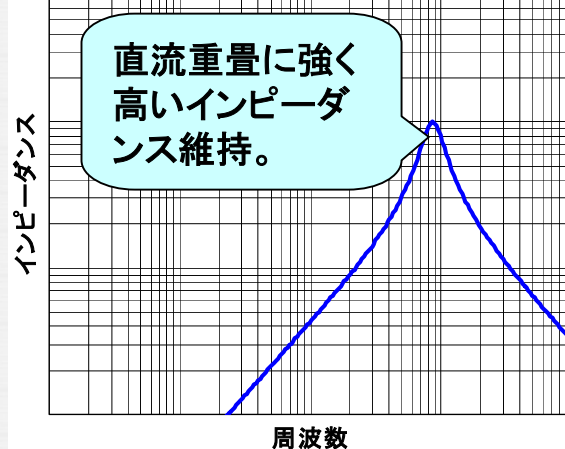
磁気飽和が生じてインダクタンスが低下するとインピーダンスも低下する。直流重畳に強いインダクタは高いインピーダンスを維持する。弱いものは、大きく低下する。使用条件下で要求されるインダクタンスやインピーダンスが維持または残っている製品が一般には選択されやすい。

電源チョーク用途でのインダクタ直流重畳特性の影響例

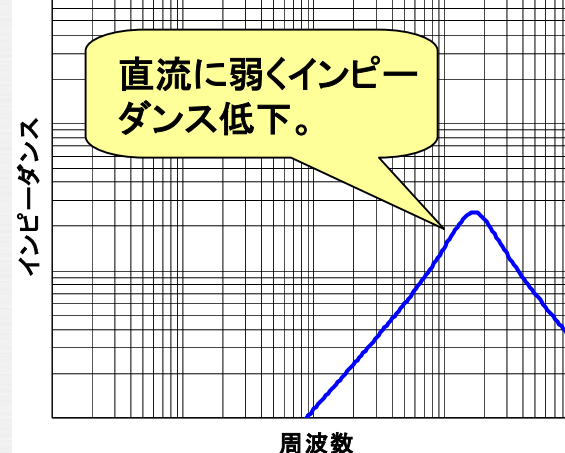
●電源チョーク回路例



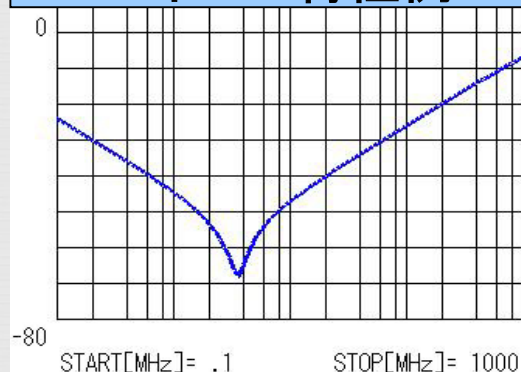
インダクタ:A インピーダンス特性



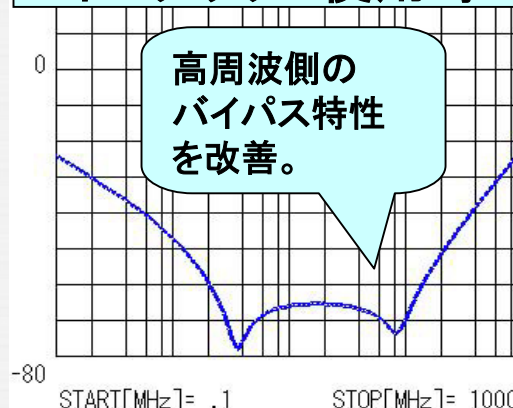
インダクタ:B インピーダンス特性



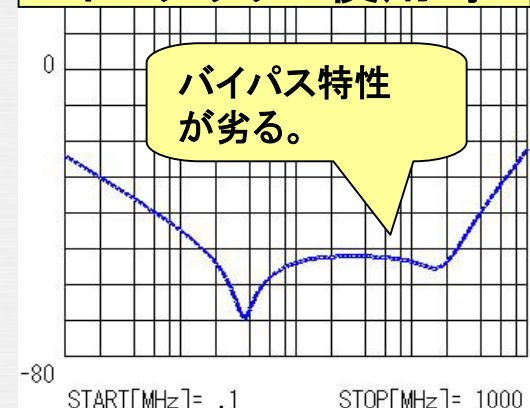
コンデンサのみでのバイパス特性例



インダクタA使用時



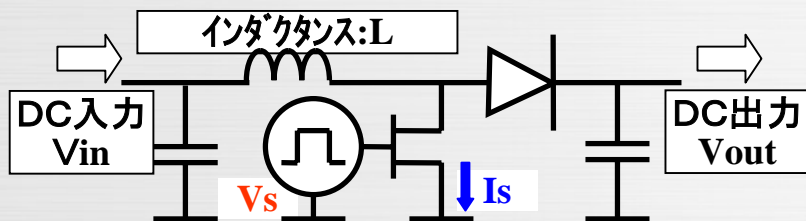
インダクタB使用時



電源チョーク用途では、インピーダンス特性をバイパス回路の形成に利用する。直流重畳によってそれは劣化するため使用条件下で要求値が残っているかを自己共振特性と合わせ注意する。

スイッチング電源回路用途でのインダクタ直流重畳特性の影響例

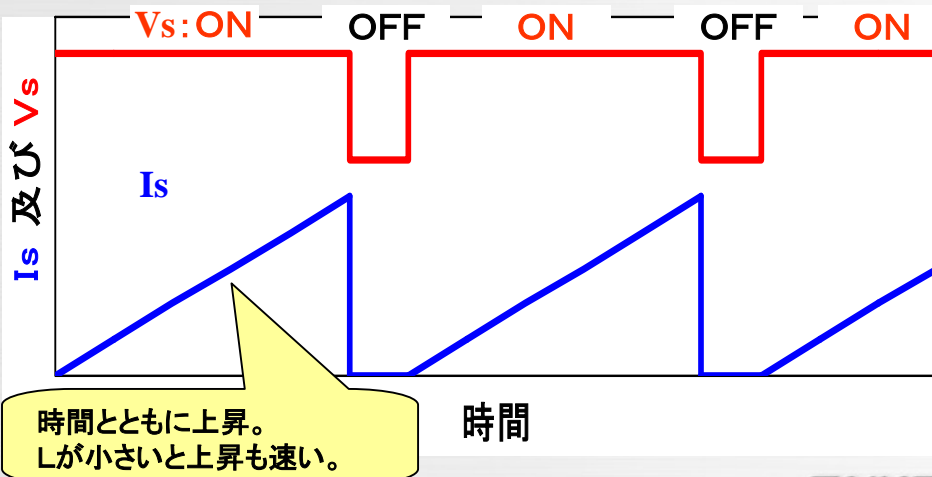
●昇圧電源回路例



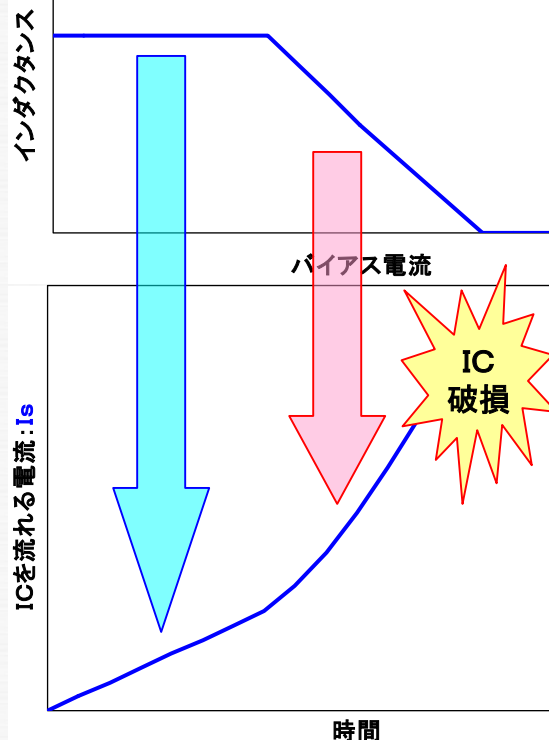
スイッチングICのVsがONになっている間 ICにIsが流れてインダクタで昇圧。OFFになったときそれが入力に足され出力へアップコンバートされる。

VsがONすると $V_{in} = L \cdot dI_s / dt$ これを解くと $I_s = V_{in} / L \cdot t$

電流はON時間とともに上昇、インダクタンスが小さいと急上昇。時間内で許容電流を超えないようインダクタを選定。



●直流重畳特性とIsとの一般的関係

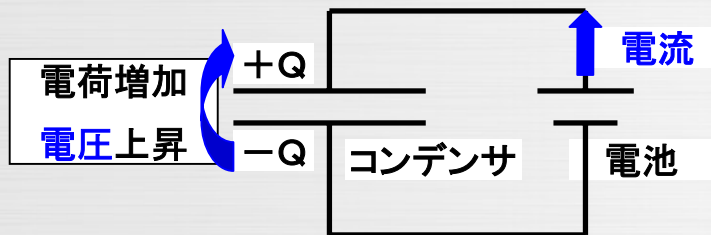


電流が増えてインダクタンスが小さくなると、もっと電流が流れてインダクタンスはどんどん小さくなって、ついには許容電流を超えて最悪破損……

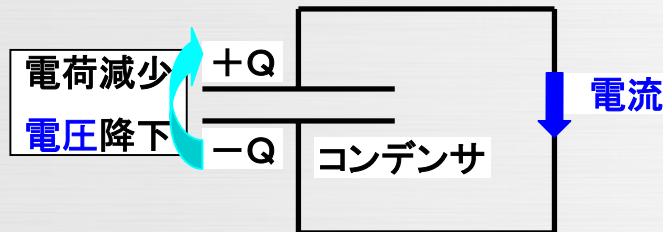
インダクタンスが絶対に不変である必要はないが設計上の要求値がある。

電源ICが高周波化するとスイッチ時間が短くなるので大きなインダクタンスは不要になる。また必ずしもまったくいらない直流重畳特性が万能なわけではない。ICと電源の設計に合わせた特性が要求される。

●コンデンサの充電



●コンデンサの放電



電流は電荷量の時間的変化

$$-i = dQ / dt$$

静電容量は電荷量と電圧の比例定数

$$Q = C \cdot V$$

電圧、電流と静電容量の関係

$$-V = 1/C \cdot \int i dt \text{ または } -i = C \cdot dV / dt$$

(インダクタの相当関係式は $-V = L \cdot di / dt$)

コンデンサの両端に**電圧**をかけると**電荷**が蓄積される。一方、電荷が蓄積されたコンデンサの両端を短絡すると放電される。

電荷の量は、電圧に比例する。

(インダクタの場合は、**電流**で**磁束**発生。磁束の量は電流に比例。)

コンデンサの**静電容量**は、電荷量と電圧の比例定数。(インダクタの場合は、**インダクタンス**は磁束と電流の比例定数。)

充電時や放電時の電流は、電荷量の**時間的変化**である。(インダクタの場合は、電圧が磁束の時間的変化。)

EMCの“いろは”

主なノイズの種類

	内容	対策部品
輻射ノイズ	電磁波として外に漏れるもの。発生源は信号ラインや電源ライン。各国で規制値あり(VCCI, FCC, CISPR, EN など)。	主に積層ハイロスインダクタ・BK(積層フェライトビーズ)、角チップビーズインダクタ・FBMのフェライト商品。抵抗やコンデンサでも対策可能。
伝導ノイズ (雑音端子電圧は除く)	DC電源ラインを伝わってくるもの。発生源はDC/DC電源など。スイッチングノイズなどが伝わってくる。	DC/DCなどでは、SMDインダクタ・NP、巻線チップインダクタ・LBなどのフェライト製品とコンデンサが中心。
リップル 電圧(電流)	IC駆動時に発生する電圧降下による変動。CPUなどの消費電力の大きい電源ラインで問題となる。	主にコンデンサ。
静電気	摩擦による帯電などによっておこる放電現象。素子の破壊や誤動作の原因になる。	主にチップバリスタやダイオード。コンデンサやビーズも可。
サージノイズ	瞬間的に起こる高電圧・高電流。雷などの自然現象から、ケーブルの抜き差しによるものなど。	スパークギャップやバリスタ。電圧の低いものはビーズ・抵抗など。

世界標準:CISPR

日本: VCCI class2 (民生機器)

アメリカ: FCC part15

ヨーロッパ: EN55022

その他の国々: CISPRを基準に規制値を設けている



VCCIでは30～1000MHzまでの周波数帯域を規制。その他は次項参照。

1. CISPR11 グループ2 ClassB（1999 工業、化学、医療用）

内蔵周波数400MHz以上の機器対象

規制周波数: 1～2.4GHz帯 規格値: 70dB μ V/m以下(3m電界強度)

2. CISPR22 CIS/G/210/CD（2001 IT機器）

内蔵周波数200MHz以上の機器対象

規制周波数: 1～2.7GHz帯

規格値: 平均50dB μ V/m以下、最大70dB μ V/m以下(3m電界強度)

3. FCC Part15（IT機器）

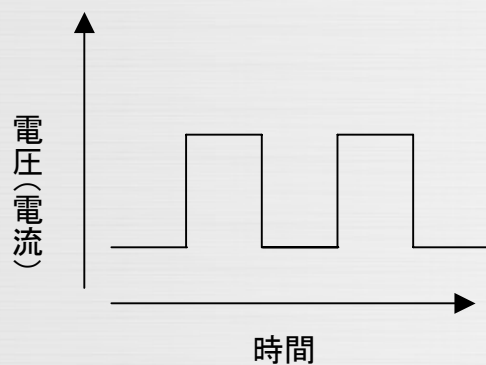
108～500MHz動作では、2GHzまで測定必要

500～1000MHz動作では、5GHzまで測定必要

輻射ノイズのメカニズム1

デジタル波形

測定器: オシロスコープ

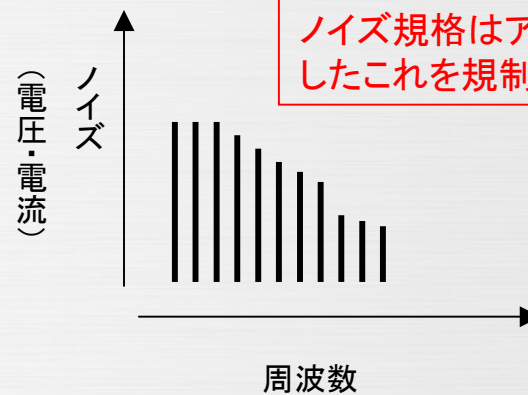


フーリエ変換

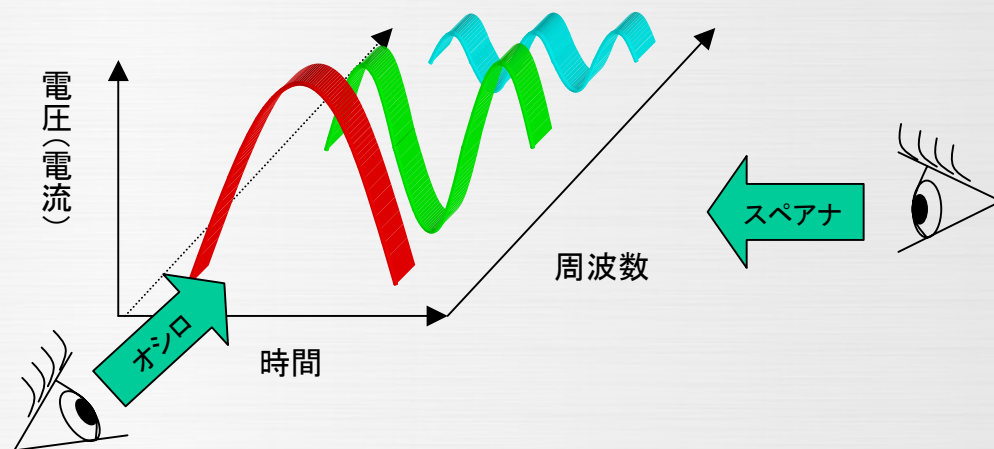
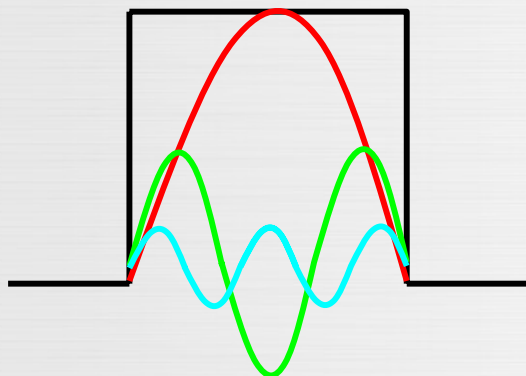
時間軸から周波数軸への変換

スペクトラム

測定器: スペクトラムアナライザー

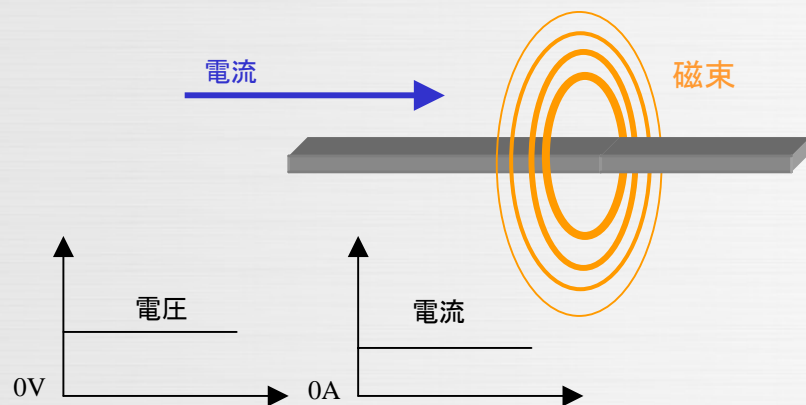


デジタル波形は色々な周波数の集まり

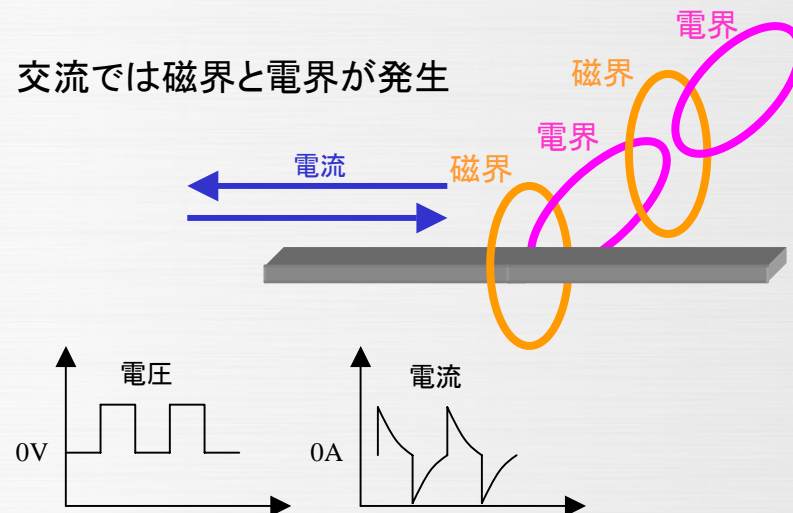


輻射ノイズのメカニズム2

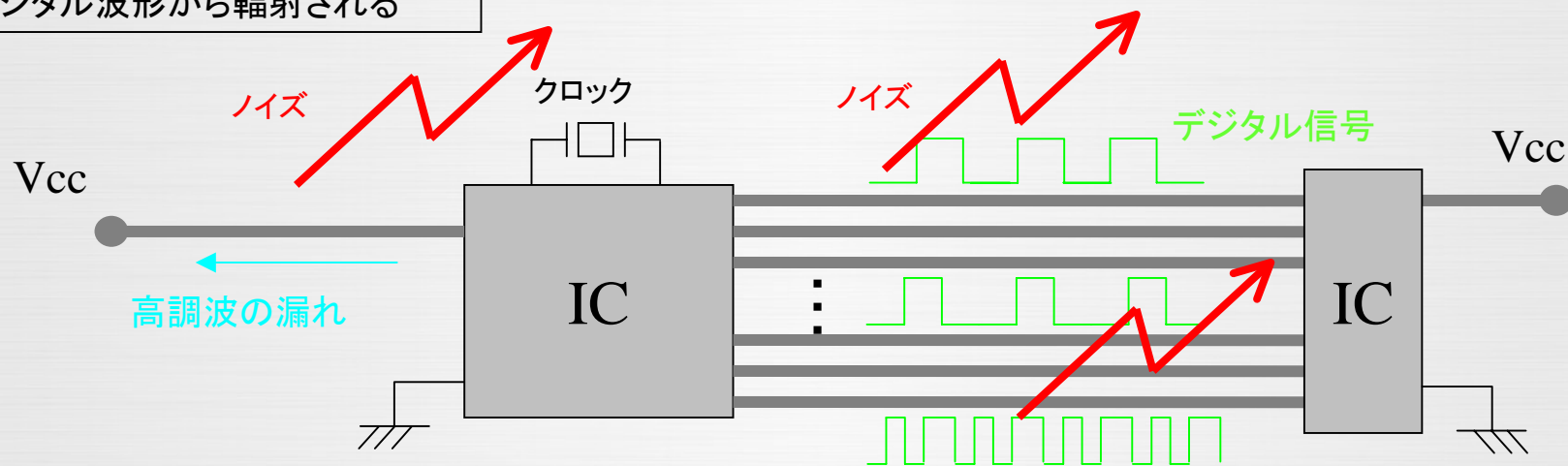
直流だけでは磁束のみ発生



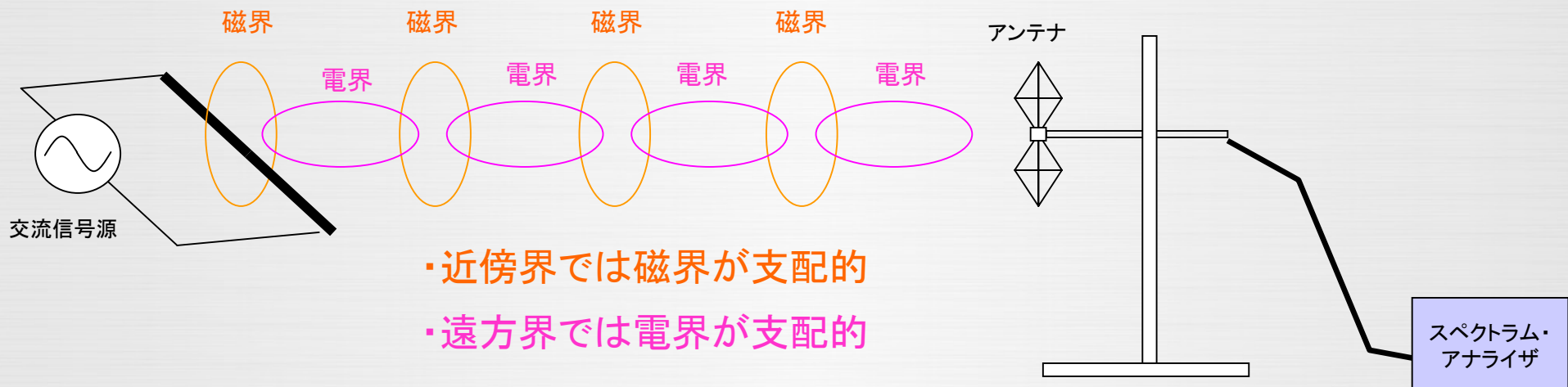
交流では磁界と電界が発生



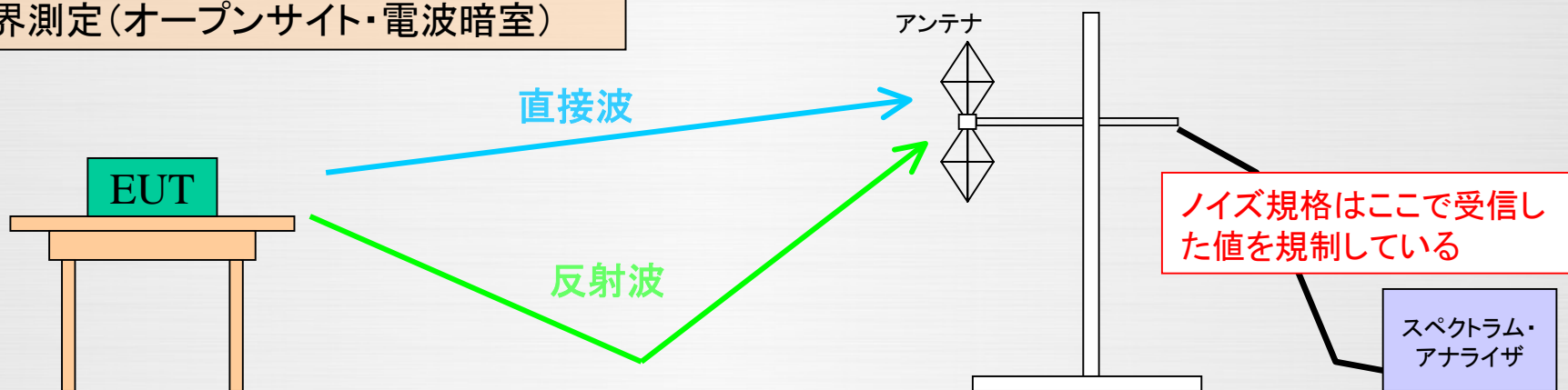
デジタル波形から輻射される



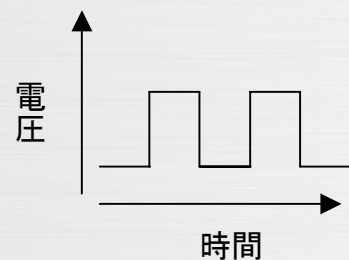
輻射ノイズのメカニズム3



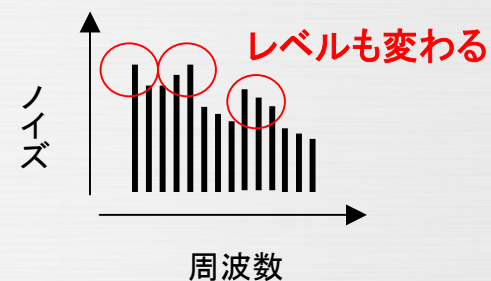
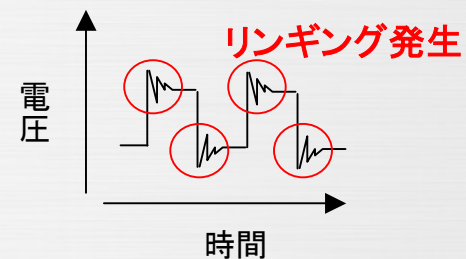
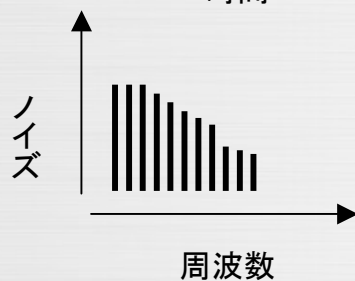
輻射電界測定(オープンサイト・電波暗室)



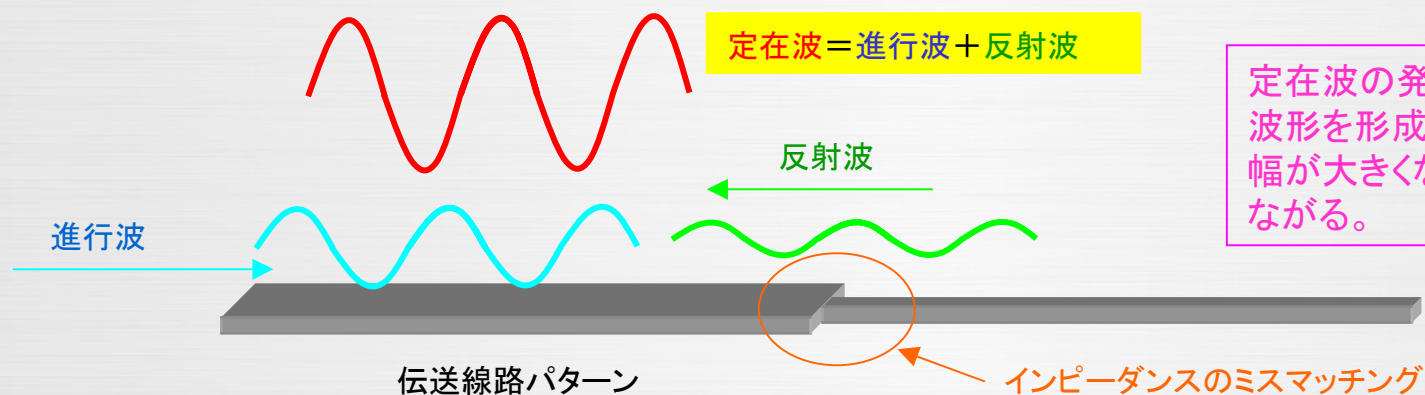
輻射ノイズのメカニズム4



波形が乱れるとスペクトラムも変わる。



原因：伝送線路のミスマッチング



定在波の発生により、デジタル波形を形成している周波数の振幅が大きくなりノイズの増加につながる。



Fin.

メニュー画面に戻る

太陽誘電株式会社
<http://www.ty-top.com>

