

# LCフィルタの高周波減衰量を向上させる

By K. H. Torvmark

## キーワード

- LCフィルタ
- 高調波
- T型フィルタ

## はじめに

本アプリケーション・ノートでは、標準的なPi型フィルタ (Chipcon製開発キットの多くで使われているようなもの) では不十分な場合に、高調波をさらに減衰させるために使用できるT型LCフィルタの改良版について説明します。こ

のT型フィルタを使うと入出力間の絶縁が向上するため、Pi型フィルタを使った場合よりも減衰帯域での減衰量が大幅に向上します。また、915MHz帯で動作するフィルタの測定結果も示します。

## 目次

キーワード .....	1
はじめに .....	1
高調波 .....	2
Pi型RFフィルタ .....	2
T型RFフィルタ .....	2
実際の結果 .....	3
参考文献	
引用文献 .....	5
改版履歴 .....	5

## 図目次

図 1 Pi型LCフィルタ .....	2
図 2 T型LCフィルタ .....	2
図 3 Pi型フィルタの周波数レスポンス .....	3
図 4 T型フィルタの周波数レスポンス .....	4

## 高調波

RFパワー・アンプの設計では、線形性(リニアリティ)と効率性の間に常にトレードオフが存在します。低消費電力無線システムのパワー・アンプには、電力消費を低く保つための効率性が要求されるので、通常は非線形(ノンリニア)のパワー・アンプが使用されます。この非線形アンプが高調波歪みを取り込むことになります。

地域規制(Regional regulations)では、高調波電力の最大許容レベルを定義しています。出力高調波のレベルが高すぎる場合は、パワー・アンプの後ろに適当な型のフィルタを挿入して、十分に低いレベルまで高調波を減らす必要があります。規制に関する詳細については、[3]を参照してください。

## Pi型RFフィルタ

ほとんどのChipcon製開発キットに搭載されている高調波減衰用のフィルタはPi型(電力コンデンサ2つ、直列インダクタ1つ)のフィルタです。このフィルタはリプルが3dBのチェビシェフ・ローパスLCフィルタであり、L71、C71、C72から構成されます。このフィルタは50Ωの終端インピーダンス用に設計されています。設計式を下に示します。寄生キャパシタンスを除去するため、測定を通じて正確な値を求める必要があります。

$$\omega_C \approx \omega_{RF} \cdot \left( \frac{1}{1-0.1333} \right) \quad L = \frac{35.6}{\omega_C} \quad C = \frac{0.067}{\omega_C}$$

ここで、 $\omega_C = 2 \cdot \pi \cdot f_C$  ( $f_C$  はカットオフ周波数) です。また、 $\omega_C = 2 \cdot \pi \cdot f_{RF}$  ( $f_{RF}$  は送信されたRF周波数) です。

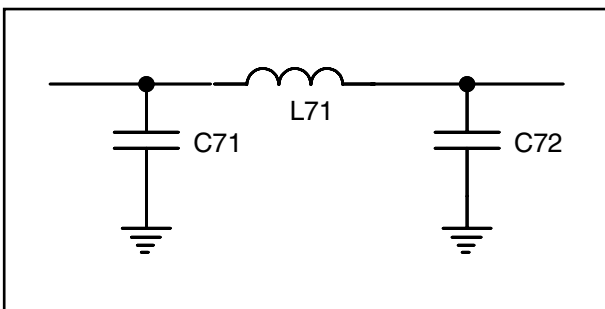


図1. Pi型LCフィルタ

インダクタは通常キャパシタよりも高価なため、このフィルタを使えば最小限の部品コストで良好なパフォーマンスが得られます。ただし、上記のフィルタ構成でも高調波を十分に減衰できない場合があります。これは直列の部品が1つしかない上に、フィルタの入出力間の結合(coupling)が多くなりすぎることがあるためです。

## T型RFフィルタ

改良版のフィルタでは、直列の部品を2つ使うことでこの問題を解決しています。このフィルタはT型で、直列インダクタ2つと電力コンデンサ1つが付いています。これを使うと、減衰帯域での減衰量がPi型フィルタに比べて大幅に向上します。また直列の部品を2つ使用しているため、入出力間の結合が著しく減少します。

寄生電力コンデンサの影響を受けやすいという短所もこのフィルタにはありますが、無視できる程度のもです。PCBレイアウトの寄生素子を除去するために、部品値を微調整する必要があります。

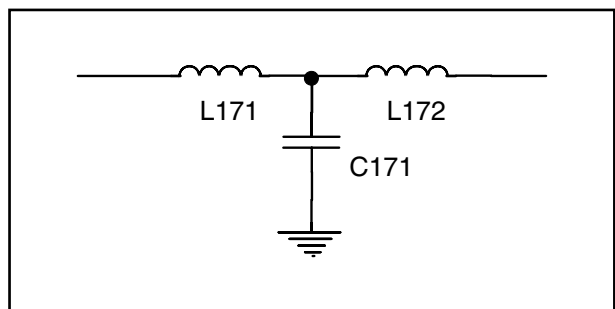


図2. T型LCフィルタ

部品値を計算する最も容易な方法は、[1]のようなフィルタ設計ソフトウェアを使うことです。また、次に示す式を使ってPi型回路を変形し、T型回路にすることも可能です。[2]

$$Z_{L171} = \frac{Z_{L71} \cdot Z_{C71}}{Z_{C72} + Z_{C71} + Z_{L71}}$$

$$Z_{C171} = \frac{Z_{C72} \cdot Z_{C71}}{Z_{C72} + Z_{C71} + Z_{L71}}$$

$$Z_{L172} = \frac{Z_{C72} \cdot Z_{L71}}{Z_{C72} + Z_{C71} + Z_{L71}}$$

実際の結果

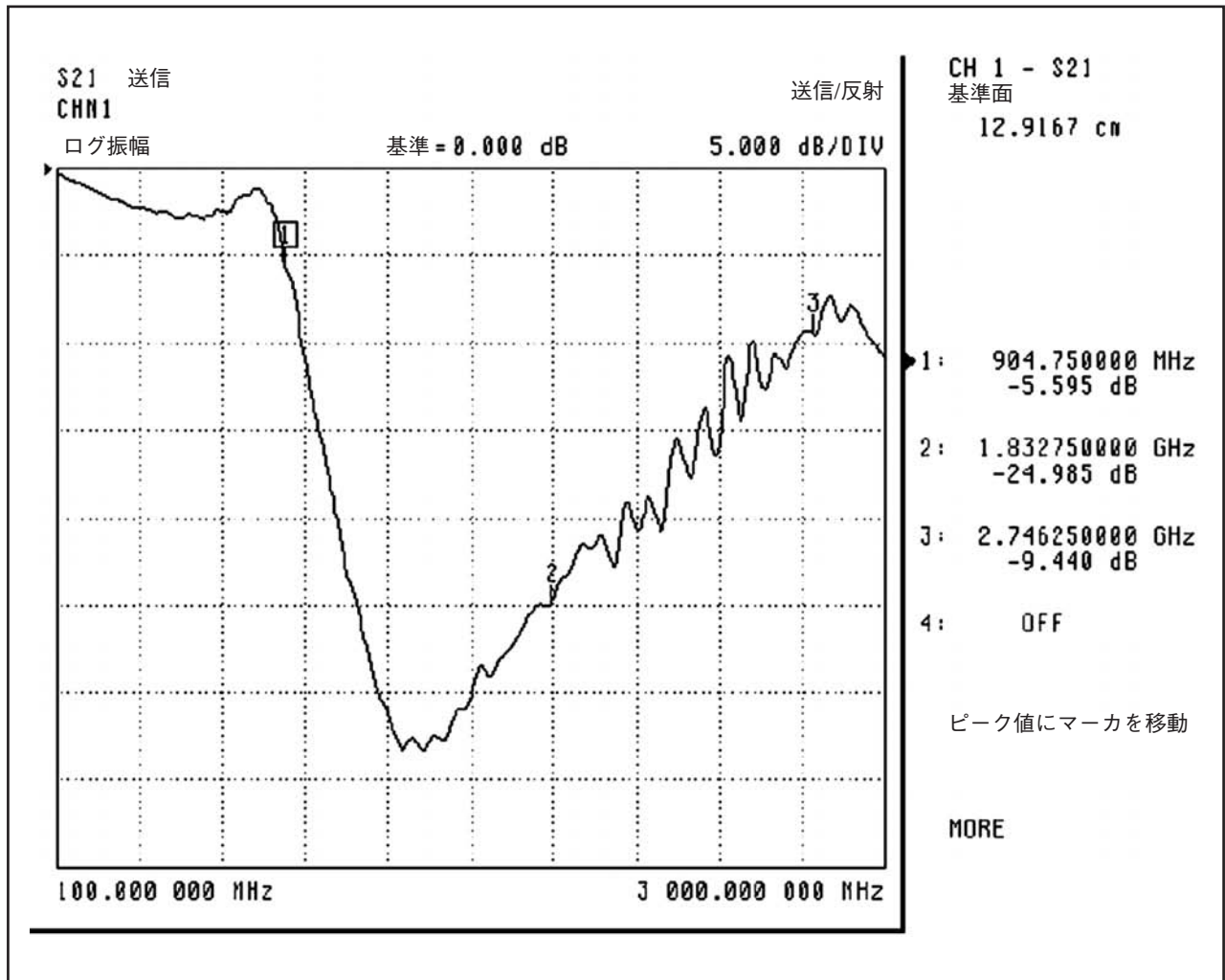


図3. Pi型フィルタの周波数レスポンス

図3は、868/915MHzで使用するために設計されたローパスPi型LCフィルタの周波数レスポンスです。このフィルタの部品値はC71 = 8.2pF、C72 = 8.2pF、L71 = 3.3nHです。このフィルタの主な問題は、結合する周波数の値が入力から

出力に向かって高くなっていった結果、ノッチ特性が生じることです。主な原因はPCBレイアウトの寄生キャパシタンスです。

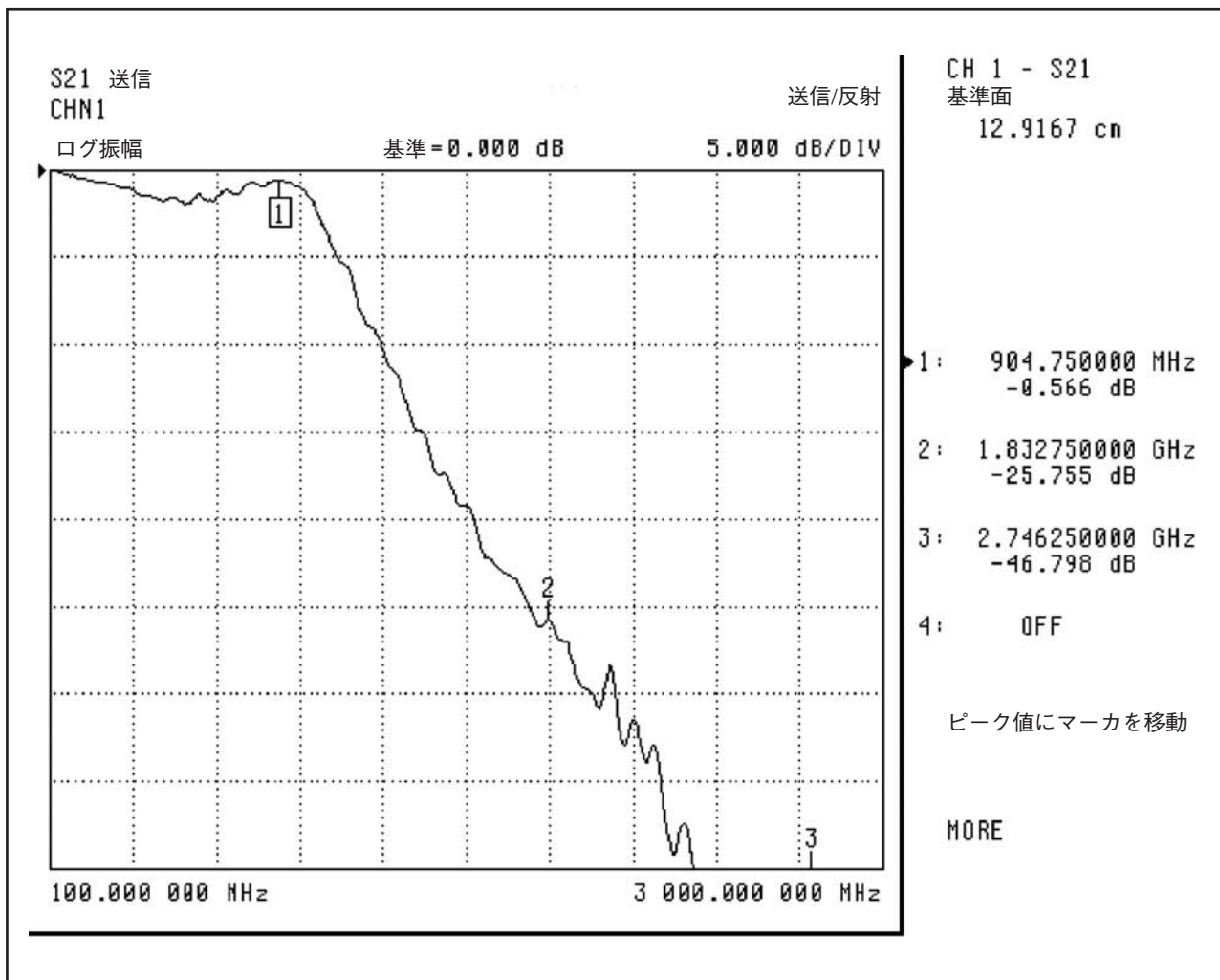


図4. T型フィルタの周波数レスポンス

図4を見れば明らかなように、高い周波数の抑止という点では、T型フィルタの周波数レスポンスの方がずっと優れています。このフィルタの部品値はL171 = 15nH、L172 = 15nH、

C171 = 2.2pFです。これらの値は、計算で得られた値 (L171 = 16nH、L172 = 16nH、C171 = 3.2pF) とは若干異なりますが、これはPCBレイアウトの寄生成分によるものです。

## 参照文献

### 引用文献

- [1] HyDesign Ltd, RFSim99. 1999. Downloadable from  
<http://membres.lycos.fr/f1rhr/tech1/RFSIM99/RFSim99.htm> or  
[http://rf.rfglobalnet.com/software\\_modeling/software/2/710.htm](http://rf.rfglobalnet.com/software_modeling/software/2/710.htm)
- [2] P. Vizmuller, RF Design Guide. Artec House, 1995.
- [3] Chipcon, AN001: SRD Regulations. Downloadable from  
<http://www.chipcon.com>

## 改版履歴

改版	日付	変更された記述
1.0		初版

# ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社(以下TIJといたします)及びTexas Instruments Incorporated(TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIJといたします)は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間に取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIJは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIJが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメータに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIJは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIJは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIJが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIJが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは承認をすることを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIJは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIJにより示された数値、特性、条件その他のパラメータと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIJは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIJは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション(例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの)に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIJがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIJが特別に指定した製品である場合は除きます。TIJが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIJが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIJがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIJは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2009, Texas Instruments Incorporated  
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

## 弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

### 1. 静電気

素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。

弊社出荷梱包単位(外装から取り出された内装及び個装)又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で(導電性マットにアースをとったもの等)、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。

マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。

前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

### 2. 温・湿度環境

温度: 0 ~ 40 °C、相対湿度: 40 ~ 85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。(但し、結露しないこと。)

直射日光があたる状態で保管・輸送しないこと。

### 3. 防湿梱包

防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。

### 4. 機械的衝撃

梱包品(外装、内装、個装)及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。

### 5. 熱衝撃

はんだ付け時は、最低限260 °C以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。(個別推奨条件がある時はそれに従うこと。)

### 6. 汚染

はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質(硫黄、塩素等ハロゲン)のある環境で保管・輸送しないこと。はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。(不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。)

以上