



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

電気機器の自己干渉の削減に関する考察

はじめに

このアプリケーション・ノートでは、電磁気干渉(EMI)のうち自己干渉に関する問題を取り扱います。自己干渉とは、携帯電話や民生用電気製品のような電気機器内にある部品が電磁波を放射し、同じ機器内にある他の部品の動作に干渉する現象を指します。EMI自己干渉の原因と機器のEMIテスト方法について説明した後、ESD(静電気放電)保護機能を内蔵したオン・セミコンダクターのEMIフィルタを選択して、競合するセラミック製品よりもEMI自己干渉への余裕度を高める方法を実証します。

高速デジタル製品を使用したデジタル・ライフスタイル(デジタル・ラジオ、TV、インターネット、新しい家電とサービス)が登場し、あらゆる製品にデジタル部品が組み込まれるようになってきました。マルチメディア製品はラジオ、TV、PC、電話の機能も搭載しています。一方で、このような多彩な機能を採用した結果、複数の送信プロトコルが同時に動作するようになり、自己干渉のリスクが高まっています。さらに、無線スペクトルの使用拡大とアンテナ数の増加に伴って、従来型のアンテナが、EMIの

APPLICATION NOTE

影響を受けやすいスマート・アレイ・アンテナや広帯域アンテナに置き換えられる傾向もあります。

複合度の高い電子製品はフレキシブル基板を使用していますが、この基板はEMI発生の可能性をさらに高めます。フレキシブル基板は、システムのメイン基板をLCD基板に接続します。フレキシブル基板を経由して高周波の信号が送信される場合は、フレキシブル基板上の信号ラインがアンテナとして機能し、携帯電話のような機器の内部にある環境に対してEMIを放射します。伝導周波数および放射周波数を除去し、高速データ線でできるだけ高いシグナル・インテグリティを維持するには、高いレベルのESD保護機能と組み合わせた高性能EMIフィルタが必要です。

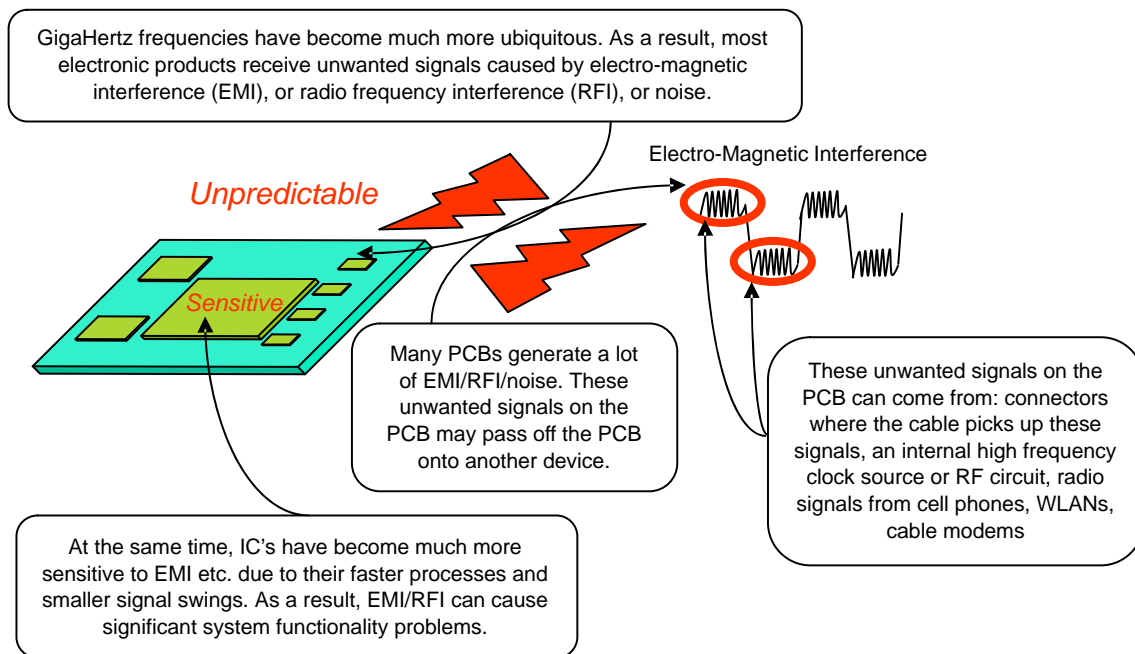


Figure 1. EMI/RFI/Noise Problems

ノイズ源とEMIノイズ

ノイズ源

クロック信号、バス・ライン、電源ノイズ、ICによって生成されるノイズなど、さまざまな発生源からノイズが放射されます。

クロック信号

信号ラインが長い場合は、クロック信号が強いノイズを放射する可能性があります。信号の周波数はノイズの周波数に近いので、信号の波形を維持したままクロック信号ラインからノイズを除去するのは困難です。さらに、クロック信号は、最大でGHz帯

に達する多数の高調波で形成されています。高調波は、電子回路から放射されるEMIノイズの主要な発生源と考えられます。高周波のために高調波が放射され、容易に受信感度に達してしまいます。

バス・ライン

バス・ライン上では多くの信号が同時にターンオン/オフされるので、電源ラインとグランド・ラインを経由して瞬間的に大きな電流が流れ、ノイズによる干渉が発生します。

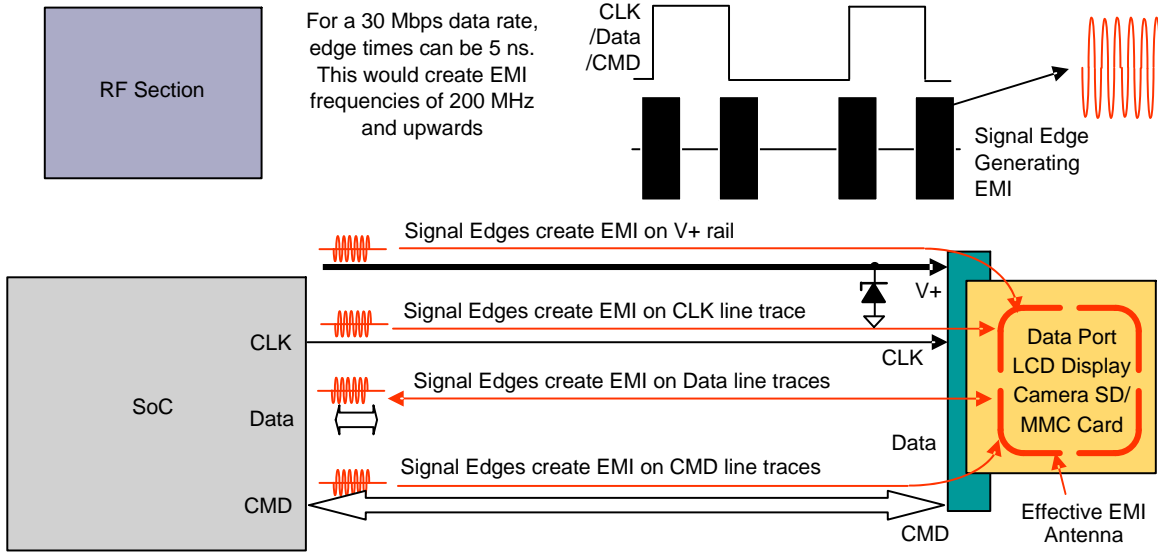


Figure 2. Faster CPU Signals Cause EMI

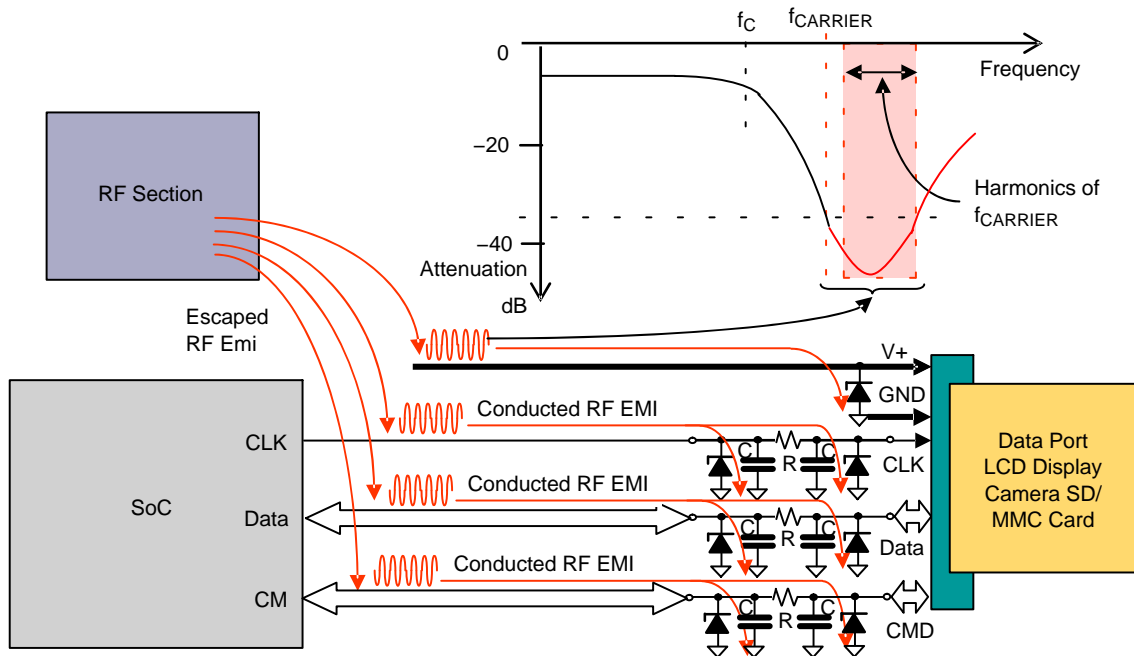


Figure 3. EMI Filters Attenuate RF EMI

電源ノイズ

電源ノイズは、電子回路から放射されるEMIノイズのうち1つの原因です。デジタルICはDC電源を使用し、デジタルICの電源端子に流れるDC電流の大きさは、ICの動作に伴って変動します。電流のこのような断続的な変動はEMIノイズの原因になります。このEMIノイズは、ICのタイミングと同期して発生します。

ICによって生成されるノイズ

最近使用されている大型ICのいくつかは、パッケージ自体がアンテナとして機能して、ノイズを生成することがあります。

EMIノイズ

EMIノイズは、放射型EMIノイズと伝導型EMIノイズの2つのカテゴリに分類されます。

放射型EMIノイズは通常、ラジオ放送局やTV放送局、携帯電話のように意図された送信が原因で生成されるか、送電線などからの偶発的な無線周波数の放射に起因します。無線周波数の大幅な減衰を達成するEMIフィルタを使用すると、その後段ではこの放射型の干渉を効果的に抑制することができます。

伝導型のEMIノイズは、機器に電力を供給する電源ラインで発生し、機器に伝達され、電源トランスを通じて結合されます。

この伝導型干渉も、無線周波数の大幅な減衰を達成するEMIフィルタを使用して抑制することができます。

携帯電話性能のテスト

データ・レートをより高速化し、無線ネットワークの利用可能地域をより広くするという要求を満たすために、現在のスマートフォンはマルチバンド環境を使用しており、その中には850/900/1800/1900 MHzのGSM、1.6 GHzのGPS、1.7~2.2 GHzのUMTS複数バンド、2.4 GHzのBluetooth/WLAN機能が含まれ、MIMO (Multiple Input, Multiple Output、複数入力/複数出力)という最新の技術も採用されていることがあります。

また、現在のスマートフォンは高性能のカメラとディスプレイも搭載していますが、これらの機能は高いクロック速度で動作し、オンボード上で多くの容量を使用し、高いデータ・レートで動作するリムーバブル・メモリも使用します。また、スマートフォンではステレオ・スピーカーと、ノイズ・キャンセリング用マイクも使用します。これらの最新技術は最終的に高周波ノイズを生成し、スキューに対して非常に敏感な自己干渉を引き起こし、EMIに関して固有の課題をもたらします。

携帯電話がますます複雑になりEMIの課題も浮上してきたため、以前にもましてワイヤレス関連機関CTIAの認定に合格することが重要になっています。

携帯基地局(MS)の性能テスト計画

CTIAによるMSテスト計画では、放射RF電力とレシーバ性能に関するテストが定義されています。

テスト要件

テスト室での基本性能の測定には、テスト機器の不確定性による寄与を確定する目的で使用されるサイト検証手法が含まれています。

テスト機器のパス損失の測定には、範囲長による寄与と、測定に使用したアンテナ、ケーブル、アンブなどによる寄与が含まれており、範囲基準測定を用いて決定されます。この測定では、キャリブレーションが実行された基準アンテナを使用して相対補正值を決定します。次いで、理論的な等方性の放射素子またはレシーバに関連するMSの性能を決定するために、この相対補正值を測定機器の読み取り値に適用することができます。

MSの性能は、次の2つのカテゴリで評価されます。

1. 放射型の測定の場合(全放射電力、Total Radiated Power、TRP)
2. 感度測定の場合(全等方感度、Total Isotropic Sensitivity、TIS)

全放射電力(TRP)は信号の電力を送信する能力を表現するのに対し、全等方感度(TIS)は携帯電話の信号電力受信能力と説明されます。実際は、アンテナ経路で導入される不明なノイズと、送受信される信号が、アンテナ・ポートで検出される可能性があります。モデム、メモリ、RFフロント・エンド・モジュール、トランシーバのようなさまざまなアクティブ・デバイスによる電磁干渉が原因で、これらのデバイスは深刻なノイズを発生させてTRPとTISの性能を低下させる可能性があります。ベースバンドからのデジタル高調波ノイズは、携帯電話のTIS性能を低下させる支配的な要因であり、その結果、TISレベルは非常に小さい信号になります。

等方放射電力(全放射電力、TRP)

このテストはアンテナ・システムの空間的な利用可能範囲を最大限に高めることを目的としています。その結果、ユーザは適切な通話性能を達成するためにアンテナを1つの特定方向に向ける必要がなくなります。

人間の頭部によって、被試験機器(Equipment Under Test、EUT)の放射パターンの形状とピーク値が変わる可能性があります。頭部による損失は、周波数、デバイスのサイズ、および実装されたアンテナ設計によって大きく変動する可能性があります。フィールド性能の観点からは、頭部モデルでの実効等方放射電力(Effective Isotropic Radiated Power、EIRP)の平均値とピーク値の測定は、自由空間条件でのピークEIRPの測定よりも有意義です。

Figure 4に、TRPを測定する場合の基地局で使用する一般的な構成を表す、簡略ブロック図を示します。フォワード・リンク通信は通信ライン・アンテナ経路で送信され、リバース・リンクは測定アンテナ経路で受信されます。

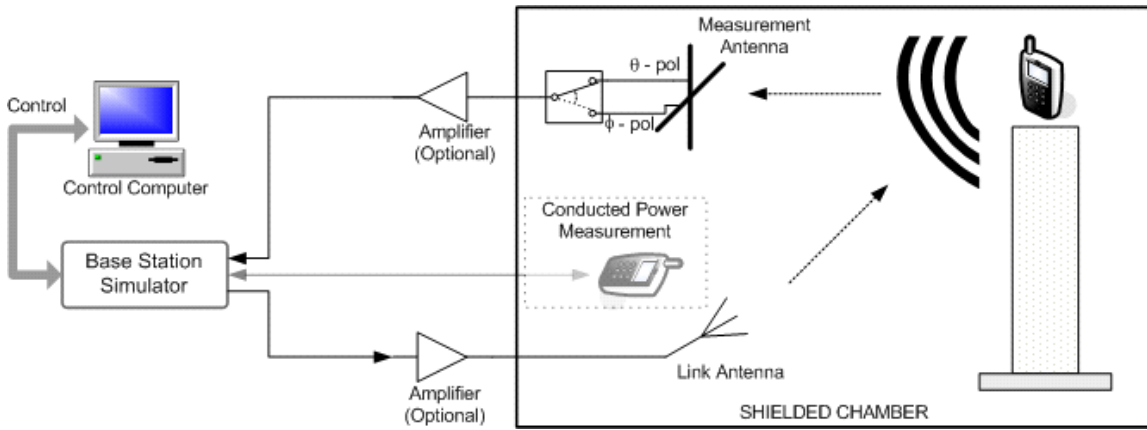


Figure 4. Simplified Block Diagram for TRP Measurement

受信感度(全等方感度、TIS)

単一の無線チャネル、または少数の無線チャネルで感度が良くないのは、多くの場合はレシーバのバンド内ノイズ、またはレシーバから逆に放射を受けたトランスミッタ自体からのスプリアス信号が原因です。レシーバの感度は、トランスミッタを、特定のEUTと使用技術の組み合わせで許容される最大電力出力に設定した状態で測定されます。

TISレベルは、GSMとWCDMAではビット・エラー・レート(BER)に関連付けられ、CDMA2000ではフレーム・エラー・レート(FER)に関連付けられます。これらのパラメータは、アンテナ経由の結合ノイズと、アンテナ効率が原因で劣化した受信信号を想定した場合の電話のレシーバ感度に等しくなります。デジタル結合ノイズを考慮したTISの計算式は次のとおり表現できます。

$$TIS(dBm) = \text{全ノイズ} + \text{RFパス損失} + \text{NF} + \text{SNR} \cdot \text{アンテナ効率}$$

$$\text{全ノイズ} = 10 \log [KTB \text{ノイズ}(mW) + \Sigma \text{結合ノイズ}(mW)]$$

ここで、全ノイズは、*KTB*ノイズ(サーマル・ノイズ)とデジタル結合ノイズを合計したものです。

RFパス損失は、アンテナ・ポートと電話のモデム入力の間での損失を表します。

NFとSNRは、電話のRFフロント・エンド・モジュールやトランシーバのようなRFコンポーネントのノイズ指標(Noise Figure)とS/N比 (Signal to Noise Ratio)を意味します。

この式で、結合ノイズが電話のサーマル・ノイズより大きい場合は、全ノイズの一部である結合ノイズはTISの計算で最も支配的な要因になります。

したがって、TIS性能を改善するために、基地局自体のノイズ・エコシステム、ビーム・フォーミング・アンテナの設計/配置、無線の電波規格、デジタル・フィルタの選択が重要な考慮事項になります。

Figure 5に、TISの測定で使用する一般的な構成を表す、簡略ブロック図を示します。フォワード・リンク通信は測定アンテナ経由で送信され、リバース・リンクは通信ライン・アンテナ経由で受信されます。

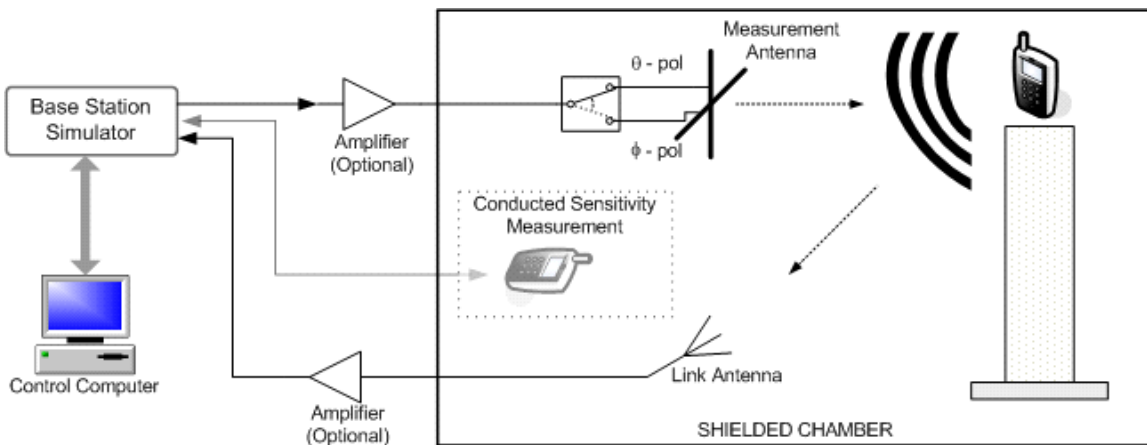


Figure 5. Simplified Block Diagram for TIS Measurement

シリコン・ベースのフィルタとセラミック・ベースのフィルタ間でのTISの比較

同一の携帯電話を複数使用し、一方ではセラミック・ベース、もう一方ではシリコン・ベースのフィルタを使用して実験を行いました。

TISを含め、携帯電話のすべてのパラメータをテストしましたが、TISが最も自己干渉の影響を受けやすく、ハンドセット性能が劣るパラメータです。

テストの設定

- カメラでビデオを撮影し、内蔵メモリまたは内蔵SDカードに書き込みます。
- プライマリLCDをオンにし、カメラからの録画を再生します。
- 3軸でテストし、スライダを開けます。
- ローバンドおよびハイバンドのGSMのミドル・チャンネルをテストします。

テスト環境

TIS測定は通常、無響室で実施します。このテストは、CTIA認定プログラムで規定されているように、大円切断法を使用して実施しました。EUTは3D回転

装置上に配置しました。TISを測定する前に、コンピュータから、3D回転装置を制御する位置コントローラにコマンドを送信し、固定的な θ と ϕ の角度に設定します。次に、EUTは自らに接続されているホーン・アンテナを使用してエミュレータを呼び出し、テストが実施されている間、その通信を維持します。測定を開始した時点で、コンピュータはエミュレータのパラメータとして、テレコム・チャンネル、携帯電話の電力(送信電力)などを設定します。次に、コンピュータはBERの測定を実施し、その時点でのBERの値を取得します。

- ハンドセットのレシーバの3D感度パターンを測定します。
- パターンを集約し、そのデバイスの性能指標を作成します。
- TISはEMIの影響を受けます。
 - ◆ EMIフィルタリングが機能するほど、TIS感度が改善されます。

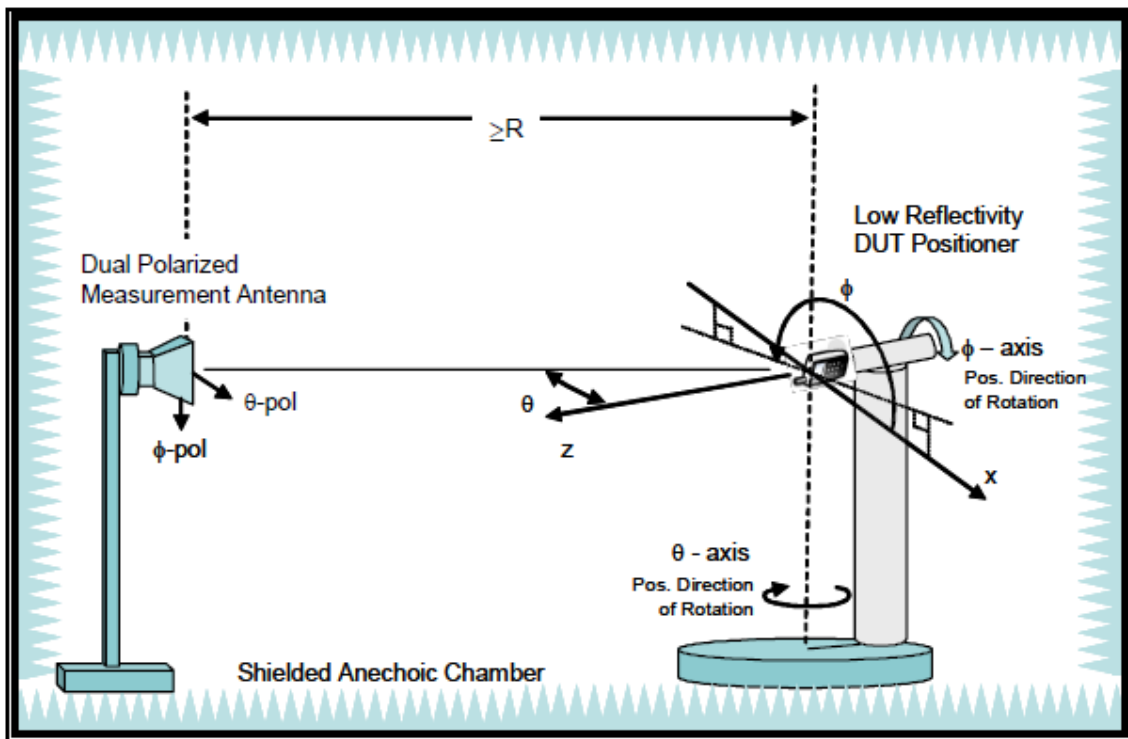


Figure 6. Typical TIS Test Environment

TISテスト結果：セラミックEMIソリューションとICタイプのEMIソリューション間でのテスト・データ

TISテストは、上向き、下向き、前向きのように、EUTの3つの方向で実施します。オン・セミコンダクターは、モデル名が同じでフィルタのみ異なる2台の携帯電話のテストを実施しました。1台ではセラ

ミック・ベースのフィルタを使用し、もう1台ではシリコン・ベースのフィルタを使用しました。テストのデータは、セラミックEMIフィルタを使用したEUTに比べて、シリコン・ベースのEMIフィルタを使用したEUTが2dB以上良好なTIS性能を達成したことを示しています(Figure 7、Figure 8、Figure 9)。

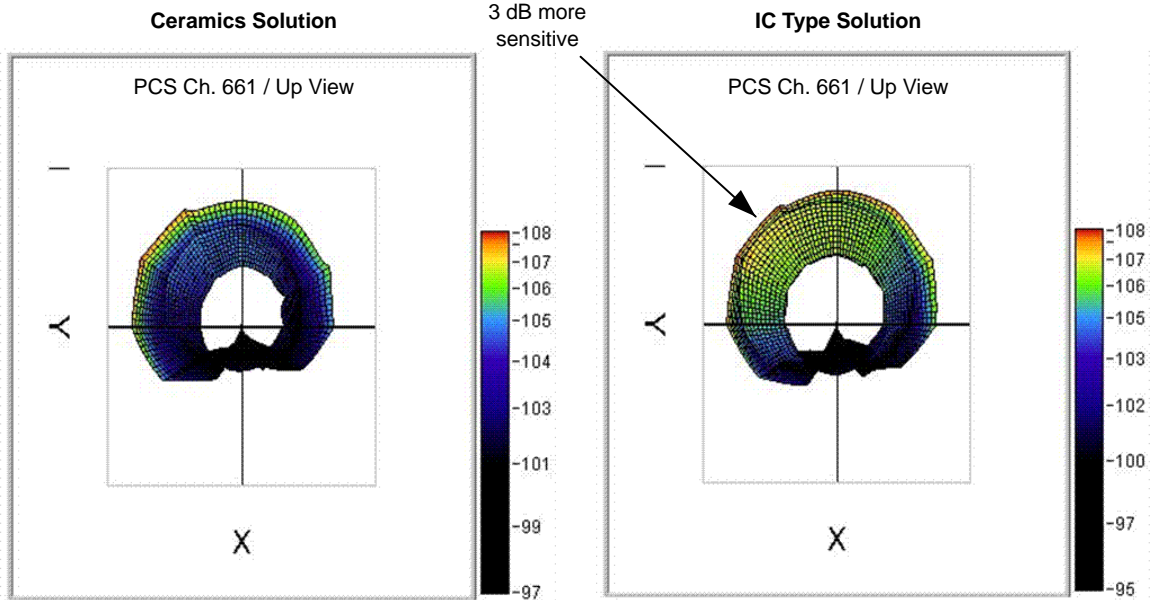


Figure 7. Up View Test Result

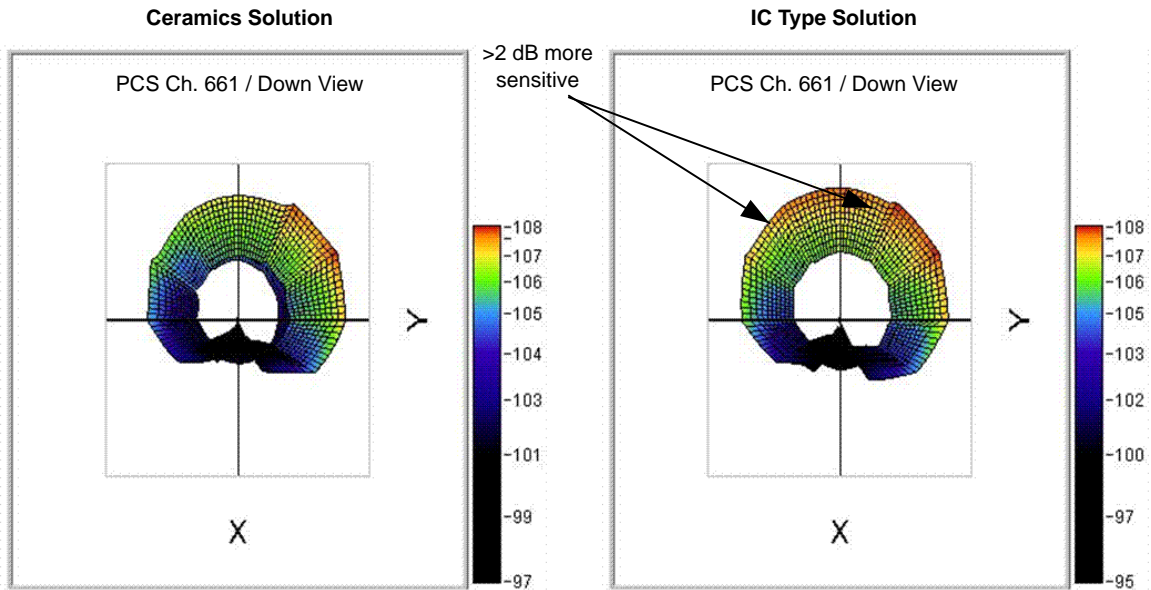


Figure 8. Down View Test Result

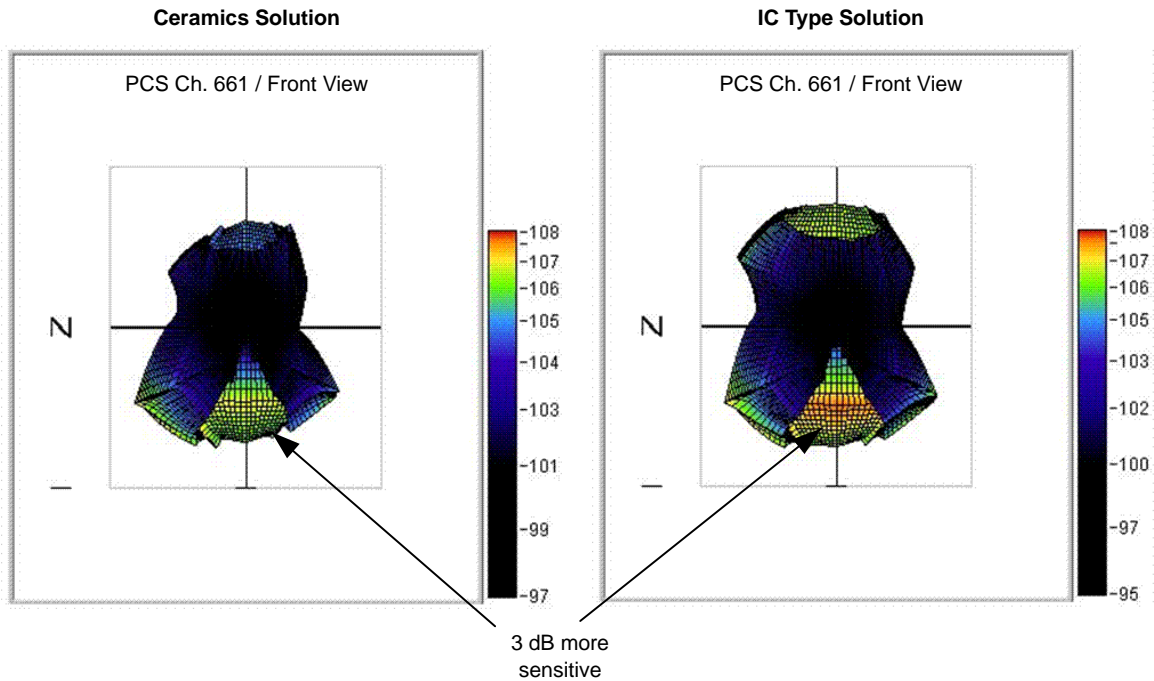


Figure 9. Front View Test Result

結論

TISに関して実施したテストでは、ICベースのEMIフィルタがセラミック・ベースのフィルタより優れていることが明確に示されました。

TISテスト結果に基づき、大半のエンジニアが考えている以上に、ローパス・フィルタの選択は、携帯電話の全体的な性能に影響を及ぼす、より重要な要素です。また、ハンドセットの性能に重大な影響を及ぼし、総所有コスト(TCO)が安価になるという別の利点もあります。

TIS性能が優れている場合は、次の利点が得られます。

- 周辺部の無線エリアでの受信の改善
- 通話途絶回数の減少
- 信号範囲の改善(基地局からの対応半径の拡大)
- ワイヤレス・バンドのより低い周波数を活用する場合、バッテリー寿命の延長

ON Semiconductor及びONのロゴはSemiconductor Components Industries, LLC (SCILLC) 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における登録商標です。SCILLCは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。SCILLCの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf。SCILLCは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。SCILLCは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。SCILLCデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。SCILLCは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。SCILLC製品は、人体への外科的移植を目的とするシステムへの使用、生命維持を目的としたアプリケーション、また、SCILLC製品の不具合による死傷等の事故が起り得るようなアプリケーションなどへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にSCILLC製品を購入または使用した場合、たとえ、SCILLCがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、SCILLCとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。SCILLCは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada
Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910
Japan Customer Focus Center
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com

Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local Sales Representative